



PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO

AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO

INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI
TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO

In attuazione della Convenzione tra

il Parco Regionale della Valle del Lambro e la Regione Lombardia

RELAZIONE TECNICA

Triuggio, novembre 2012



INDICE

1. INTRODUZIONE AL PROGETTO	5
1.1 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	6
<i>1.1.1 Consolidamento delle aree di spandimento naturale</i>	7
<i>1.1.2 Interventi per il miglioramento della qualità delle acque e dell'habitat di affluenti del Lambro</i>	10
1.1.2.1 Roggia Villa Romanò	10
1.1.2.2 Orrido di Inverigo	11
<i>1.1.3 Interventi per il miglioramento dell'habitat e per la valorizzazione di specchi d'acqua</i>	13
1.1.3.1 Stagno di Carpanea	13
1.1.3.2 Laghetti valle di Inverigo	15
1.1.3.3 Foppe di Fornacetta	19
<i>1.1.4 Creazione di aree umide in linea per il miglioramento dell'habitat del fiume Lambro.</i>	21
1.1.4.1 Area umida a monte della SP342	22
1.1.4.2 Area umida a valle della SP342	23
<i>1.1.5 Ripristino del versante della Bevera di Bulciago in comune di Veduggio</i>	24
2. RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA	26
2.1 IDROLOGIA	28
2.2 IDRAULICA	32
<i>2.2.1 Metodologia di analisi</i>	36
2.2.1.1 Dominio di calcolo	37
2.2.1.2 Condizioni al contorno	39



2.2.1.2.1 Onde di piena sintetiche Tr200	42
2.2.1.2.2 Onde di piena Tr200 modello MIKE	45
2.2.1.3 Schematizzazione opere in progetto	47
2.2.1.3.1 Ponte ciclopedonale di Fornacetta	47
2.2.1.3.2 Ponte Victory	50
2.2.1.4 Simulazioni e risultati	51
2.2.1.4.1 Ponte ciclopedonale di Fornacetta	52
2.2.1.4.2 Ponte Victory	55
3. RELAZIONE GEOLOGICA	57
3.1 GEOLOGIA DELLA BRIANZA	57
3.2 LA VALLE DI INVERIGO	60
3.2.1 Inquadramento geologico	61
3.2.1.1 Depositi continentali Neogenico- quaternari	61
3.2.1.2 Substrato roccioso	62
3.2.2 Caratteri geomorfologici	63
3.2.2.1 Lobo della Brianza	64
3.2.3 Stratigrafia	67
3.2.3.1 Successione sedimentaria delle Alpi Meridionali	67
3.2.3.2 Successione continentale neogenico - quaternaria	77
3.2.3.2.3 Supersintema dei Laghi: Sintema di Cantu' (LCN) – unità di superficie	81
3.2.3.3 Unità non distinte in base al bacino di appartenenza	85
3.2.3.3.1 Sintema del Po (POI)	85



3.2.4 Tettonica	86
3.2.4.1 Tettonica regionale	86
3.2.4.2 Strutture tettoniche	88
3.2.4.2.1 Sistema di Faglie di Centemero (sovrascorrimenti S-vergenti a giacitura verticale regionale)	88
3.2.4.2.2 Sovrascorrimento di Renate (sovrascorrimenti S-vergenti – sciame delle pieghe meridionali e monoclinale briantea)	88
3.2.5 Aspetti ambientali e applicativi	90
3.2.5.1 Risorse idriche	90
3.2.5.1.1 Considerazioni generali sulla struttura idrogeologica	90
3.2.5.1.2 Struttura idrogeologica degli acquiferi del sistema del Lambro	93
3.2.5.2 Rischi naturali	94
3.2.5.2.1 Frane	94
3.2.5.2.2 Fenomeni alluvionali	95
3.2.5.2.3 Sismicità	96
3.2.5.2.4 Occhi pollini	98
3.2.5.2.5 Cave	100
3.2.5.2.6 Patrimonio geologico	101



1. INTRODUZIONE AL PROGETTO

I comuni della valle del Lambro sono stati gravemente danneggiati dall'esondazione del lago di Pusiano e del fiume avvenuta nel novembre 2002 provocata essenzialmente dal verificarsi di una serie di concause la cui conoscenza è essenziale per comprendere appieno le intenzioni del progetto.

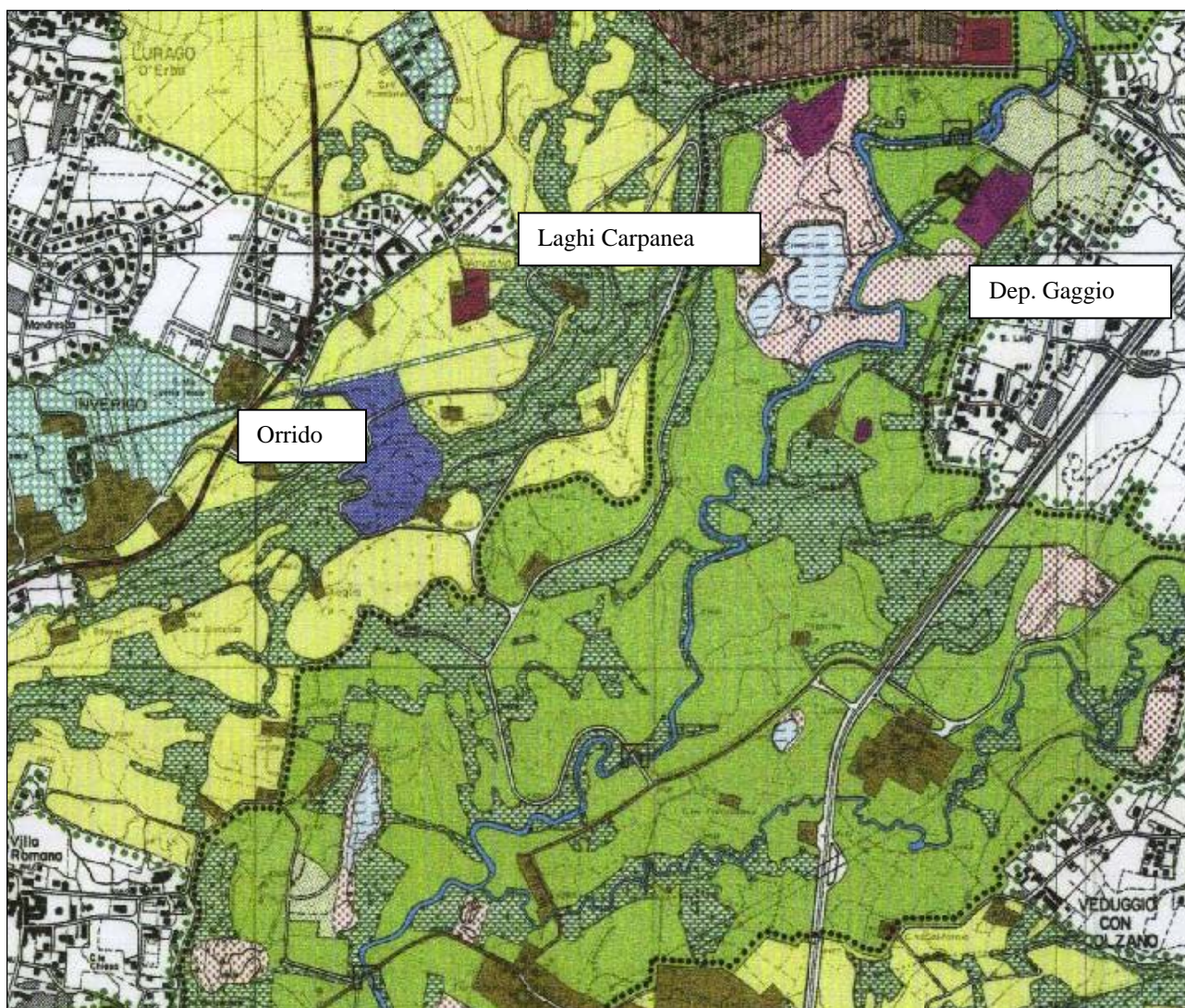


Figura 1 - estratto del PTC del Parco Valle Lambro

La prima causa, necessariamente, è stato un periodo di pioggia particolarmente duraturo che ha dapprima saturato la capacità di assorbimento dell'acqua di pioggia da parte dei terreni del bacino idrografico e successivamente colmato anche la capacità del lago di Pusiano.



La seconda concausa è stata l'impossibilità di svasare il lago in tempi rapidi per la mancanza di una "regola di gestione" e per le ridotte dimensioni delle paratoie che regolano il lago di Pusiano. Durante l'evento, infine, una delle due paratoie era bloccata e pertanto inservibile.

La terza concausa è stata l'insufficiente capacità di laminazione esistente a valle del lago di Pusiano.

Al fine di risolvere le prime due concause, nel 2008 la Regione Lombardia ha acquisito il Cavo Diotti affidandone poi la ristrutturazione e gestione al Parco Regionale della Valle del Lambro.

Per la terza concausa il Piano di Assetto Idrogeologico ha individuato, principalmente, due aree di laminazione: la Cava di Brenno, sulla Bevera di Molteno e l'area a monte del ponte di Fornacetta direttamente sull'asta del fiume Lambro oggetto del presente progetto.

L'area individuata per il consolidamento dell'area di esondazione che insiste su tre comuni, Inverigo, Nibionno e Veduggio con Colzano, è compresa nel perimetro del Parco Regionale della Valle del Lambro ed in particolare nell'area di Parco Naturale.

Dal punto di vista ambientale il tratto oggetto di maggior interesse per il progetto, che possiamo considerare quale quello compreso tra il ponte della S.S. 342 a monte e il ponte di Fornacetta a valle, ha un andamento abbastanza sinuoso ed una larghezza dell'alveo media di 15 metri.

1.1 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi previsti nel presente progetto sono fondamentalmente riconducibili a cinque tipologie:

- consolidamento di aree di spandimento naturale;
- interventi per il miglioramento della qualità delle acque e dell'habitat di affluenti del Lambro;
- interventi per il miglioramento dell'habitat e per la valorizzazione di specchi d'acqua;
- creazione di aree umide in linea per il miglioramento dell'habitat del fiume Lambro;
- ripristino del versante della Bevera di Bulciago in comune di Veduggio.

Di seguito vengono riportate le descrizioni dettagliate per ciascun intervento.



1.1.1 Consolidamento delle aree di spandimento naturale

Si tratta dell'intervento più strategico per la sicurezza idraulica della valle del Lambro. Gli interventi di regimazione idraulica che verranno realizzati consentiranno la conservazione delle attuali aree di naturale spandimento del Lambro in occasione dell'evento di piena duecentennale a fronte di una drastica riduzione delle portate previste a seguito degli interventi da realizzarsi a monte secondo la pianificazione dell'Autorità di Bacino. Il volume complessivamente regolato sarà pari a circa 800.000 mc ed è rappresentato da tutte le aree sommerse tra il ponte della Como – Bergamo a monte e quello di Fornacetta di Inverigo a valle (le aree sono indicate in verde più chiaro nella figura sottostante).

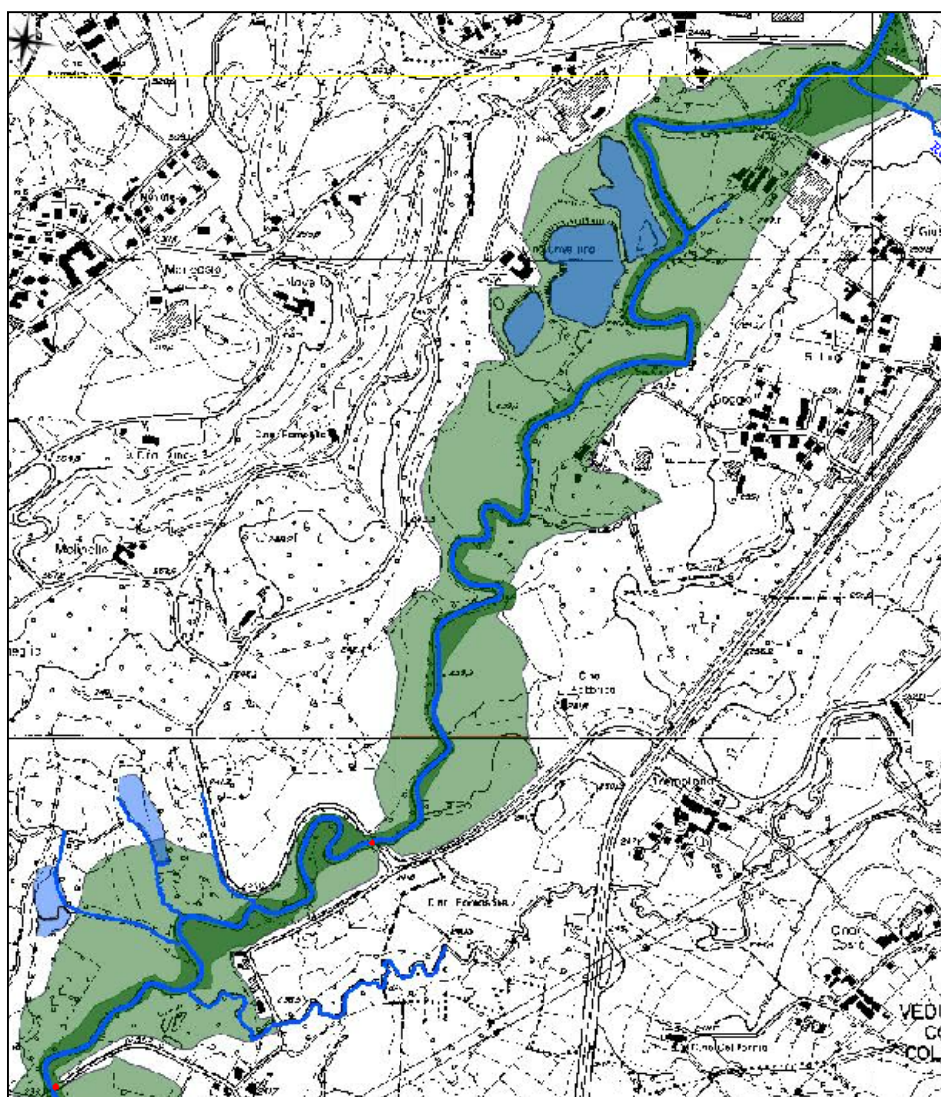


Figura 2 – Aree di attuale esondazione del Lambro per T=200 anni



La regolazione dell'intera area avverrà ad opera di due sistemi di regolazione che saranno posizionati entrambi in corrispondenza o nelle immediate vicinanze dei due attraversamenti sul Lambro di Veduggio e a Fornacette di Inverigo; saranno inoltre previste, laddove necessarie, alcune linee di arginatura a protezione di aree edificate già oggi a rischio di allagamento.

In particolare la prima regolazione, a partire da monte, avverrà mediante un restringimento di sezione sul ponte dell'area ex Victory. Il manufatto allo stato attuale è in cemento armato con impalcato prefabbricato con, a monte e a valle, una quinta a volta sempre in cemento armato. Il ponte, a suo tempo, è stato adeguatamente progettato dal punto di vista idraulico pertanto, per consentire una regolazione, occorre dapprima realizzare una restrizione d'alveo con una palificata in legno mentre per la regolazione si è pensato ad un sistema pneumatico ancorato alla volta in cemento armato del ponte il tutto comandato da una stazione posta in telecontrollo con quella di valle. Posto che in caso di necessità il flusso è comunque comandato dal manufatto di valle, si è scelto di limitare la portata di transito a 90 mc/s che, in caso di mancanza di apporti significativi a valle è una portata al limite sopportabile dai centri abitati di valle.

La seconda regolazione verrà invece realizzata a valle del ponte di Fornacetta, mediante la realizzazione di un nuovo manufatto di attraversamento del fiume.

Il ponte di nuova realizzazione verrà eseguito con pile in cemento armato ricoperte con scogliera in massi ciclopici collegati alla struttura in cemento armato per mezzo di funi. Gli impalcati saranno realizzati in acciaio Corten con superficie orizzontale in grigliato metallico forato per consentire la transitabilità sicura anche con ghiaccio e brina. Su entrambi i lati saranno realizzati parapetti in acciaio. Sul lato di monte il parapetto sarà mascherato dalle paratoie, anch'esse in acciaio Corten, che in posizione di riposo occuperanno lo spessore visivo del parapetto. In condizione di lavoro, ad altezza diverse, le paratoie possono scendere lungo i gargami lasciando a vista i parapetti.

All'interno di appositi alloggiamenti accessibili dall'impalcato verranno installati i motori di azionamento delle paratoie che pertanto non saranno visibili al passaggio.

Oltre alla realizzazione dei manufatti di regolazione idraulica, verrà anche realizzata una pista ciclopeditone che sfrutterà il nuovo manufatto in progetto come elemento di attraversamento del fiume. La pista correrà da una parte all'altra della sponda mediante la realizzazione di un terrapieno di ghiaietto e argilla e strato carrabile, in stabilizzato di terreno naturale con parapetti in legno. Nei tratti di maggiore elevazione rispetto al terreno naturale, il terrapieno verrà



realizzato con il sistema delle terre armate sia per meglio resistere alle spinte dell'acqua sia per consentire il rinverdimento delle sponde.

L'esistenza di organi di manovra richiede la realizzazione di una casa di guardia ovvero di un ufficio, adeguatamente servito da energia elettrica, atto ad alloggiare i servocomandi delle paratoie. Nella scelta progettuale, ed in accordo con la realizzazione della pista ciclopedonale e con lo sbarco delle canoe, all'interno di questo edificio è prevista, in un locale apposito, una piccola officina che verrà inserita nel novero delle velo stazioni del Parco Regionale della Valle del Lambro. Oltre a questo il manufatto sarà dotato di un servizio igienico dedicato sempre ai ciclisti ed ai canoisti. Data la posizione si è scelto di realizzare una struttura in legno ad impatto zero ovvero, al di là della linea elettrica necessaria per la movimentazione delle paratoie e del relativo generatore di emergenza, l'intera struttura inoltre non avrà bisogno di altri allacciamenti: l'energia elettrica per il funzionamento regolare della struttura – riscaldamento elettrico, luci, PC - sarà garantito dai pannelli solari posti in copertura; il servizio di trasmissione dati sarà garantito da rete mobile; l'acqua per i servizi igienici, non potabile, sarà prelevata, previa filtrazione, da una cisterna interrata di raccolta delle acque piovane integrata da un pozzo di prelievo della prima falda; le acque reflue del bagno saranno trattate da un piccolo impianto di fitodepurazione che tratterà le acque prima della re immissione nel fiume.

Data poi l'usuale attitudine a discendere il fiume Lambro per mezzo di canoe e kayak e per la disponibilità di un punto d'appoggio quale sarà la casa di guardia, nel tratto compreso tra il vecchio ed il nuovo ponte di Fornacetta, è stata prevista la realizzazione di un punto di attracco e discesa delle canoe. Questo verrà realizzato attraverso una palificata in legno in grado di avvicinare le canoe con ogni livello di fiume ed una discesa, sempre realizzata in legno in grado di lanciare i kayak in corrente.

Infine data la scarsità di una fascia boscata nell'area compresa tra i due ponti interessati dall'intervento di natura idraulica, si è pensato di andare ad intensificarla la dove questa o è del tutto assente o è molto ridotta.



1.1.2 Interventi per il miglioramento della qualità delle acque e dell'habitat di affluenti del Lambro

Sono interventi volti alla rimozione, totale o parziale, di fonti inquinanti gravanti su due corsi d'acqua che attraversano l'area ex Victory, ovvero alla loro demolizione in ecosistemi filtro in attesa di una risoluzione definitiva che dovrà essere compresa in un programma di maggior respiro di adeguamento della rete fognaria e dei relativi manufatti. I due corsi d'acqua interessati sono la roggia di Villa Romanò e l'Orrido di Inverigo.

1.1.2.1 Roggia Villa Romanò

Sulla roggia di Villa Romanò sono previsti interventi di quattro tipi.

Da prima la rimozione delle fonti inquinanti insistenti sul corso d'acqua attraverso la manutenzione ordinaria e straordinaria degli sfioratori ed il loro eventuale adeguamento strutturale. Questa operazione dovrà interessare il Comune e il gestore dei manufatti, Valbe Servizi SpA.

Successivamente verranno rimosse le derivazioni d'acqua, per le quali si ritiene non siano state rilasciate le dovute autorizzazioni e che allo stato attuale depauperano il reticolo idrografico di apporti d'acqua pulita.

Verranno anche realizzate delle opere di sistemazione idraulica fundamentalmente consistenti in briglie per il rallentamento dell'acqua; queste si renderebbero necessarie in considerazione del dissesto che si starebbe innescando a causa della forza della corrente data dagli apporti delle aree impermeabilizzate veicolati dalla rete fognaria.

In ultimo si formeranno degli ecosistemi filtro (due in totale) per la rimozione: degli inquinanti occasionalmente riversati dalla rete fognaria, di quelli riversati in caso di piogge e per la stabilizzazione delle portate anche di magra. Sono previste due aree, una all'incontro dei due rami di alimentazione della roggia, con lo scopo di trattare le sostanze organiche provenienti dai primi tre sfioratori di piena insistenti sul corso d'acqua; una seconda poco prima della confluenza a Lambro che avrà lo scopo di abbattere gli apporti provenienti dall'ultimo sfioratore e dallo scarico dei laghetti della pesca sportiva.



Il primo intervento sull’Orrido consiste nel realizzare due ecosistemi filtro, uno in testa all’Orrido e uno all’uscita dal laghetto Victory, già indicato negli interventi sulla roggia di Villa Romanò. Per quanto riguarda quello a monte dell’Orrido si tratterà di limitare l’impatto dello scolmatore attualmente presente diminuendo la frequenza di attivazione dello stesso e creando una vasca di stempero subito a valle. Il manufatto di sfioro verrà in parte ostruito e la parte restante sarà dotata di griglia per trattenere i rifiuti solidi ed impedire che transitino nella vasca; la vasca rimarrà chiusa dal tubo di attraversamento della strada a valle il quale verrà anch’esso parzialmente ostruito per indurre uno svuotamento del bacino più lento nel tempo. Questo intervento è da intendersi come soluzione temporanea ad una definitiva, che dovrà prevedere sia lo scorporo completo delle acque bianche oggi mandate in fognatura, già tutte identificate, che il loro recupero allo scorrimento superficiale, inviando al collettore consortile esclusivamente le acque nere. Nel secondo ecosistema filtro verranno invece convogliate sia le acque della roggia di villa Romanò, quelle dell’Orrido all’uscita dal laghetto Victory, che una condotta di acque nere che oggi



vengono immesse direttamente in Lambro e che in quest'area potranno essere trattate con notevole efficienza di rimozione degli inquinanti.

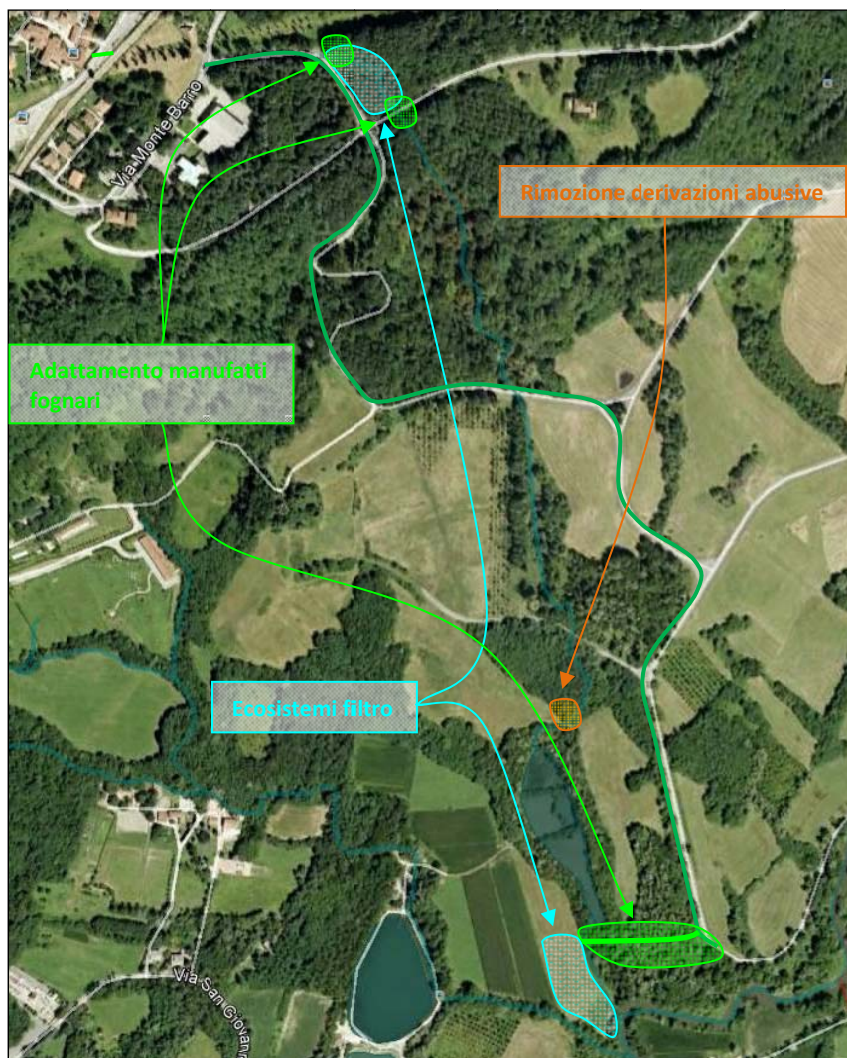


Figura 4 – Interventi sull’Orrido di Inverigo

Il secondo intervento riguarda la rimozione di derivazioni d’acqua per le quali si ritiene non siano state rilasciate le dovute autorizzazioni e che allo stato attuale depauperano il reticolo idrografico di apporti d’acqua pulita.

Infine un particolare riguardo andrà rivolto alla garzaia di Airone cenerino presente nei boschi di quest’area. Infatti tale garzaia risulta essere l’unica garzaia esistente conosciuta nel territorio del Parco della Valle del Lambro e rappresenta pertanto un elemento di assoluto pregio da tutelare e mantenere.



Occorrerà quindi garantire da una parte il mantenimento delle caratteristiche del bosco, in termini di qualità e inaccessibilità e dall'altra proporre aree di espansione attraverso la creazione di nuovi ambienti adiacenti a quello esistente.

L'inaccessibilità delle aree verrà garantita dall'interposizione di una cortina insormontabile ed impenetrabile arbustiva e dall'interdizione al traffico veicolare sulla strada che oggi costeggia l'area; il percorso rimarrà disponibile al transito dei mezzi autorizzati a scopo di controllo, tutela e scientifico/didattico.

Per quanto riguarda le aree di espansione si prevede da una parte di delimitare la fascia boscata (circa 9 ha) posta a ovest dell'Orrido con una cortina simile a quella sopracitata e dall'altra intervenire nell'area dei laghetti di cava al fine di garantire una successione di aree umide in grado di ospitare anche altre specie di Ardeidi.

Infine si prevede di creare una fascia di rispetto, della larghezza di almeno 200 m, lungo il corso d'acqua che attraversa l'Orrido e arriva nei laghetti di cava con una cortina analoga a quella già illustrata che raggiungerà un'estensione di circa 1600 m e sarà completata, dove oggi mancano, da filari alberati. La superficie complessivamente interessata sarà di circa 13 ha.

1.1.3 Interventi per il miglioramento dell'habitat e per la valorizzazione di specchi d'acqua

Sono interventi volti alla riqualificazione totale o parziale di alcuni bacini oggi in stato di lenta rinaturalizzazione. Per questi sono previste azioni di miglioramento della qualità dell'habitat e della fruibilità a scopo ricreativo e di educazione ambientale.

1.1.3.1 Stagno di Carpanea

Al fine del miglioramento e della valorizzazione ambientale dell'area vengono proposti alcuni interventi che dovranno poi essere maggiormente sviluppati in fase di progettazione definitiva.

Gestione della risorsa idrica:

Il primo intervento previsto riguarda l'eliminazione di eventuali scarichi diretti o indiretti, puntuali o diffusi, di acque reflue, civili, produttive o derivanti da allevamento e dall'attività agricola.



Altro intervento riguarda poi l'eliminazione degli scolmatori di piena. Qualora però, fosse problematico il loro allontanamento, sarebbe necessario predisporre opportuni sistemi di contenimento degli inquinanti come per esempio sistemi di fitodepurazione, magari potenziando quelli già naturalmente esistenti presso lo stagno (vedi il canneto presente).

Infine dovrebbero preventivamente essere valutati, in termini di livello di qualità del Lambro in località Gaggio, eventuali interventi volti a facilitare lo scambio con le acque del Lambro.

Fascia di vegetazione spondale

Gli interventi pensati in relazione alla fascia di vegetazione spondale, sono da: una parte l'eliminazione delle specie alloctone e degli individui malati al fine del rinnovo della fascia boscata; dall'altra la piantumazione di specie arbustive.

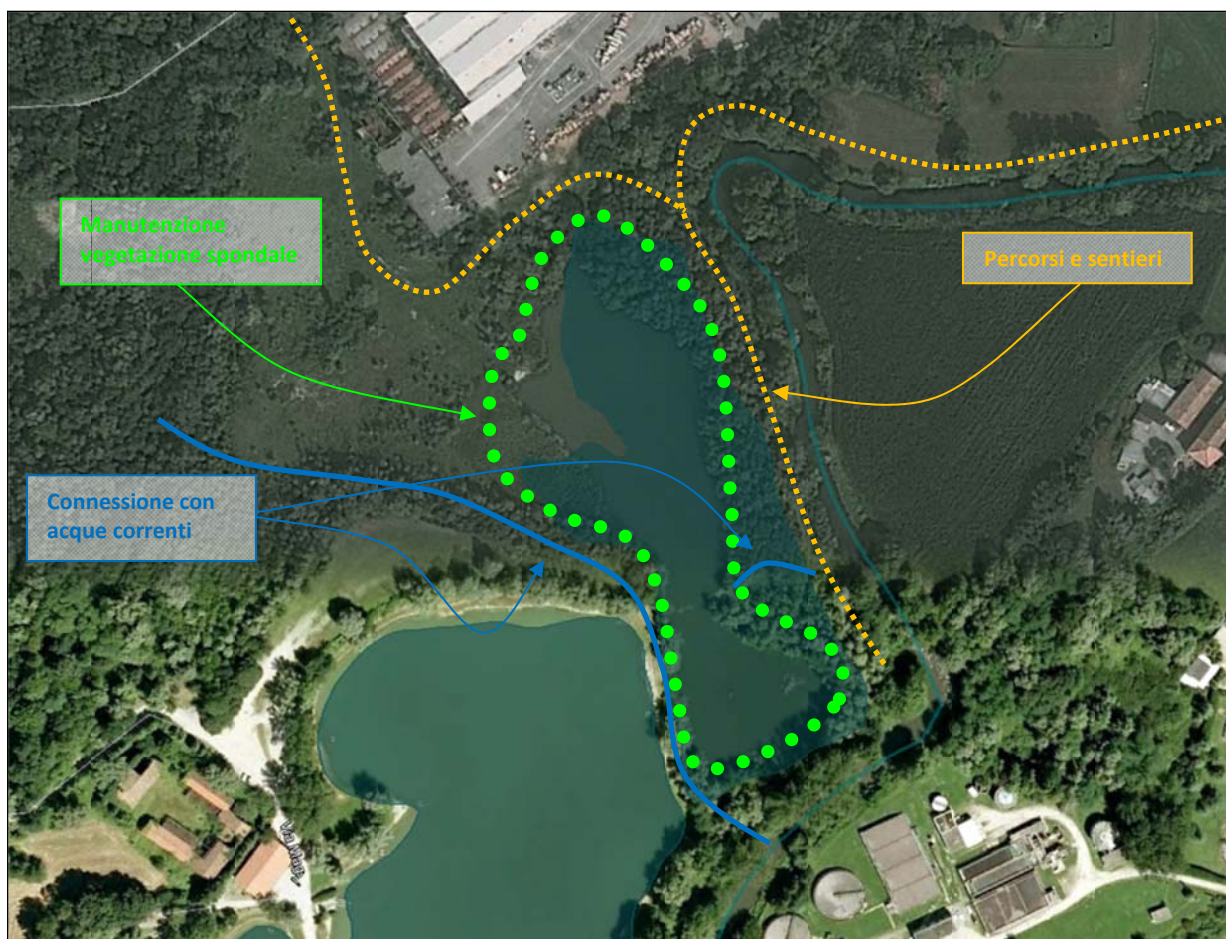


Figura 5 – Interventi sullo stagno di Carpaneia



Il canneto

L'intervento previsto sul canneto esistente riguarda per lo più la sua gestione in termini di pianificazione di un piano di taglio adeguato.

Comunità ittica

La fauna ittica attualmente presente è frutto sia della connessione idrologica esistente con il fiume Lambro che dell'intervento umano (finalità alieutiche). Partendo dall'elenco delle specie ittiche date in bibliografia come presenti nello stagno, la prima azione gestionale è quella mirata al contenimento/eradicatione delle specie alloctone, con particolare attenzione a quelle considerate dannose per l'equilibrio delle comunità indigene (specie alloctone non comprese in Tabella 3-4 delle Linee Guida per la gestione della pesca in Lombardia nel triennio 2005-2007, DGR 11 febbraio 2005, n.7/20557). Parallelamente andrebbero favorite quelle autoctone, in particolar modo il Luccio, sia mediante semine controllate che mediante tutela dei siti riproduttivi e regolamentazione/sorveglianza dell'attività alieutica.

Educazione ambientale ed usi ricreativi

Si è infine pensato ad un intervento finalizzato alla creazione di un percorso, poco invasivo, che avvicini il visitatore alla scoperta di un area umida e di un ecosistema acquatico. Visto il breve tratto che separa lo stagno dalla strada e l'assenza di particolari barriere architettoniche, sarebbe anche possibile ideare un sentiero facilmente percorribile da persone diversamente abili. In più, tale percorso sarà integrato, lungo le sponde, di specifiche passerelle dotate di parapetto per consentire una fruizione in totale sicurezza. Inoltre sono anche previste il posizionamento di bacheche informative per l'educazione ambientale e dei capanni di osservazione.

Infine per preservare questo ambito si è pensato alla realizzazione di una recinzione e l'affidamento dell'area ad Associazioni del territorio che ne possano garantire la cura e la gestione dell'attività didattica ed educativa.

1.1.3.2 Laghetti valle di Inverigo

Al fine del miglioramento e della valorizzazione ambientale dell'area vengono proposti alcuni interventi che dovranno poi essere maggiormente sviluppate in fase di progettazione definitiva.



Fascia di vegetazione spondale

Gli interventi pensati in relazione alla fascia di vegetazione spondale, sono da: una parte l'eliminazione delle specie alloctone e degli individui malati al fine del rinnovo della fascia boscata; dall'altra la piantumazione di specie arbustive.

Il primo lago

Uno degli obiettivi del progetto è stato quello di recuperare il primo lago per favorire le specie anfibe. Solo qui, infatti, effettuando un semplice scavo, si può facilmente realizzare un habitat di acque basse come il canneto, irrealizzabile nel secondo e nel terzo lago.

L'intervento previsto sul canneto, presente proprio nel primo laghetto, riguarda per lo più la sua gestione in termini di pianificazione di un piano di taglio adeguato.

L'erpetofauna ed altre specie

L'intervento pensato in quest'area è quello di combinare la gestione del primo lago, con una gestione dell'area umida finalizzata alla reintroduzione ed al potenziamento di specie d'interesse comunitario, attualmente scomparse dall'area ovvero in forte contrazione: Rana di Lataste, Tritone crestato, Raganella e Tartaruga palustre.

L'avifauna

Per garantire una maggiore diversificazione ambientale che possa portare alla colonizzazione di numerose specie ornitiche anche di notevole pregio come gli Ardeidi, sono stati pensati una serie di interventi atti al miglioramento della vegetazione dell'area e al contrasto del fenomeno naturale di interrimento dei bacini di piccole dimensioni con ricca vegetazione spondale.

Partendo dal bacino settentrionale occorre aumentare la superficie d'acqua disponibile permettendo la presenza di vegetazione palustre in acqua e asportazione controllata della vegetazione sommersa e di lamineto dei corpi d'acqua nonché rimuovere la fitta coltre di rovi e ortiche e sostituirla con una fascia di canneto, una fascia di saliceto arbustivo a salice *Salix alba* e salicone *Salix cinerea* arbustiva e una fascia arborea di ontano *Alnus glutinosa*.

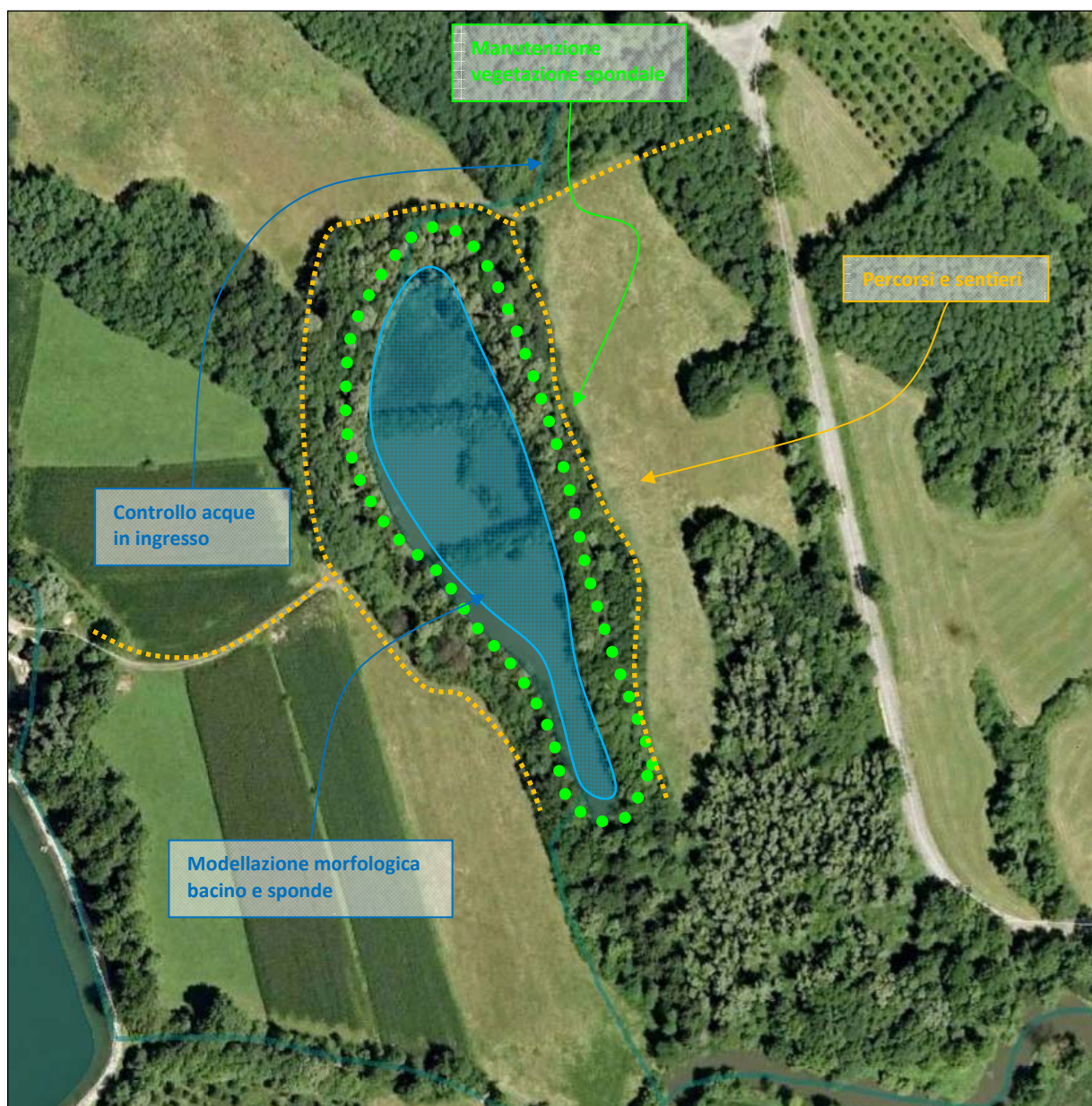


Figura 6 – Interventi sui laghetti valle di Inverigo

Per quanto riguarda gli altri bacini occorre riprofilare le sponde dei laghetti asportando parte della sponda al fine di creare le condizioni idonee per il radicamento e lo sviluppo di una fascia di vegetazione ripariale per una larghezza compresa tra 1 e 3 metri. Si dovrà porre particolare attenzione alla realizzazione di zone a diversa profondità d'acqua, di argini e rive a ridotta pendenza, di un profilo irregolare (con insenature e anfratti) e di isole o zone affioranti idonee alla nidificazione, laddove possibile (Brusa e Fornasari, 2008); sarebbe opportuna, ove tecnicamente possibile, la creazione di piccole isole improduttive di ghiaia o terra. Nelle zone dove è prevista la risagomatura è opportuno procedere in tratti limitati, valutando il grado di ripresa della



vegetazione sui fondali rimodellati e gli effetti della frazione fine dei sedimenti smossi che spesso si rideposita sulla vegetazione situata più a valle (Sartori et al., 2004).

Tutta l'area è circondata da una fascia arborea in assenza quasi totale di arbusti e quindi dell'ambiente ecotonale molto importante per molte specie faunistiche. Nel sito si dovrà quindi provvedere alla piantumazione di specie arbustive baccifere che permettano la creazione di questi habitat e che siano attrattivi per l'avifauna.

Perché un biotopo, però, sia idoneo ad ospitare una colonia di aironi devono essere presenti determinate caratteristiche:

- estensione minima 4 ha: nei dintorni dell'area umida ci sono terreni (a sud boschivi e a est e ovest a prato) che possono essere compresi nel biotopo al fine di raggiungere l'estensione minima per l'instaurazione della colonia;

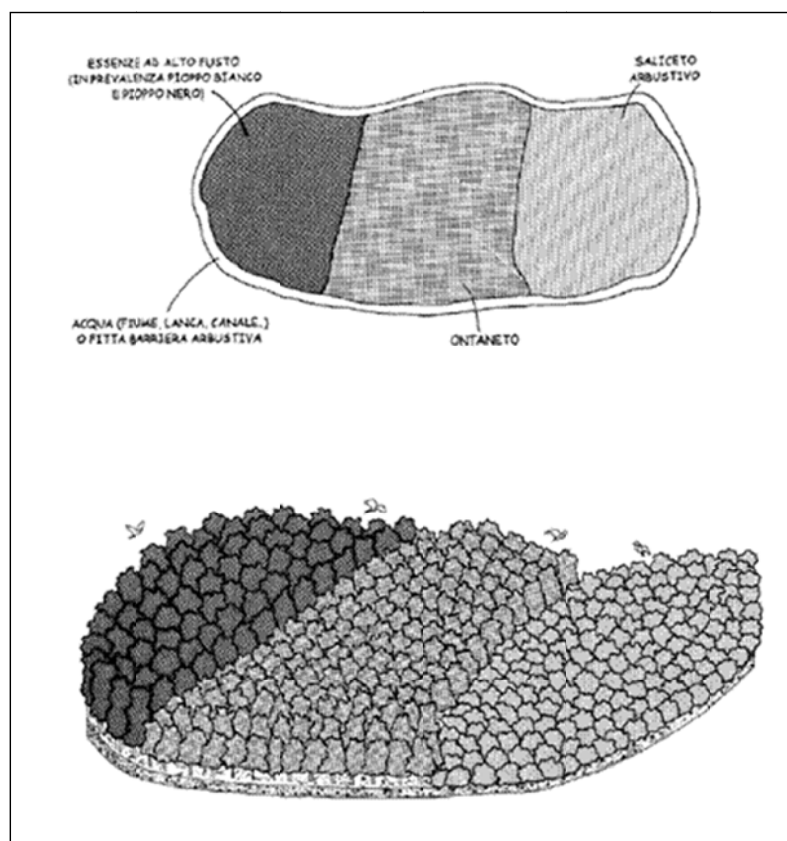


Figura 7 – Tipologia biotopo idoneo

- area protetta da canali o altro tipo di barriere fisiche (ad esempio siepi fitte) in modo da rendere difficile l'accesso a predatori terrestri o intrusi: si deve prevedere di recintare



l'area con siepe in particolar modo nel lato est dove il sito confina con aree private esterne, di cui si potrebbe prevedere l'acquisizione;

- meglio se sono presenti lotti con vegetazione differenziata per consentire l'insediamento di più specie di Ardeidi: gli interventi previsti dal presente progetto già creano i presupposti per una successione vegetazionale differenziata.

Un ruolo importante poi nella gestione delle garzaie riguarda la fruizione da parte del pubblico, per tale motivo nel presente progetto si è pensato ad un piano per gestire la garzaia in questo senso. Infatti tra la molteplicità di ruoli svolti da queste aree non bisogna tralasciare quello didattico-ricreativo. Le garzaie costituiscono infatti un'importante occasione di incontro diretto con la natura e possono fungere da laboratorio all'aria aperta per studenti di tutti i livelli o come momento di svago per birdwatchers, fotografi naturalistici, ecc. L'apertura di questi spazi al pubblico è un momento delicato ed i rischi ad esso associati vanno attentamente valutati al fine di contenerli il più possibile. Una presenza umana troppo insistente durante le fasi di insediamento della colonia infatti potrebbe arrecare agli animali un disturbo intollerabile e determinare l'abbandono del sito. A questi rischi si può ovviare con la regolamentazione delle visite e l'istituzione di un'apposita rete di sentieri e capanni che consentano di avvicinarsi ai nidi impedendo contemporaneamente ingressi indesiderati nelle aree più delicate.

1.1.3.3 Foppe di Fornacetta

Sulla base di quanto osservato ed al fine del miglioramento e della valorizzazione ambientale dell'area, di seguito vengono esposte alcune proposte d'intervento che dovranno poi essere maggiormente sviluppate in fase di progettazione definitiva.

Gestione della risorsa idrica

Il primo intervento previsto riguarda la verifica e l'eliminazione di eventuali scarichi diretti o indiretti, puntuali o diffusi, in grado di apportare nutrienti ed inquinanti nell'area umida.

Infine dovrebbero preventivamente essere valutati eventuali interventi volti a favorire un maggiore apporto di acqua di buona qualità, anche di tipo meteorico oltre che da falda, in modo da favorire la diluizione.



Fascia di vegetazione spondale

Gli interventi pensati in relazione alla fascia di vegetazione spondale, sono da: una parte l'eliminazione delle specie alloctone e degli individui malati al fine del rinnovo della fascia boscata; dall'altra la piantumazione di specie arboree ed arbustive autoctone.

Il canneto ed il lamineto

Gli interventi previsti sul canneto ed il lamineto esistenti riguardano per lo più la loro gestione in termini di pianificazione di un piani di taglio adeguati. Con particolare attenzione all'estirpazione delle specie alloctone.

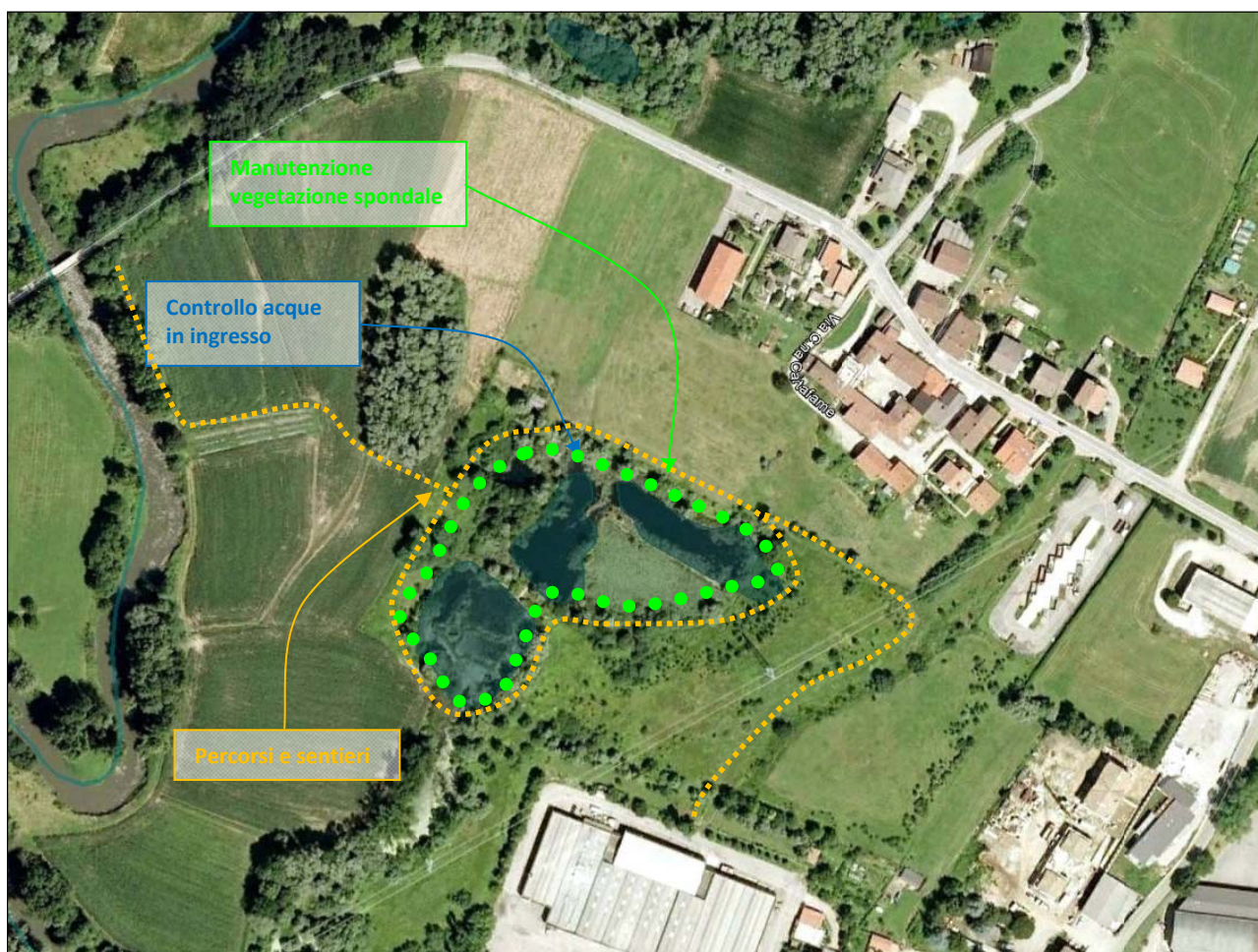


Figura 8 – Interventi sulle Foppe di Fornacetta

Comunità ittica

La fauna ittica attualmente presente è frutto sia della connessione idrologica esistente con il fiume Lambro che dell'intervento umano (finalità alieutiche). Al fine del miglioramento ambientale, la prima azione gestionale è quella mirata al contenimento/eradicatione delle specie alloctone, con



particolare attenzione a quelle considerate dannose per l'equilibrio delle comunità indigene (specie alloctone non comprese in Tabella 3-4 delle Linee Guida per la gestione della pesca in Lombardia nel triennio 2005-2007, DGR 11 febbraio 2005, n.7/20557). Parallelamente andrebbero favorite quelle autoctone, in particolar modo il Luccio, sia mediante semine controllate che mediante tutela dei siti riproduttivi e regolamentazione/sorveglianza dell'attività alieutica. Tale attività va però attentamente valutata in relazione alle azioni gestionali previste per l'erpetofauna, che dovrebbe essere favorita in questa tipologia di area umida.

L'erpetofauna

L'intervento pensato in quest'area è quello di combinare la gestione assidua e controllata del canneto e del lamineto, con una gestione dell'area umida finalizzata alla reintroduzione ed al potenziamento di specie d'interesse comunitario, attualmente scomparse dall'area ovvero in forte contrazione: Rana di Lataste, Tritone crestato, Tartaruga palustre e Gambero di fiume.

Educazione ambientale ed usi ricreativi

Si è infine pensato ad un intervento finalizzato alla creazione di un percorso, poco invasivo, che avvicini il visitatore alla scoperta di un area umida e di un ecosistema acquatico. In più, tale percorso sarà integrato con specifiche passerelle nell'area del canneto sommerso d'acqua.

Inoltre è anche previsto un capanno di osservazione, in legno, su una parte rilevata di terreno in modo tale da poter consentire ai fruitori di avere la massima visione dell'area umida, tale struttura verrà anche utilizzata per l'attività di campionamento da parte dei tecnici del Parco.

1.1.4 Creazione di aree umide in linea per il miglioramento dell'habitat del fiume Lambro.

Lungo l'asta principale del Lambro, a qualche centinaio di metri a monte e poche di metri a valle dell'attraversamento della Como – Bergamo, verranno realizzate due aree umide attraverso l'allargamento della sezione idraulica e la rimozione di alcune artificializzazioni esistenti.



1.1.4.1 Area umida a monte della SP342

Verrà realizzata un'area umida in zona golenale posta a monte della provinciale S.P. 342, in corrispondenza di un meandro realizzato in passato da un'opera di artificializzazione, nei Comuni di Nibionno ed Inverigo.

Nell'area di riferimento è possibile migliorare la deviazione precedentemente realizzata rinaturalizzando l'alveo artificializzato, rimuovendo la massicciata impropria lungo le sponde e creando inviti per consentire all'acqua di spandere nell'area circostante.

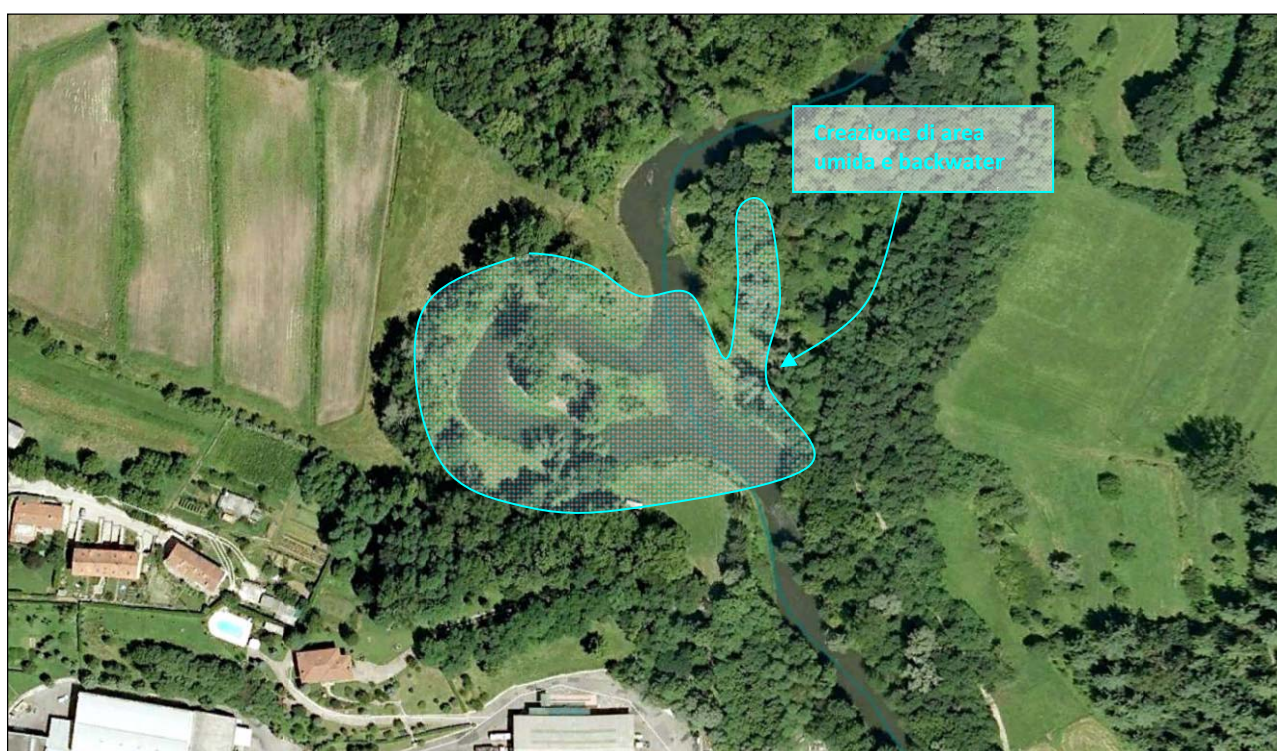


Figura 9 – Interventi sull'area a monte della SP342

Per far questo in particolare si provvederà prima di tutto alla rimozione sia dei massi ciclopici posizionati sul fondo del canale artificiale che dei massi di sponda in sinistra idrografica, posizionati proprio al ridosso del canale artificiale. Successivamente si provvederà sia con l'abbassamento del livello dell'isoletta, presente al centro tra il meandro naturale e quello artificiale, in modo tale da consentirne un più frequente allagamento, che con l'addolcimento delle sponde per favorire un allargamento della fascia di pertinenza fluviale; all'interno dell'isoletta verranno inoltre piantumate specie acquatiche e arboree autoctone.



Al fine di realizzare l'area umida, si procederà poi con l'abbassamento di circa un metro di tutta la superficie prescelta e con l'addolcimento della sua pendenza, per far sì che l'opera sia il più naturale possibile. L'intera area sarà anche rinaturalizzata grazie alla piantumazione di specie arboree lungo tutto il perimetro.

In più è prevista anche la formazione di uno spazio adibito al salvataggio della fauna ittica durante il verificarsi di episodi di inquinamento; in particolare esso sarà costituito da una lanca morta alimentata dal rigurgito di valle della corrente (backwater) e posizionata lungo la sponda sinistra del fiume. Tale configurazione impedirà che eventuali inquinanti in transito nella corrente possano insediarsi nella lanca ed in questo modo verrà mantenuto un ambiente protetto nel quale la fauna potrà ripararsi in attesa dell'esaurimento del fenomeno di inquinamento.

In fine si proteggerà la pista ciclopeditone di recente realizzazione, riposizionando i massi precedentemente rimossi dalle sponde, in un'area molto più arretrata lungo la sponda sinistra del fiume, in questo modo si lascerà libero sfogo al naturale divagamento delle acque.

1.1.4.2 Area umida a valle della SP342

Verrà realizzata un'area umida in un'area posizionata poco a valle provinciale S.P. 342 e a monte della traversa di Nibionno, nei Comuni di Nibionno ed Inverigo.

Al fine di realizzare un'area umida, in questo caso, diversamente da quello precedente, occorrerà creare ex-novo una zona idonea allo scopo; in particolare si provvederà con la creazione di un'area di spandimento lungo la sponda destra del fiume, laddove si trova oggi un parcheggio di mezzi pesanti. La fascia fluviale così allargata sarà completata con l'addolcimento della pendenza della sponda destra e con la piantumazione di specie acquatiche ed arboree autoctone.

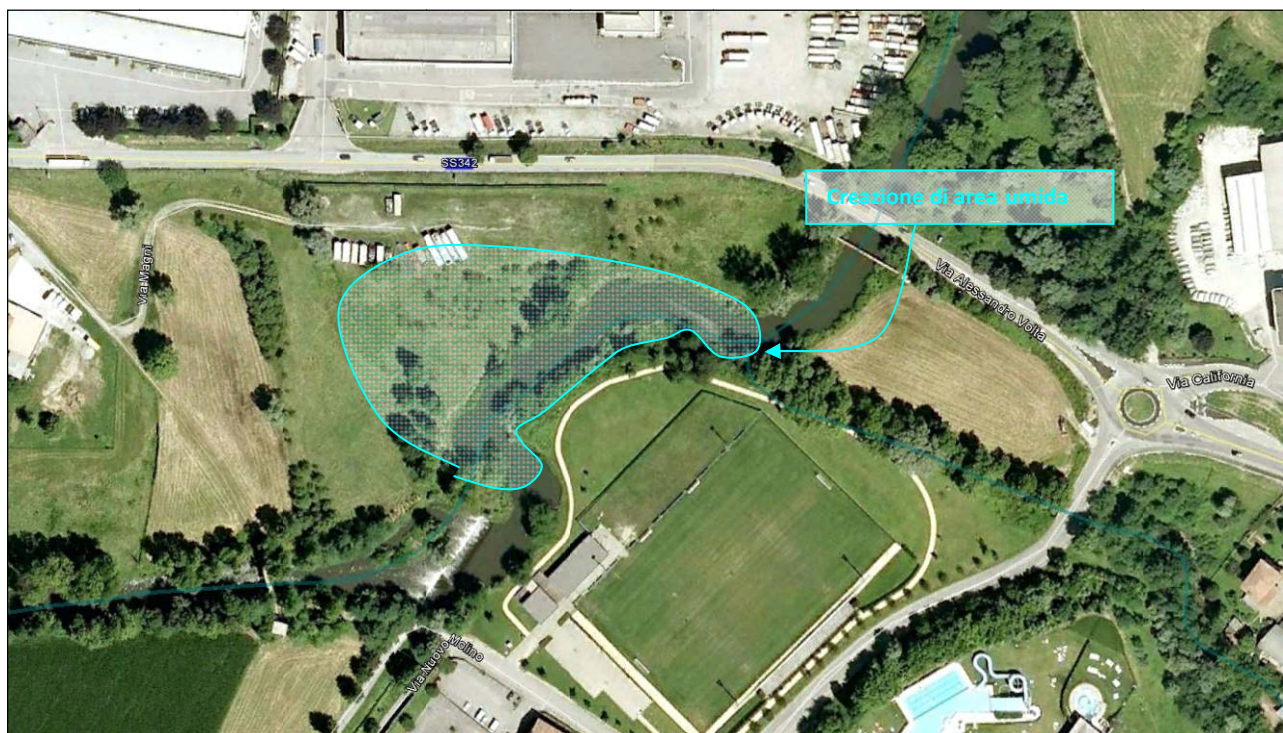


Figura 10 – Interventi sull'area a valle della SP342

1.1.5 Ripristino del versante della Bevera di Bulciago in comune di Veduggio

L'intervento è volto al ripristino del versante della valle della Bevera di Bulciago che corre adiacente alla strada provinciale Carate – Veduggio oggetto di un dissesto che ha comportato il distacco di una porzione di terreno di circa 2000 mc.

L'opera proposta per la messa in sicurezza del pendio e della strada che corre in adiacenza prevede l'abbinamento di materiali di rinforzo orizzontale in reti sintetiche o metalliche plastificate, inerti di riempimento e rivestimento in stuoie sul fronte esterno tali da consentire la crescita delle piante.

Viene allegato il progetto preliminare a firma del geol. Nicolodi.



Figura 11 – Interventi di ripristino versante in comune di Veduggio



2. RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA

Scopo principale delle analisi idrauliche qui presentate è quello, come già anticipato nella relazione illustrativa in merito a quanto richiamato dal Piano di Assetto Idrogeologico, di mantenere e consolidare le aree di esondazione esistenti lungo la valle anche a fronte di una diminuzione delle portate in transito per effetto di altre opere idrauliche quali il Cavo Diotti.

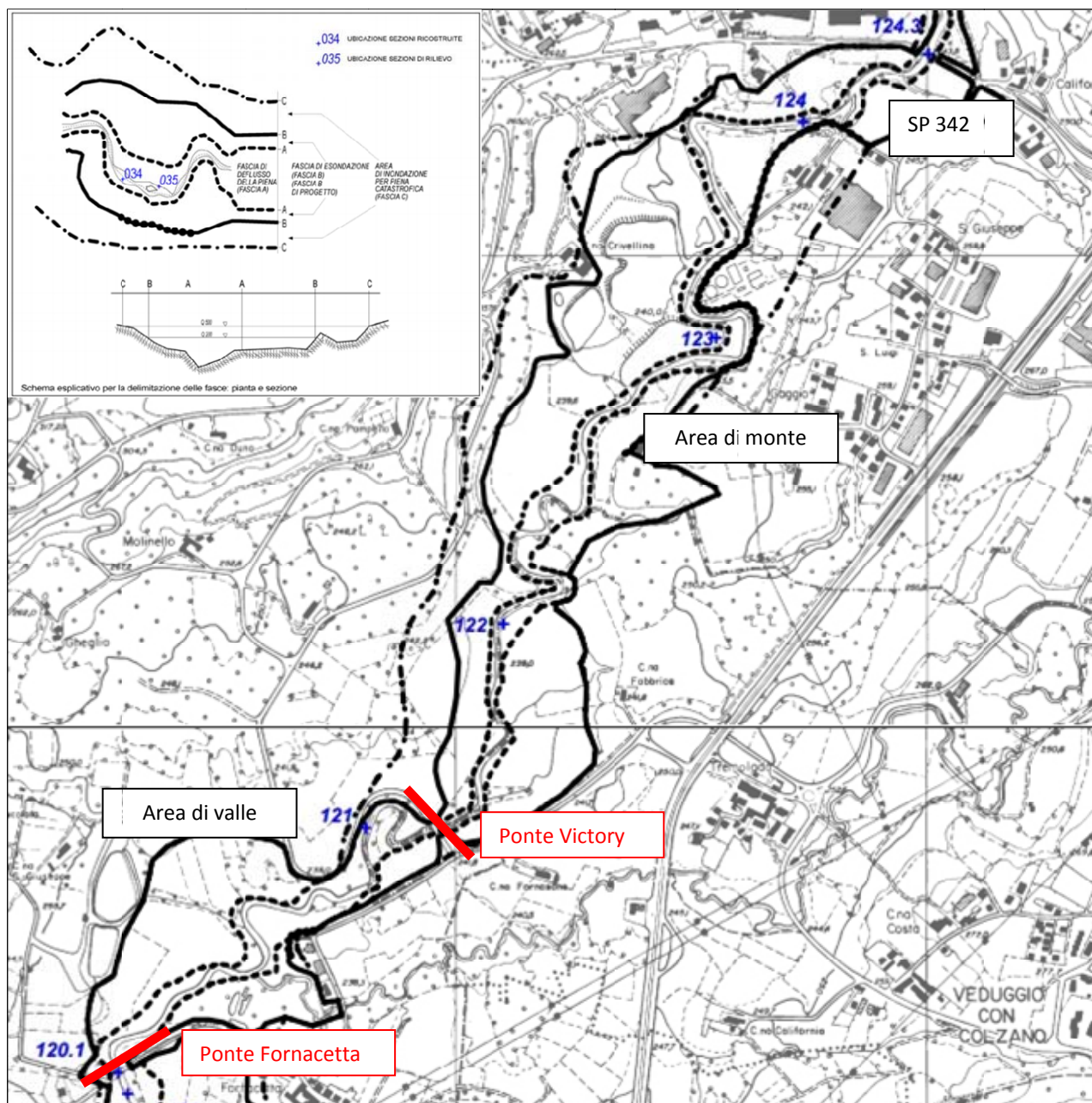


Figura 12 – Estratto della cartografia PAI



Lo scopo di natura puramente idraulica è quello di accumulare le piene del fiume Lambro sia per preservare gli abitati di valle – Monza, Cologno Monzese e Milano – sia per consentire uno svasso anticipato del lago di Pusiano preservando così anche i paesi rivieraschi del lago. Come si può notare l'area indicata dal Piano di Assetto Idrogeologico è delimitata e suddivisa, a valle, da due ponti: il primo e più a valle corrisponde a via Fornacetta; il secondo corrisponde al ponte interno alla proprietà meglio nota come Ex Victory.

L'obiettivo del progetto è pertanto quello di realizzare due sistemi di controllo, in prossimità delle restrizioni già esistenti allo scopo di regolare le portate in transito e rendere, al tempo stesso, il sistema modulare ovvero mantenendo la possibilità di decidere quale delle due aree invasare per prima e fino a che livello prima dell'attivazione della seconda area.

La seconda esigenza del progetto di natura ambientale è quella indicata nel "PROTOCOLLO D'INTESA per la realizzazione di lavori per la riduzione del rischio idraulico, l'esondazione controllata delle piene e la riqualificazione ambientale del fiume Lambro nei Comuni di Inverigo, Nibionno e Veduggio con Colzano" ovvero la riqualificazione ambientale del fiume Lambro intesa sia in termini di recupero della qualità delle acque sia miglioramento dell'habitat.

Dal punto di vista della qualità delle acque l'elemento di maggior criticità locale è la presenza, nella parte a nord dell'area interessata, del depuratore di Gaggio e poco più a nord del depuratore di Merone. Con una capacità di 30'000 A.E. il primo e 100'000 A.E. il secondo contribuiscono, con i soli scarichi medi, a formare la gran parte delle portate di magra del fiume Lambro. A fronte di una portata di magra stimata del fiume di 2-3 m³/s il contributo dei depuratori è pari a 0.7 m³/s. Pertanto, senza entrare nel merito dell'efficienza dei depuratori, in gran parte dell'anno il fiume non è in grado di garantire la diluizione sufficiente. Oltre a ciò vi sono da considerare gli apporti di inquinanti dovuti agli immissari del Lambro ed in particolare al sistema delle Bevere ed alle rogge che provengono dall'altipiano inverighese.

Per quanto riguarda il territorio, un ulteriore elemento di criticità è rappresentato dalle condizioni in cui versa l'Orrido di Inverigo e più in generale tutta la sponda inverighese del fiume Lambro.

Proprio a maggior tutela dell'Orrido e del territorio circostante con D.g.r. 10 febbraio 2010 - n. 8/11369 recante "Comune di Inverigo – Dichiarazione di notevole interesse pubblico dell'area del paesaggio rurale dell'orrido e del Viale dei cipressi (art. 136, lett. c) e d), d.lgs. 42/2004)", la Regione Lombardia ne ha dichiarato l'interesse pubblico.



2.1 IDROLOGIA

Precipitazioni e temperature nel territorio brianzolo. Il regime pluviometrico della Brianza si inquadra in un regime di tipo "prealpino". Tale regime infatti è caratterizzato da due massimi, l'uno in ottobre più accentuato e l'altro in maggio mentre i minimi si registrano rispettivamente in febbraio ed in luglio.

Interessante e significativo è vedere però come varia la quantità di precipitazioni a seconda della zona del territorio brianzolo in cui siamo; la piovosità è infatti diversa nel caso ci si trovi per esempio a Monza o a Cantù o ancora ad Erba.

Osservando la figura 2 ci accorgiamo che l'isoieta (linea di uguale piovosità media annua) dei 1000 mm attraversa longitudinalmente l'alta pianura lombarda, passando poco a nord di Milano. Come evidenzia la distanza crescente tra le isoiete, le precipitazioni tendono a diminuire verso il Po; al contrario si fanno più abbondanti a nord del capoluogo lombardo e mano a mano che ci si spinge verso l'alta Brianza, fino a superare i 2000 mm in corrispondenza di Magreglio e delle zone limitrofe (triangolo lariano).

Tanto per citare un esempio, a Monza la piovosità media annua è di circa 1117 mm con una punta minima di 587,5 mm nel 1921 e una massima di 1869,4 nel 1951.

Il ruolo svolto dai rilievi lariani è sicuramente determinante in concomitanza con lo stabilirsi di aree depressionarie sul Mar Ligure o, più in generale , sull'Italia centro-settentrionale, quando aria umida e temperata viene spinta verso settentrione accentuando la nuvolosità e le precipitazioni proprio in corrispondenza dei rilievi.

Per quanto riguarda invece le temperature, le medie annue in Brianza si aggirano attorno ai 12-13 °C ma sono valori che tendono a diminuire attorno ai 10° via via che ci si porta verso le zone collinari più alte; la media massima stagionale si raggiunge nel mese di luglio, con 22-24°C, e la minima, invece, in gennaio, con 1-2°C.

Abbastanza forti sono le escursioni termiche diurne anche se, soprattutto nelle zone più a nord della Brianza, le temperature estive vengono mitigate dalla presenza dei rilievi e dalle correnti più fresche provenienti dal vicino lago di Como.

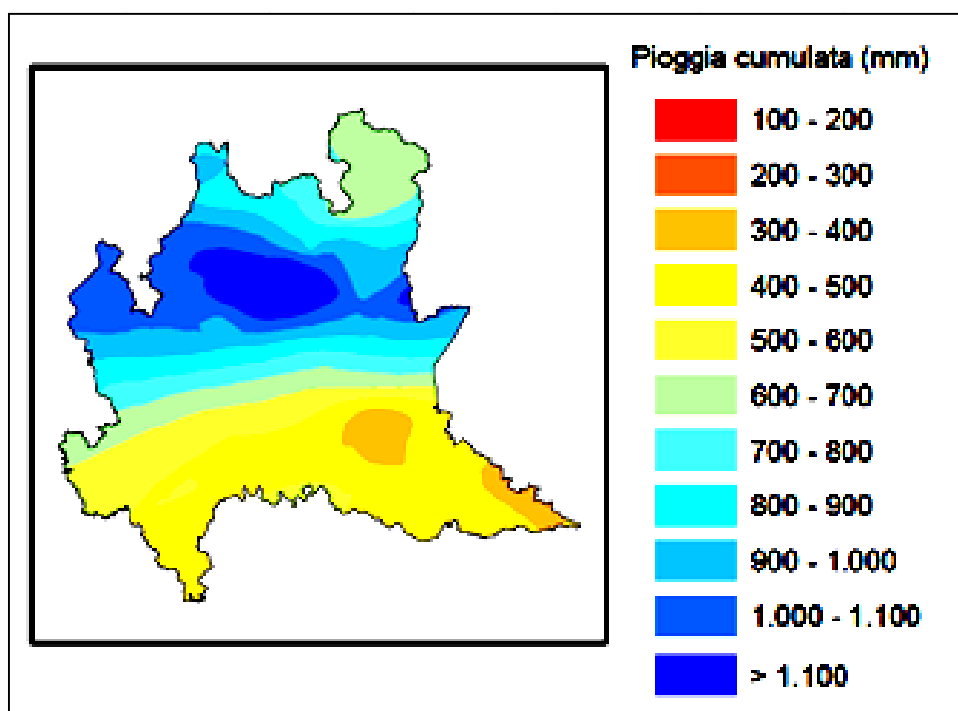


Figura 13 - Regime pluviometrico annuo in Lombardia

Influenze e relazioni tra morfologia del territorio e clima in Brianza. La Brianza si trova subito a ridosso delle Prealpi e ciò vuol dire che dal punto di vista climatico risente della protezione dell'arco alpino dai freddi venti settentrionali e dalle perturbazioni provenienti dal versante nord alpino. Questo "effetto barriera" che i monti oppongono, altera le condizioni atmosferiche generali ed assicura alla Brianza un clima meno rigido con una maggiore impronta mediterranea. Inoltre dà luogo al cosiddetto fenomeno del foehn che si manifesta quando una depressione di origine atlantica, da Nord-Ovest, si avvicina alle Alpi, mentre un anticiclone sui Balcani agisce da blocco.

Tra le due configurazioni bariche si instaurano venti dai quadranti settentrionali che, incontrando l'arco alpino, possono salire sino alla cresta delle montagne e nello stesso tempo dar luogo, nel versante Nord, al fenomeno di stau che porta all'ammassamento di nubi con piogge forti e persistenti. Quando l'aria comincia la sua discesa nel versante Sud, si riscalda per compressione e dissolve ogni forma di nuvolosità facendo abbassare notevolmente l'umidità relativa con un corrispondente aumento della visibilità.

La Brianza si pone anche in stretta vicinanza con la grande massa d'acqua del lago di Como che tende a mitigare gli estremi di temperatura e gode, soprattutto in corrispondenza dei rilievi collinari più alti, dei temporali orografici.



Questi ultimi si hanno quando aria calda e umida è forzata a salire lungo un versante montuoso ed il vapore acqueo presente in essa comincia a condensare formando un ammasso nuvoloso. Quando la nube aumenta di dimensione e si arriva alla saturazione del vapore acqueo avremo l'inizio delle precipitazioni. Tali temporali si formano in corrispondenza del rilievo del Colle Brianza e alcune volte anche di quello di Montevvecchia.

La maggior altitudine delle dolci colline brianzole, infine, rispetto alla pianura padana regala una più intensa insolazione durante i mesi invernali e una più intensa freschezza e ventilazione durante quelli estivi.

Idrografia superficiale. L'area oggetto di interesse è molto ricca d'acqua in considerazione soprattutto della zona di forse risorgiva costituita dal versante inverighese.

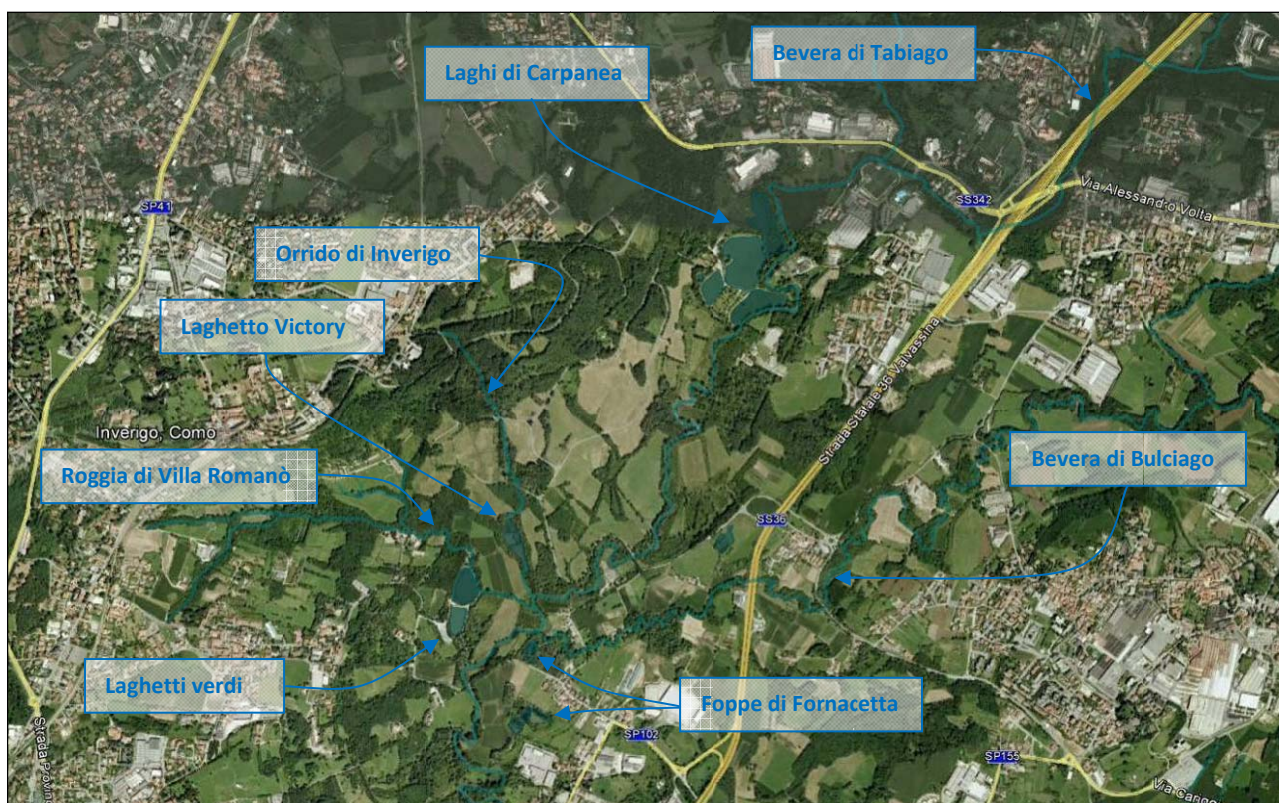


Figura 14 – Idrografia dell'area

Oltre al Lambro che costituisce l'asse vallivo che corre in direzione NE – SW si segnalano i suoi principali affluenti che confluiscono nella zona (da Nord a Sud):

- Bevera di Tabiago: affluente in sinistra, nasce dai rilievi di Costa Masnaga e Bulciago, ha una lunghezza complessiva di circa 5 km, affronta un dislivello complessivo di 50 m e drena un bacino di circa 3 kmq;



- Bevera di Bulciago: affluente in sinistra, nasce dai rilievi di Barzago e Barzanò, ha una lunghezza complessiva di circa 19 km, affronta un dislivello complessivo di 112 m e drena un bacino di circa 15 kmq;
- Orrido di Inverigo: affluente in destra, nasce dalla costa inverigheese, ha una lunghezza complessiva di circa 1.5 km, affronta un dislivello complessivo di 80 m e drena un bacino di circa 3 kmq;
- Roggia di Villa Romanò: affluente in destra, nasce dalla costa inverigheese, ha una lunghezza complessiva di circa 6.5 km, affronta un dislivello complessivo di 80 m e drena un bacino di circa 2 kmq.

L'area è anche ricca di numerosi specchi d'acqua molti dei quali residui di attività di cava conclusasi in alcuni casi poche decine di anni fa e oggi riempiti d'acqua. I principali sono:

- laghi di Carpanea: complessivamente sono 4 di cui 3 utilizzati per la pesca sportiva e un quarto, quello più settentrionale, lasciato a dinamiche naturali. Quello più naturale ha un'estensione di circa 2 ha e non ha immissari né emissari; gli altri hanno superficie rispettivamente di 2.4, 1.3 e 0.7 ha e vengono probabilmente alimentati derivando parte della roggia che scende da Cascina Pomelasca in comune di Inverigo;
- lago Victory: è un bacino originato dall'estrazione di argilla lasciato a dinamiche naturali. Ha un'estensione di circa 0.8 ha, si alimenta con le sorgive che scendono dall'Orrido e da cascina Molinello ed ha un emissario;
- laghi verdi: complessivamente sono 2 utilizzati per la pesca sportiva anch'essi originati da attività di cava dismesse. Hanno superficie rispettivamente di 1.0 e 0.5 ha e vengono probabilmente alimentati derivando parte della roggia di villa Romanò e parte delle acque dell'Orrido;
- foppe di Fornacetta: anche queste sono i residui di attività di cava, e si tratta di una serie di piccole conche (superficie inferiore a 0.3 ha) riempire probabilmente da acqua di falda, considerando la vicinanza con il fiume.



2.2 IDRAULICA

Gli interventi in progetto hanno lo scopo principale di regolare i livelli e le portate del fiume Lambro nell'area della valle di Inverigo e sono stati ideati per assicurare due funzioni fondamentali:

- conservare i volumi di laminazione golenali;
- tagliare le portate di picco defluenti a valle per eventi di piena critici.

Questi due obiettivi strategici cristallizzati nella pianificazione dell'Autorità di Bacino del 2003 sono perfettamente raggiungibili però solamente a patto che si verifichino a monte alcune condizioni che a tutt'oggi sono state realizzate solo in parte o in alternativa che si verifichino condizioni equivalenti. L'assetto complessivo prevede infatti che a monte dell'area della valle di Inverigo siano realizzate due interventi fondamentali:

- la regolazione del lago di Pusiano attraverso il Cavo Diotti riadattato alle nuove esigenze di difesa idraulica;
- l'utilizzo della miniera di Brenno quale vasca di laminazione per la Bevera di Molteno.

Attualmente nessuno dei due interventi previsti è a regime, considerando che il Cavo Diotti oggi è sì regolato ma secondo le sue possibilità idrauliche originali, che consentono un'erogazione massima che è appena il 60% di quella prevista alla fine della ristrutturazione che verrà completata entro la fine del 2013.

Per quanto riguarda la miniera di Brenno si fa presente che il termine per l'attività di estrazione è previsto per il 2013 mentre altri 3 anni sono concessi per la riqualificazione dell'area che pertanto dovrà avvenire entro la fine del 2016. Attualmente pertanto il contributo alla sicurezza idraulica della valle dato dal potenziale invaso è nullo e potrebbe al più crescere progressivamente ipotizzando soluzioni gradualmente e provvisorie compatibili con l'attività di coltivazione della miniera. Per ora però nessun risultato neppure provvisorio è associabile ad alcuna data.

Data questa particolare situazione era inevitabile dover ideare una soluzione o un sistema di soluzioni che fosse in grado di regolare una serie di configurazioni intermedie fra lo stato di fatto e l'assetto finale previsto dalla pianificazione di bacino, in modo oltretutto da lasciare una certa autonomia al gestore dell'opera in funzione delle condizioni dinamiche del bacino.

La scelta progettuale è ricaduta dunque su una configurazione che, mantenendosi fedele alle generali indicazioni dell'Autorità di Bacino, garantisse la massima flessibilità per gestire situazioni intermedie ma fosse già predisposta per l'assetto definitivo nel caso che le condizioni a monte si allineassero un domani a quelle previste.



In termini più concreti i sistemi di controllo consentiranno, senza modifiche strutturali ma semplicemente gestionali, la regolazione di due condizioni di funzionamento molto diverse:

- quelle attualmente previste, che per la piena di riferimento (Tr200) indicano una portata al colmo in transito sotto il ponte della Victory di circa 120 mc/s e dal ponte di Fornacette di circa 135 mc/s, mantenendo pressoché inalterati i livelli rispetto alla situazione ante operam;
- quelle previste dall'assetto di progetto secondo le indicazioni del AdB, ossia transito delle portate di progetto Tr200 dal ponte della Victory (circa 70 mc/s) e dal ponte di Fornacette (circa 65 mc/s) mantenendo livelli idrici molto simili a quelli attuali a monte di entrambi a fronte di un notevole decremento della portata cui quei livelli fanno riferimento nello stato di fatto.

La soluzione tecnologica più interessante prevede la regolazione con due sistemi diversi funzionanti con due modalità differenti:

- nella parte a monte la regolazione sarà realizzata con un sistema di tipo “acceso-spento” basato su una ostruzione parziale della luce del ponte nella parte bassa della sezione realizzata con materiale naturale (massi o legname) e la possibilità di occludere ulteriormente la parte superiore con un sistema pneumatico basato su palloni gonfiabili pendenti dall'intradosso del ponte;
- nella parte a valle la regolazione sarà realizzata con uno sbarramento basato su moduli a scomparsa composto da paratoie scorrevoli verticalmente che potranno occludere in maniera progressiva la sezione.

La regolazione di monte verrà realizzata utilizzando il manufatto di attraversamento esistente, un ponte a campata unica dotato di un passaggio di servizio sulla sponda destra.

Il funzionamento del manufatto avverrà sulla base di due componenti diverse:

- una ostruzione permanente posta sul fondo dell'alveo e costituita da materiale naturale (rocce o legname). Questa parte è necessaria per ottenere un innalzamento locale dei livelli di piena e avvicinare il pelo dell'acqua all'intradosso del ponte che altrimenti ne rimarrebbe troppo lontano. L'ostruzione fissa comporterà un leggero innalzamento dei livelli di magra a monte con beneficio per la falda e per la fauna ittica, che potrà transitare senza problemi essendo previsti passaggi di fondo, pur senza aggravare le condizioni di deflusso della piena:



essa è infatti concepita per far defluire la portata duecentennale (120 mc/s) mantenendo pressoché inalterati i livelli di piena a monte del ponte;

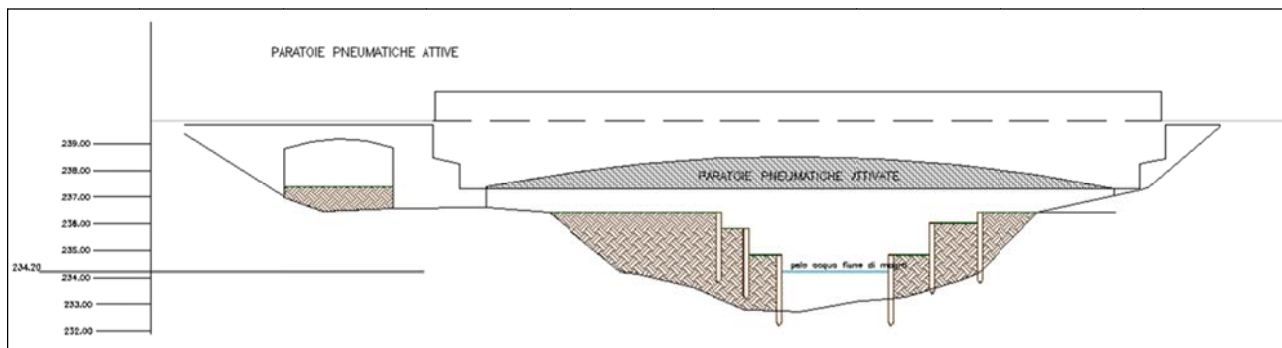


Figura 15 – Sezione del ponte di monte (vista da valle)

- una ostruzione mobile affissa all'intradosso del ponte e costituita da un sistema pneumatico di palloni che gonfiandosi ostruiranno una ulteriore parte della sezione, mentre in condizioni di riposo rimarranno nascosti sotto il ponte. Questa parte è necessaria per ottenere l'innalzamento dei livelli di piena alle quote attuali per le portate previste dall'Autorità di Bacino nelle condizioni finali di assetto (circa la metà di quelle attuali) e mantenere così i volumi di laminazione che rischierebbero di essere perduti. L'ostruzione mobile quindi in condizioni ordinarie non opererà e verrà attivata solamente per raggiungere i livelli attuali di piena duecentennale qualora sia necessario accumulare volumi nell'area poco urbanizzata posta a monte. Le dimensioni dell'apertura regolata dall'ostruzione pneumatica sono state concepite per consentire il transito della portata duecentennale in corrispondenza di questa sezione (120 mc/s) con i livelli attualmente previsti e a palloni completamente sgonfi;

Il manufatto sarà anche pronto per accogliere l'assetto progettuale previsto dall'Autorità di Bacino; in particolare sarà possibile, grazie alla configurazione più ostruita possibile, far transitare le portate di progetto (70 mc/s in questa sezione) mantenendo i livelli previsti per lo stato di fatto e quindi conservando le aree di naturale espansione.

La regolazione di valle verrà invece realizzata costruendo un nuovo manufatto di attraversamento ciclopeditone a circa 20 m di distanza a valle del ponte di Fornacetta costituito da due campate. Il nuovo manufatto sarà dotato di paratoie, due per ogni campata, che scorrendo verticalmente potranno ostruire la sezione fino all'apertura desiderata dal gestore con una certa flessibilità di



manovra. Ogni campata sarà dotata di una coppia di paratoie scorrevoli su due piani verticali differenti in modo da consentire configurazioni in cui le paratoie si presentino da completamente sovrapposte (minimo ingombro, quindi minima ostruzione) a completamente affiancate (massimo ingombro, quindi massima ostruzione) con tutte le possibilità intermedie. Il ponte collegherà una pista ciclopedonale che nella parte terminale del bacino fungerà anche da sfioratore di sicurezza per l'intero invaso.

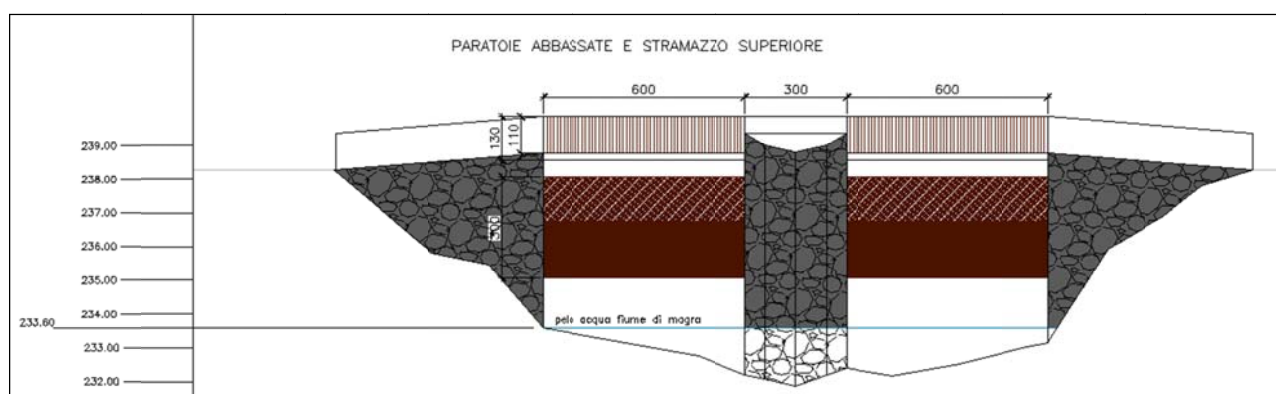


Figura 16 – Sezione del ponte di valle (vista da monte)

Il sistema potrà funzionare sia a battente, nel caso che il livello dell'acqua non superi il ciglio superiore delle paratoie, sia a battente e a stramazzo, nel caso che il livello dell'acqua superi il ciglio superiore delle paratoie sormontandole. Non è previsto invece il funzionamento solamente a stramazzo dal momento che richiederebbe la completa chiusura dell'apertura sul fondo dell'alveo, configurazione considerata non esente da rischi, al punto che gli stessi binari sui quali scorreranno le paratoie saranno dimensionati per non consentire il battimento delle paratoie sul fondo.

Nonostante quest'ultima limitazione questa soluzione consentirà una notevole flessibilità di gestione; in particolare è stato verificato che:

- per quanto riguarda lo stato di fatto per la piena duecentennale (a questa sezione corrispondente ad un colmo di portata pari a 135 mc/s), a paratoie completamente sollevate si può ottenere una condizione praticamente identica in termini di livelli a monte, ovvero è garantita l'invarianza idraulica allo stato attuale;
- il mantenimento dei livelli previsti allo stato di fatto per l'evento duecentennale, pur diminuendo le portate (a questa sezione sono previsti 65 mc/s come previsto dall'assetto definitivo dello studio AdB), sarà possibile ostruendo parzialmente la sezione idraulica del ponte ciclopedonale attraverso l'abbassamento delle paratoie.



Naturalmente la flessibilità del sistema consentirà una ulteriore gamma di regolazioni per ottenere risultati differenti a seconda delle differenti esigenze del bacino a valle. Sarà possibile invasare fino ai livelli di piena duecentennale anche portate inferiori a quelle previste dall'assetto di progetto (65 mc/s) ovvero si potrà decidere di non utilizzare l'invaso e conferire tutte le portate afferenti verso valle.

La scelta poi di realizzare il nuovo ponte regolato a valle di quello esistente di Fornacetta, nasce dall'esigenza puramente strutturale di preservare la stabilità del ponte storico esistente. Infatti si è dimostrato che, al passaggio di una portata uniforme pari a 65 mc/s, il ponte di Fornacetta verrà sollecitato allo stato di progetto, da una velocità pari a circa la metà rispetto a quella che si verificherebbe allo stato attuale nelle stesse condizioni di portata.

Per quanto infine i sistemi di regolazione non andranno a influire negativamente sulla sicurezza idraulica delle aree di monte regolate, considerando che presentandosi le portate corrispondenti ad un tempo di ritorno duecentennale sarà possibile mantenere i corrispondenti livelli previsti dall'Autorità di Bacino, si ritiene utile completare il quadro progettuale apportando elementi lineari di difesa di alcune aree abitate per diminuirne il già esistente rischio idraulico per gli eventi di piena superiore ai 200 anni. Verranno pertanto previste alcune linee di difesa per una lunghezza oggi sommariamente stimabile in 1500 metri che interesseranno l'abitato di Gaggio in comune di Nibionno ed il nucleo abitato di Fornacette in comune di Veduggio con Colzano. Per la definitiva soluzione si rimanda ad ulteriori approfondimenti idraulici volti ad appurare l'effettivo e puntuale stato di rischio di ciascun'area.

2.2.1 Metodologia di analisi

Per l'analisi si è fatto uso di un modello idraulico ricavato dai dati riportati dall'Autorità di Bacino del fiume Po nello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali ed artificiali all'interno dell'abito idrografico della pianura Lambro-Olona" del 2003, tagliato su un area d'interesse oggetto del presente progetto. Nei paragrafi seguenti si riportano in sintesi gli aspetti salienti relativi al citato modello e l'applicazione che se ne è fatta per il lavoro in oggetto.

Per la costruzione del suddetto modello è stato utilizzato il software HEC-RAS, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dello U.S. Army Corps of Engineers, il quale permette di simulare la propagazione delle onde di piena in corsi d'acqua naturali attraverso la risoluzione delle equazioni di conservazione dell'energia e della continuità della massa.



2.2.1.1 Dominio di calcolo

Per lo studio degli effetti prodotti dai due sistemi di controllo, realizzati sui due ponti già esistenti lungo l'asta del fiume, sul regime idraulico del Lambro, il modello utilizzato si estende dal ponte della S.S. 342 in via Magni (sez. 124.3 bis da modello AdB) fino alla sezione in località Fornaci a monte della confluenza con la Bevera di Renate (sez. 118 da modello AdB).

Il dominio è stato così scelto per rappresentare il tratto fluviale di monte che si ritiene venga interessato dal profilo di rigurgito generato dalle opere in progetto mentre verso valle da tutta la regione fluviale in cui è lecito aspettarsi di risentire degli effetti delle manovre degli organi di controllo per un totale di circa 60 sezioni.

A supporto delle informazioni morfologiche ricavate dalle sezioni dello studio dell'Autorità di Bacino, le stesse sezioni sono state verificate grazie alla realizzazione di un rilievo di dettaglio dell'area oggetto d'interesse. E a tal proposito la verifica ha portato a buoni risultati che non hanno richiesto l'adeguamento dei nodi delle sezioni, fatta eccezione per l'area in corrispondenza del ponte di via Magni ad Inverigo (di seguito chiamato per semplicità Ponte Victory), in cui è emersa una non conformità tra la sezione ricavate dallo studio AdB e quella ottenuta dal rilievo. Questa discrepanza è stata giustificata con l'effettiva datazione delle informazioni a disposizione dello studio di AdB; informazioni che in generale si possono considerare attendibili lungo l'asta fluviale, la dove non si è in presenza di discontinuità quali ponti soglie e traverse, ma che potrebbero essere alterate per effetto della dinamicità dell'assetto morfologico in prossimità delle stesse discontinuità. Per risolvere queste discrepanze si è proceduto modificando la sezione in corrispondenza del Ponte Victory, per ciò che compete la morfologia del terreno, secondo quanto ottenuto dal rilievo.

In questa fase progettuale, si è comunque ritenuto valido il modello ottenuto secondo quanto appena descritto, allo stesso tempo si è però dell'idea che in una fase successiva del progetto, occorra aggiornare la topografia delle sezioni trasversali del modello con le informazioni desunte da un modello digitale del terreno da farsi ad hoc.

Nelle figure seguenti si riportano a titolo esplicativo le immagini dell'area modellata con Hec-Ras.

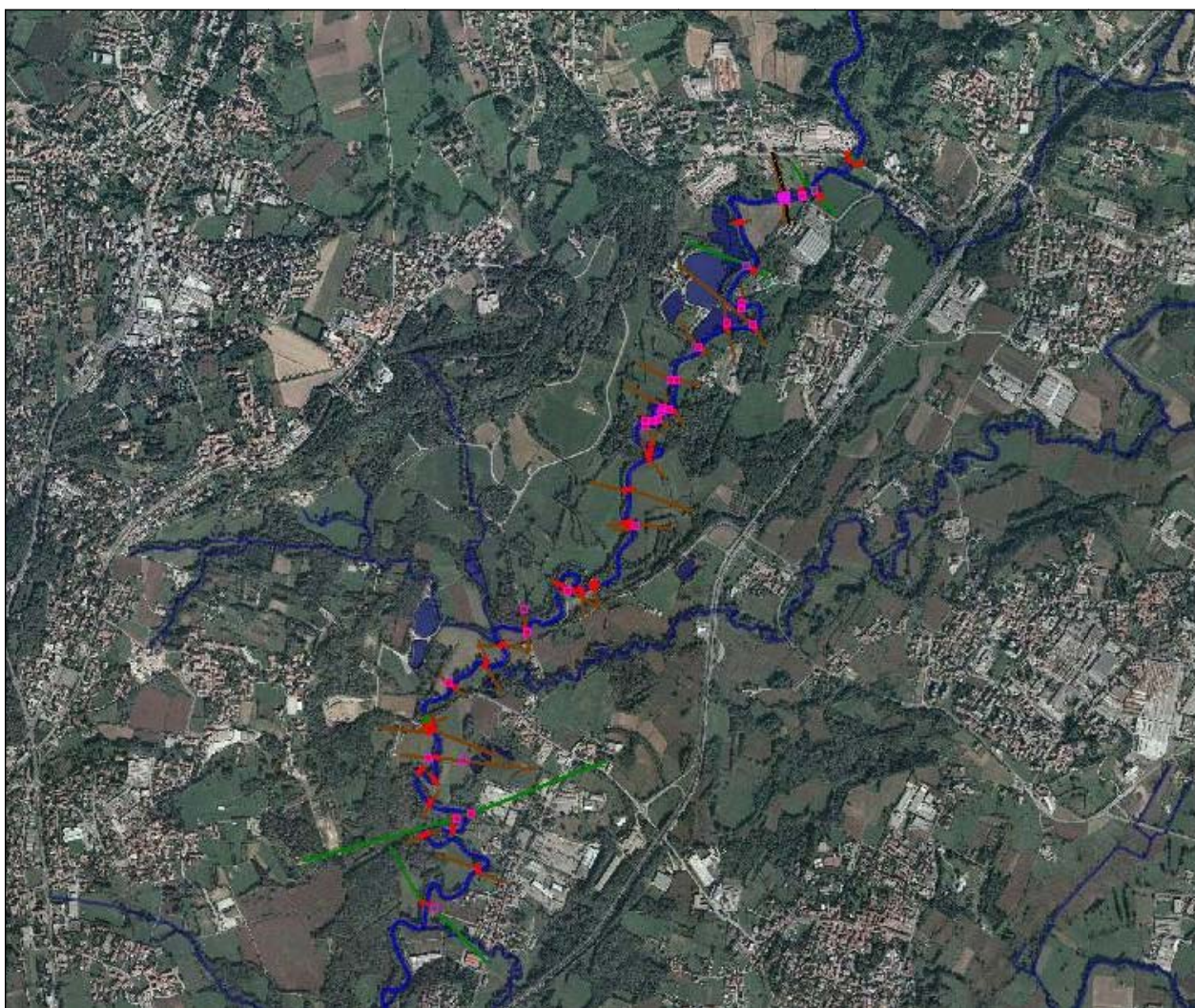


Figura 17 – Vista in pianta su base ortofoto dell’area modellata con HEC-RAS

A tale geometria è stata affiancata una “mappa delle macroscabrezze” appositamente realizzata per tutta l’estensione dell’area di studio e definita sulla base di quanto fatto nello studio dell’AdB del 2003.

I valori di scabrezza utilizzati sono stati i seguenti, dove n corrisponde alla scabrezza di Manning:

Tratto fluviale	n effettivo
Alveo ordinario	0.03-0.025
Golene e rami laterali	0.050-0.075

Tabella 1 - Valori di scabrezza associati ai diversi tratti fluviali



2.2.1.2 Condizioni al contorno

Come anticipato nel capitolo precedente, il modello di calcolo fa riferimento ai dati richiamati nello studio dell'Autorità di Bacino e dato che lo scopo principale di questo preliminare è quello di ottenere dei risultati in termini di livelli invasati, a monte delle opere di regolazione progettate, confrontabili con quanto ottenuto nelle simulazioni del predetto studio, è doveroso riportare brevemente quanto indagato nello studio del 2003 dall'AdB.

Generalità dello studio AdB del 2003. L'interpretazione delle dinamiche idrologico-idrauliche dell'asta fluviale del fiume Lambro analizzata nello studio AdB è stata condotta attraverso una modellazione afflussi-deflussi che ha consentito di riprodurre sia la situazione in atto sia gli effetti derivanti dai diversi possibili scenari di intervento. Ai fini della modellazione, l'asta del Lambro ed i suoi affluenti principali sono stati suddivisi in una serie di sottobacini.

Si vuole precisare come la scelta del livello di dettaglio dei sottobacini sia risultata molto importante, dal momento che aumentando tale dettaglio si riduce l'incertezza legata alla modellazione afflussi-deflussi dei fenomeni idrologici di formazione della piena nei sottobacini, inevitabilmente di tipo concettuale; nel caso dello studio AdB, l'ampiezza dei sottobacini è stata commisurata al livello di complessità degli stessi, ove possibile nel rispetto del limite di superficie di 10 km².

Le onde di piena dei singoli sottobacini sono state quindi ottenute, a causa dell'assenza di significative serie storiche di misure di portata, mediante una procedura indiretta che, partendo dall'analisi probabilistica degli eventi pluviometrici intensi e tramite un modello distribuito di trasformazione afflussi meteorici – deflussi, fosse in grado di tener conto della varia morfologia del bacino e della diversa urbanizzazione dei territori. Tali modelli di trasformazione, unitamente al modello idraulico dell'asta del Lambro sono stati validati con i dati relativi all'evento di piena verificatosi nella seconda metà del mese di novembre 2002, del quale si disponeva di discrete ed attendibili registrazioni di piogge e portate in alcuni punti del bacino.

Tra i diversi tipi di piogge sintetiche utilizzate nella progettazione di opere idrauliche, è stato poi utilizzato lo ietogramma Chicago, le cui caratteristiche principali sono: andamento temporale non costante dell'intensità di precipitazione, caratterizzato in particolare dalla presenza di un picco d'intensità posto all'interno della durata complessiva dell'evento e che separa due rami rispettivamente crescente, prima del picco, e decrescente, dopo il picco, aventi andamento esponenziale; congruità tra le intensità medie dello ietogramma e quelle definite dalla curva di



possibilità pluviometrica per qualsiasi durata parziale attorno al picco minore o uguale a quella dello ietogramma complessivo.

Lo ietogramma Chicago presenta molteplici vantaggi largamente messi in luce dagli studi specializzati di settore. Si deve peraltro ricordare che lo ietogramma Chicago, poiché rispetta la curva di possibilità pluviometrica per ogni durata parziale, è caratterizzato da un tempo di ritorno maggiore di quello nominale, con conseguente sovrastima dell'onda di piena. Tale sovrastima è stata valutata positivamente dallo studio AdB, perché trattando il campo della pianificazione, ha ritenuto corretto lavorare con delle valutazioni a carattere prudenziale, tenendo conto delle inevitabili approssimazioni di tutte le elaborazioni idrologiche.

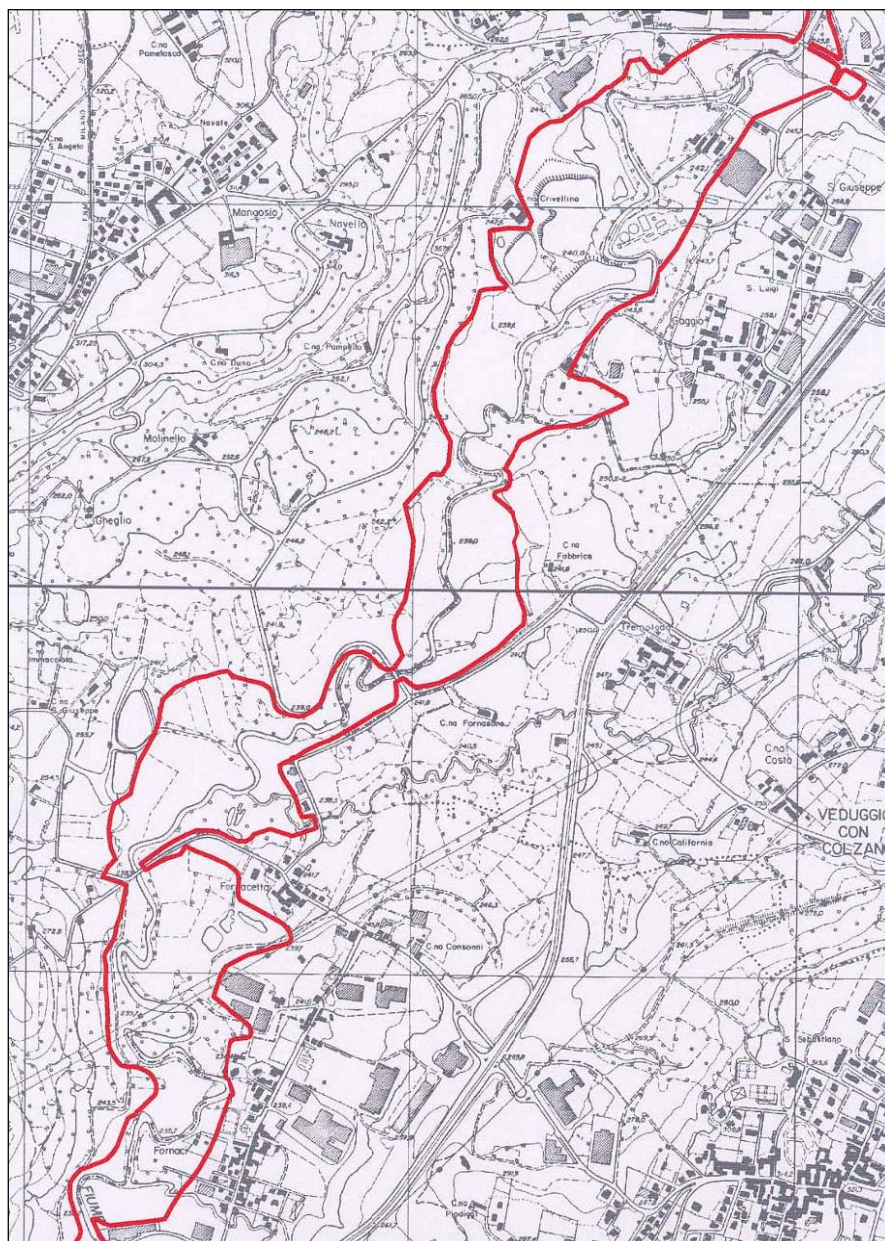


Figura 18 – Area di esondazione per T200 nei comuni di Inverigo, Nibionno e Veduggio



La caratterizzazione della dinamica fluviale è stata poi indagata sia in occasione di onde di piena sintetiche associate a eventi di 10, 200 e 500 anni di tempi di ritorno, sia in occasione dell'evento reale verificatosi nel mese di novembre 2002 utilizzato per la taratura del modello.

Per una rappresentazione di tale dinamica è stato creato un modello idraulico utilizzando il codice di calcolo MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute. All'interno del modello idraulico del Lambro sono state anche inserite ulteriori sezioni atte a rappresentare alcuni affluenti dello stesso (ad esempio la Bevera di Molteno e il torrente Gandaloglio) ed alcune strutture di particolare interesse modellistico.

In ultimo le onde di piena ottenute dalla modellazione afflussi-deflussi sono state introdotte nelle simulazioni di moto vario del modello idraulico di MIKE o in modo concentrato, in corrispondenza delle sezioni di confluenza di altri corsi d'acqua e dei principali scaricatori di piena delle reti fognarie, o in modo distribuito in corrispondenza dei bacini naturali afferenti direttamente all'asta principale.

Risultati ed osservazioni modello AdB. Dal confronto del valore del livello idrico calcolato nelle diverse sezioni con le sezioni rilevate e con la cartografia aerofotogrammetrica comunale a scala 1:2.000, sono state perimetrate le aree di allagamento per i tempi di ritorno $T=10$ anni, $T=200$ anni e $T=500$ anni. La perimetrazione ha tenuto anche conto di tutte le informazioni acquisite tramite sopralluoghi diretti o desunte dalle informazioni storiche.

Tra i risultati ottenuti nello studio AdB, è utile mettere in rilievo quanto riscontrato nel Comune di Inverigo, in cui si nota l'unica area di rilievo (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.) attualmente esistente in cui avviene l'esondazione naturale delle piene del Lambro e che pertanto deve essere assolutamente mantenuta ai fini della regimazione del Lambro verso valle. Infatti la laminazione degli affluenti non avrebbe effetti positivi se non combinata con il progressivo controllo della portata defluente a valle della confluenza della Bevera di Renate.

Nella condizione attuale, si è riscontrato che, con riferimento all'evento duecentennale, l'effetto limitante del ponte (sez. LA 120.1 AdB) determina allagamenti diffusi nell'area a monte con volume di laminazione utile pari a 800.000 m^3 ed una portata verso valle pari a circa $130 \text{ m}^3/\text{s}$.

Con riferimento alle opere future previste dallo studio AdB, nell'ottica di un miglioramento delle dinamiche fluviali, opere che in particolare consistono unicamente in un adeguamento delle strutture del medesimo ponte in modo da realizzare un'opera di controllo, che tengano conto della contemporanea presenza delle laminazioni indotte dalle previste casse di Merone e Molteno,



si prevede un mantenimento per l'evento duecentennale dei medesimi livelli idrici di allagamento dello stato attuale, senza quindi creare ulteriori vincoli sul territorio rispetto a quelli già esistenti, ma una limitazione del colmo di portate verso valle a circa $65 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.2.1.2.1 Onde di piena sintetiche Tr200

Riprendendo quanto fatto dallo studio AdB, nel presente progetto preliminare, si è voluto realizzare un modello idraulico che faccia riferimento al solo evento duecentennale, ritenuto più gravoso per la rappresentazione dell'evento. Di seguito si riportano le onde sintetiche associate sia a due sottobacini dell'asta del Lambro che al bacino della Bevera di Veduggio, così come calcolate dallo studio AdB del 2003, utilizzate come condizioni al contorno nella modellazione idraulica.

Bacino LAM6. Il bacino LAM6 rappresenta il bacino diretto del Lambro compreso tra il ponte della strada SS-342 (sezione LA 124.3 AdB) e la confluenza con la Bevera di Veduggio (sezione LA 120.3 AdB), ha un'estensione di circa 10.93 km^2 e comprende parte del territorio dei comuni di Lurago d'Erba e Veduggio con Colzano. Tale bacino è mediamente urbanizzato ed i versanti sono mediamente acclivi, pertanto il comportamento idrologico è di tipo naturale.

Dall'analisi del modello afflussi-deflussi di tale sottobacino di seguito si riporta l'idrogramma in uscita, riportato in Figura 19, che ha una portata al colmo pari a $36 \text{ m}^3/\text{s}$ e un volume complessivo pari a circa 0.8 milioni di metri cubi.

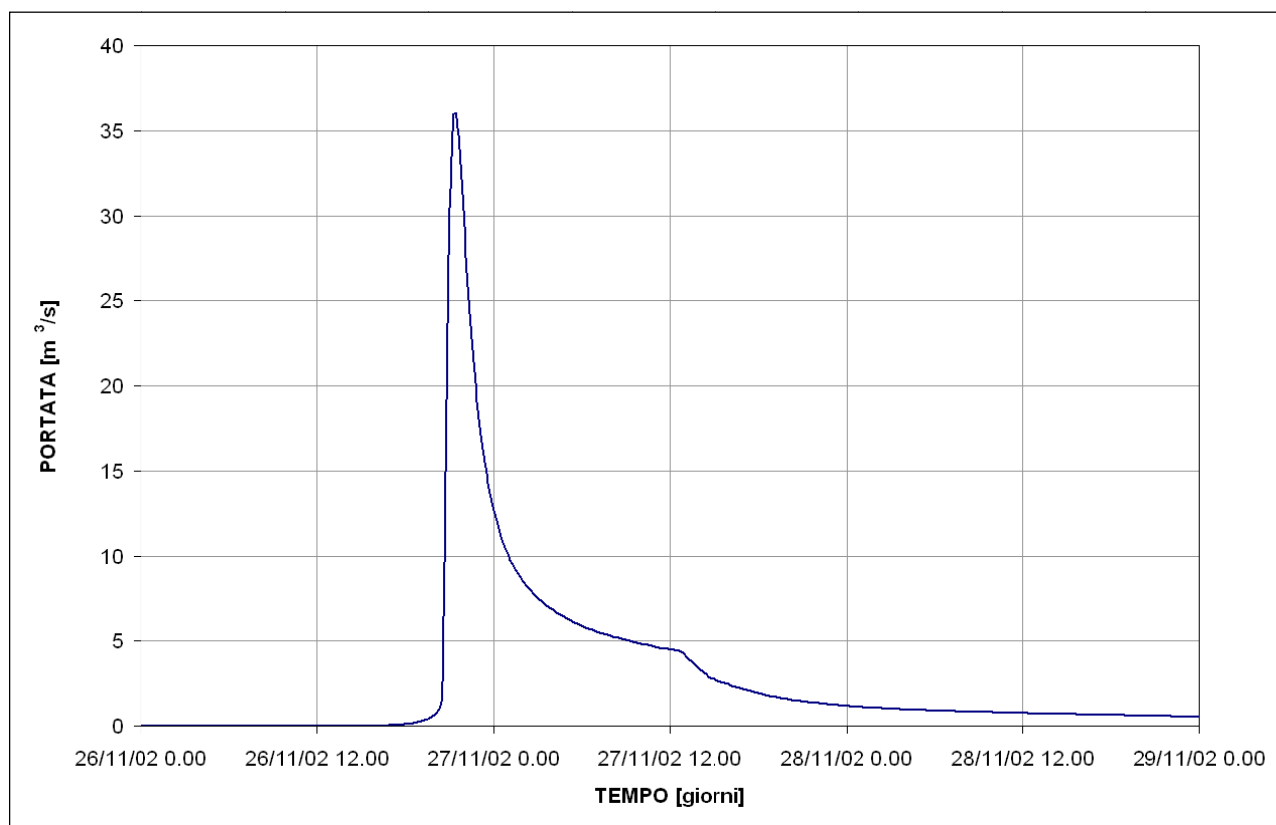


Figura 19 – Idrogramma sintetico sottobacino LAM6

Bacino BEV2. Il bacino BEV2 rappresenta il bacino della Bevera di Veduggio o Bulciago, affluente sinistro del Lambro, ha un'estensione di circa 18 km² e comprende parte del territorio dei comuni Veduggio con Colzano, Cassago, Bulciago e Barzago. Tale bacino è mediamente urbanizzato ed i versanti sono mediamente acclivi.

Dall'analisi del modello afflussi-deflussi di tale sottobacino di seguito si riporta l'idrogramma in uscita, riportato in Figura 20, che ha una portata al colmo pari a 36.7 m³/s e un volume complessivo pari a circa 1.4 milioni di metri cubi.

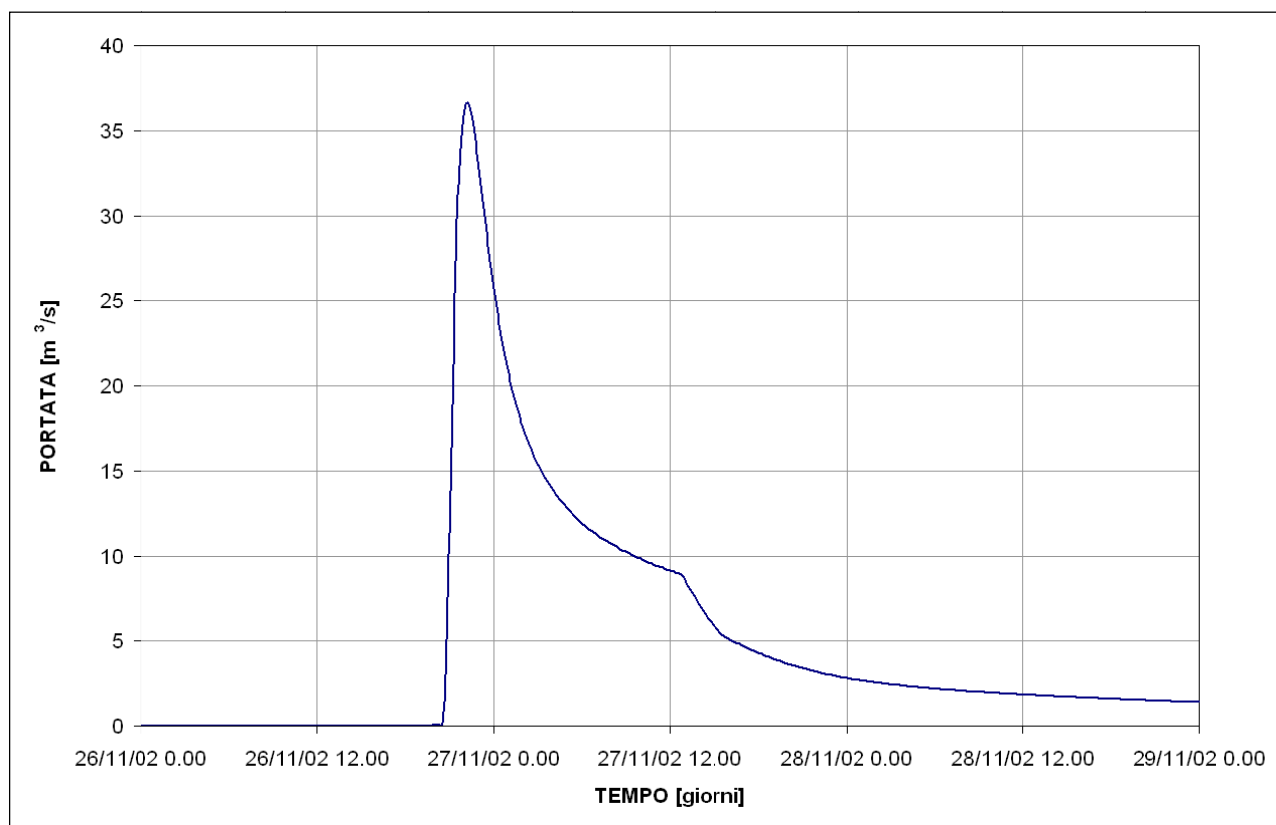


Figura 20 – Idrogramma sintetico sottobacino BEV2

Bacino LAM7. Il bacino LAM7 rappresenta il bacino diretto del Lambro compreso tra la confluenza con la Bevera di Veduggio (sezione LA 120.3i AdB) e la confluenza con la Bevera di Renate (sezione LA 118 di AdB), ha un'estensione di circa 4.6 km² e comprende parte del territorio del comune di Inverigo. Tale bacino è mediamente urbanizzato ed i versanti sono mediamente acclivi.

Dall'analisi del modello afflussi-deflussi di tale sottobacino di seguito si riporta l'idrogramma in uscita, riportato in Figura 21, che ha una portata al colmo pari a 17.3 m³/s e un volume complessivo pari a circa 0.3 milioni di metri cubi.

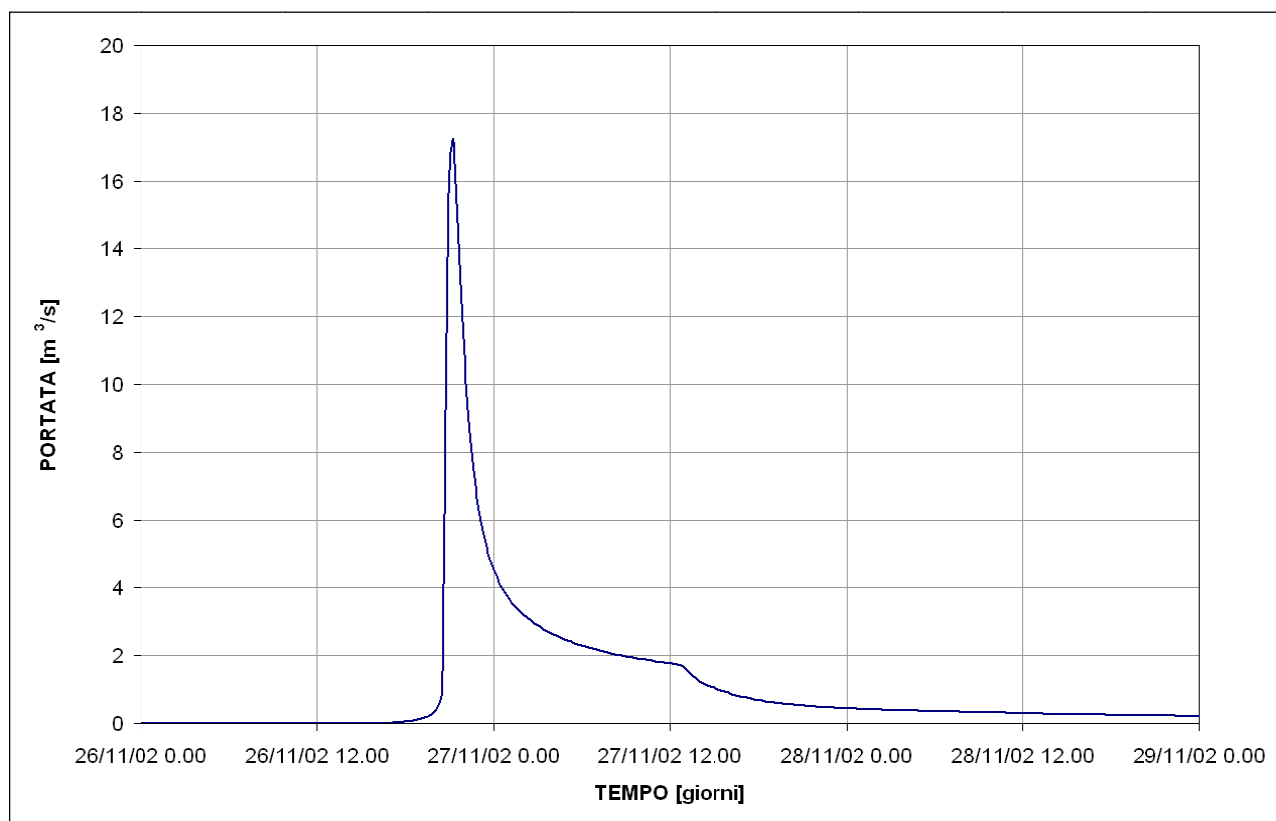


Figura 21 – Idrogramma sintetico sottobacino LAM7

In particolare le onde così recuperate, sono state introdotte nelle simulazioni di moto vario del modello idraulico di HecRas o in modo concentrato, in corrispondenza della sezione di confluenza della Bevera di Bulciago, o in modo distribuito in corrispondenza dei bacini naturali afferenti direttamente all'asta principale del Lambro.

2.2.1.2.2 Onde di piena Tr200 modello MIKE

Come condizioni al contorno di monte e di valle del modello di HecRas sono stati inseriti gli idrogrammi così come calcolati al modello idraulico MIKE dello studio AdB, nell'intento di riportarsi nelle medesime condizioni iniziali in merito a quella che è la condizione attuale dello stato di fatto.

Di seguito si riportano gli idrogrammi dell'evento duecentennale riferiti rispettivamente alla sezione di monte e a quella di valle del modello di HecRas. Si vuole precisare, che per una maggiore robustezza del modello si è inserito per la sezione di valle anche l'andamento dei livelli nel tempo.



Sezione 124.31 di HecRas. Sezione a monte del modello di Hec-Ras, in corrispondenza del ponte sulla S.S. 342

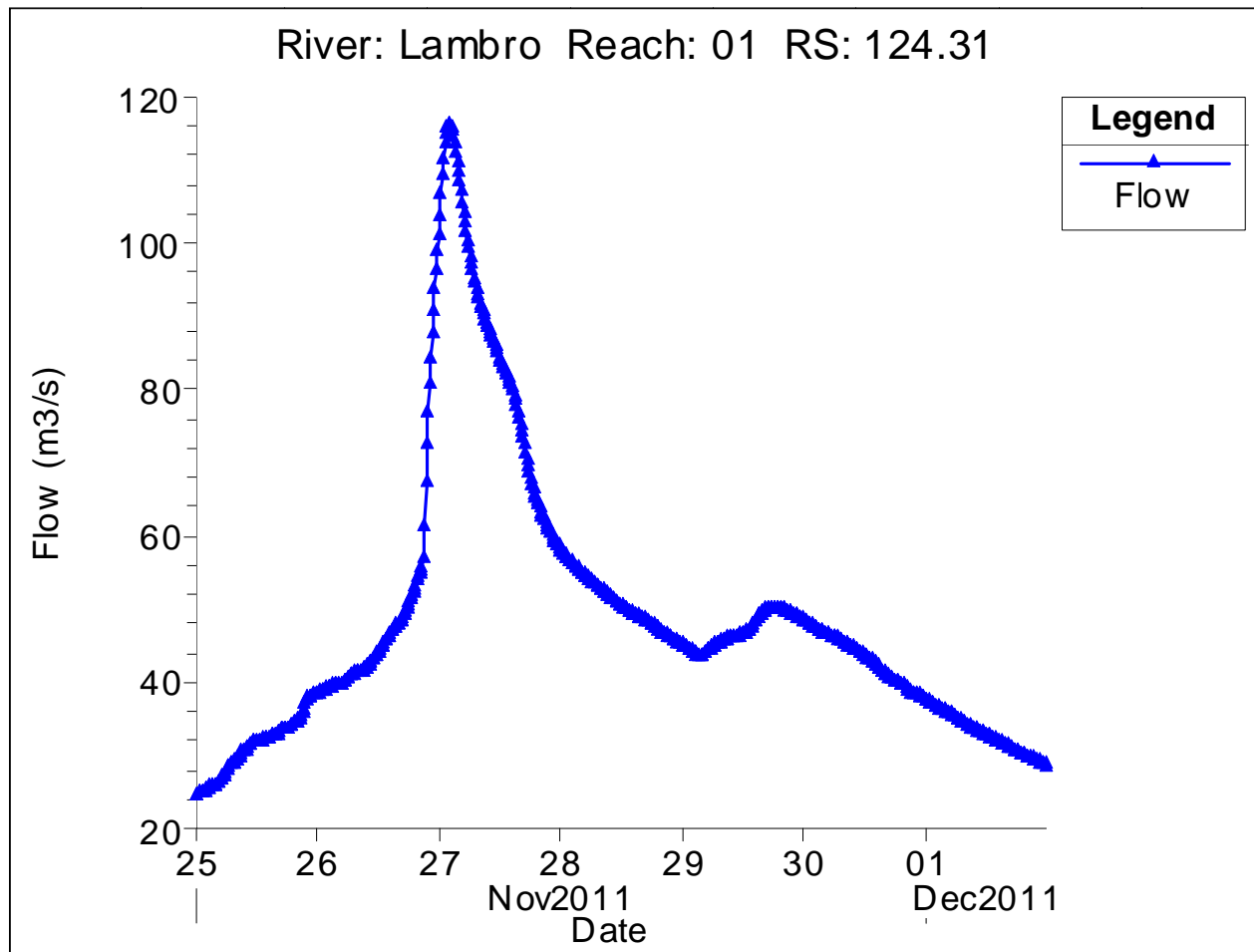


Figura 22 – Idrogramma sezione 124.31 di Hec-Ras ricavato dal modello di MIKE dello studio AdB

Sezione 118 di HecRas. Sezione a valle del modello di Hec-Ras, in località Fornaci a monte della confluenza con la Bevera di Renate.

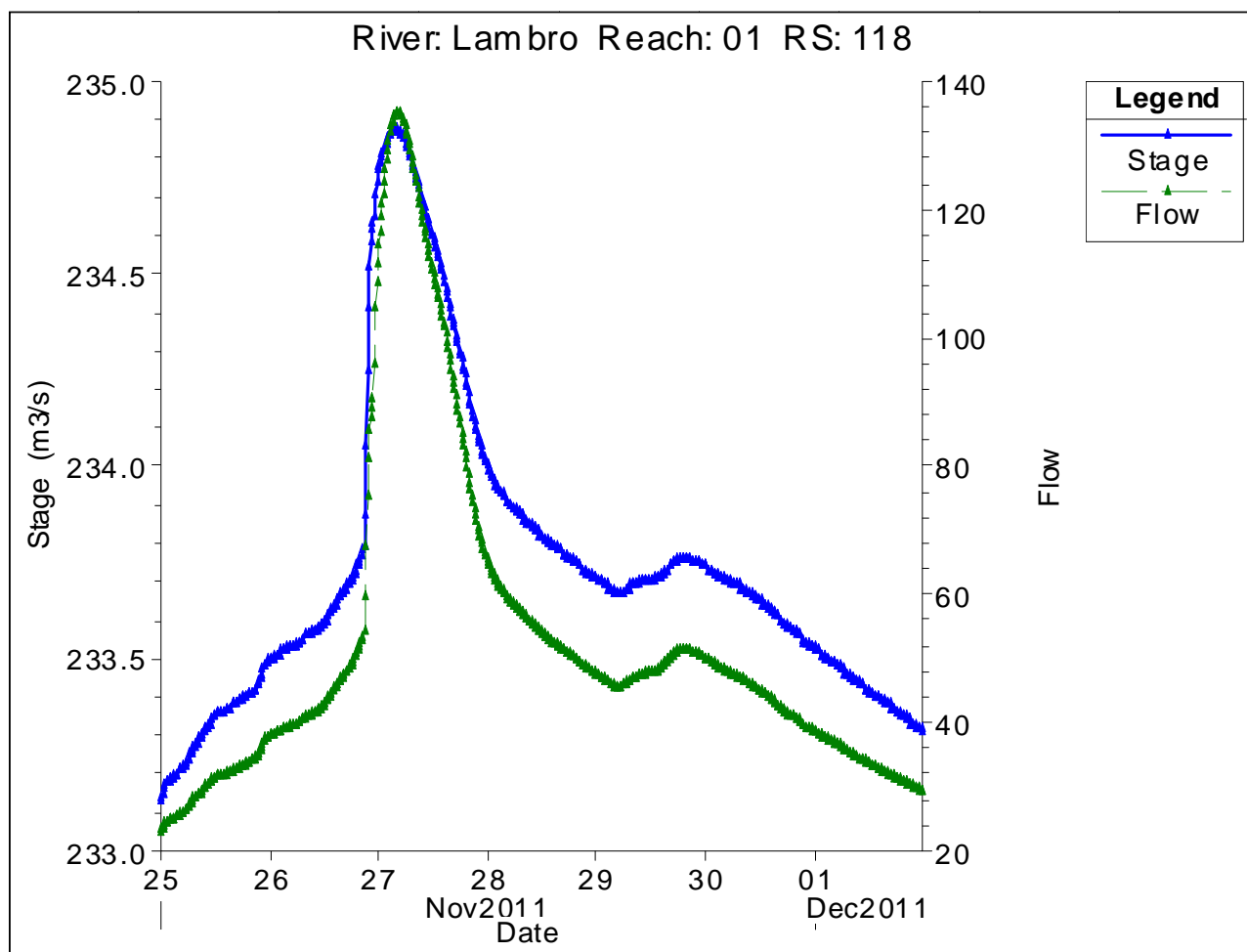


Figura 23 – Idrogramma ed andamento livelli sezione 118 di Hec-Ras ricavato dal modello di MIKE dello studio AdB

2.2.1.3 Schematizzazione opere in progetto

Le opere di regolazione progettate e per la cui descrizione si rimanda al capitolo precedente, sono state schematizzate nel modello idraulico di HecRas, rispettivamente come una traversa avente due bocche a battente divise da una pila centrale, per il ponte pedonale a valle di quello di Fornacetta e con una seconda traversa dotata di una serie di aperture di fondo, che vanno a simulare la conformazione di progetto, che prevede un restringimento della sezione di passaggio utile sotto il ponte della Victory.

Di seguito si riporta il dettaglio della schematizzazione delle due opere di progetto.

2.2.1.3.1 Ponte ciclopedonale di Fornacetta

La sezione di riferimento del ponte pedonale è stata posizionata circa 20 m a valle del ponte di Fornacetta; tale soluzione presenta un doppio vantaggio: da una parte, di poter sfruttare l'infrastruttura esistente come opera di contenimento, che funga da filtro per il materiale in



sospensione trasportato dalla corrente durante l'evento di piena; dall'altra, di non sovrasollecitare il ponte storico di Fornacetta con correnti di natura veloce, generate a valle di un eventuale restringimento della sezione utile del corso d'acqua. Tale soluzione progettuale in più risulta essere un buon compromesso in termini di non alterazione della dinamica fluviale, dal momento che la traversa va a posizionarsi a valle dell'attuale ponte, non alterando la capacità di invaso del sistema a monte, nell'ipotesi in cui non ci fosse alcun tipo di regolazione sull'organo in progetto. In altri termini l'opera, se non utilizzata non determina modificazioni rilevanti sui livelli e l'onda di piena transiterà indisturbata, con la stessa entità rilevabile allo stato attuale.

Il ponte, come già anticipato, è stato schematizzato come una traversa avente quota d'estradosso pari alla quota del piano viabile di progetto (238.70 m s.l.m.), dotata di due luci a battente larghe 6 m, divise simmetricamente da una pila centrale larga 3 m. Ciascuna luce a sua volta è stata pensata come l'accoppiamento di due paratoie sovrapposte, in grado di avere un funzionamento indipendente l'una dall'altra, in modo da simulare al meglio la condizione progettuale di due organi in grado di traslare lungo l'asse verticale. Ciascuna luce è quindi stata implementata nel modello di HecRas come un doppio gates: il primo alto 4.2 m avete quota di fondo pari a 233.30 m s.l.m. e posizionato nella parte inferiore della sezione; il secondo alto 1 m con quota di fondo pari a 237.50 m s.l.m. e posizionato nella parte superiore della sezione (Figura 24).

Nella modellazione è stato sufficiente impostare una legge per descrivere il funzionamento dei gates che prevedesse la simultaneità di comportamento rispettivamente tra le due coppie inferiori e le due superiori. Tale configurazione ha così permesso di sviluppare una molteplicità di casistiche, simulando al meglio le numerose posizioni raggiungibili dalla regolazione delle paratoie di progetto.

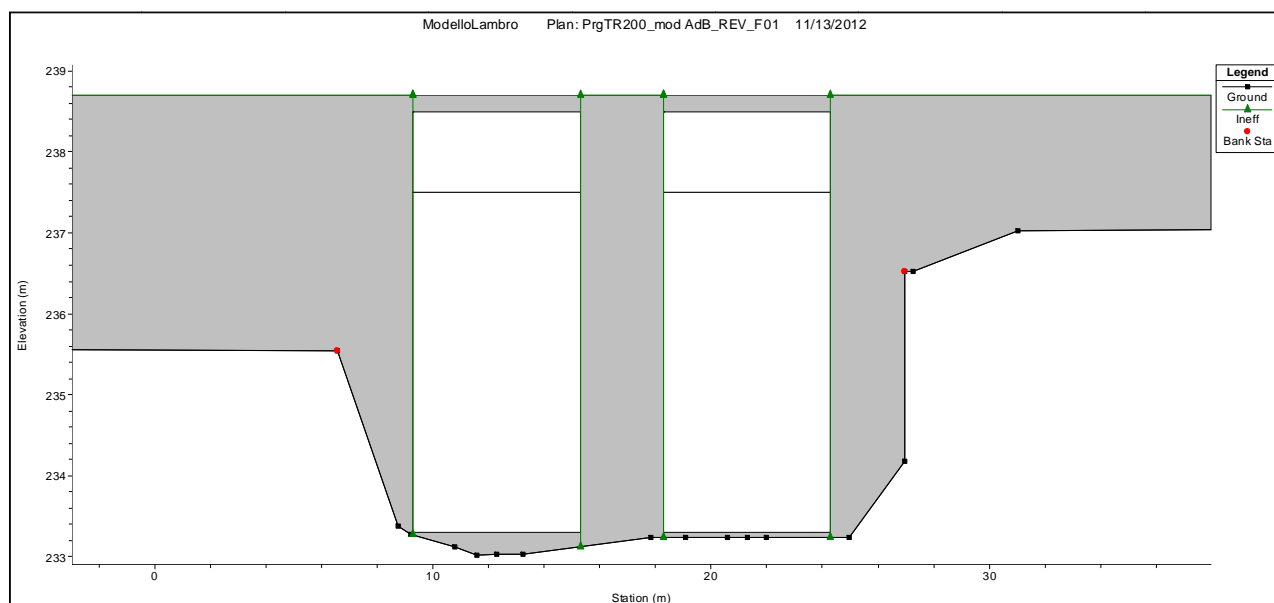


Figura 24 – Sezione geometrica del ponte pedonale di progetto vista da monte (modello HecRas)

Di seguito si riporta una casistica indagata, nella quale è stata impostata una chiusura parziale dei gates inferiori, mantenendo completamente aperti i gates superiori.

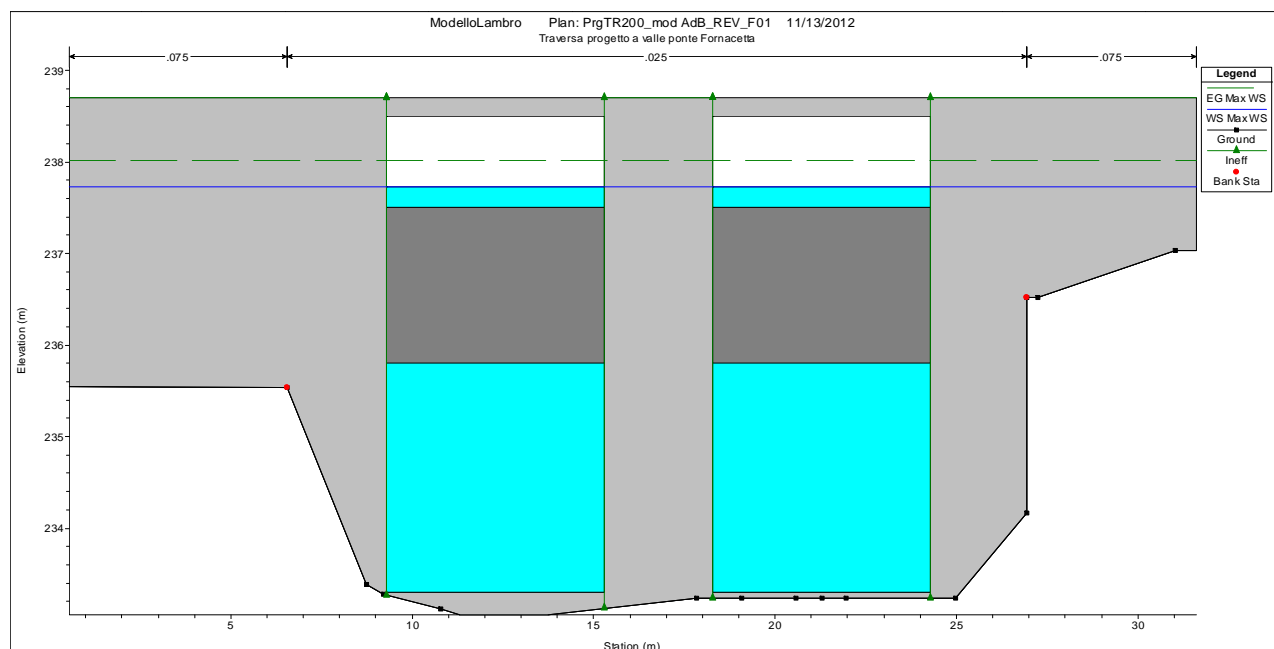


Figura 25 – Ipotesi di funzionamento del ponte pedonale di progetto (modello HecRas)



2.2.1.3.2 Ponte Victory

Come anticipato sopra, il ponte Victory è stato interessato nel presente progetto preliminare, dall'azione combinata di un intervento mirato al restringimento della sezione utile di passaggio sotto il ponte e dal posizionamento di un organo di regolazione costituito da una camera d'aria incernierata sulla sommità dell'intradosso del ponte attuale. Il restringimento previsto, come descritto nel capitolo precedente, con la riprofilatura dell'alveo in corrispondenza del ponte mediante il posizionamento di una doppia palificata in legno, è stato schematizzato con la realizzazione di una serie di aperture lungo il corpo centrale della traversa-ponte Victory. Tali aperture sono state implementate dal modello idraulico come una serie di gates sovrapposti lungo la verticale, aventi dimensioni decrescenti dal fondo dell'alveo all'estradosso del ponte. Diversamente da quanto visto per il ponte pedonale, in questo caso le leggi di funzionamento dei gates sono state mantenute sempre invariate, ovvero si è ipotizzato di mantenere sempre aperti i gates, simulando così lo stato di progetto di una nuova riprofilatura trasversale della sezione.

La camera d'aria posizionata sull'intradosso del ponte, è stata invece schematizzata come un gate di dimensioni esattamente uguali a quelle della lunghezza attuale tra le due spalle del ponte e con un'altezza di 1 m. In questo caso la regola di funzionamento per tale organo è stata impostata in modo da simulare la completa attivazione della camera d'aria al passaggio dell'evento duecentennale.

Oltre a quanto già descritto, è stato poi inserito un ulteriore gate che ha semplicemente la funzione di rappresentare l'apertura esistente in sponda destra idraulica. A tale apertura è stata implementata una legge di funzionamento che consiste nel mantenere parzialmente chiusa la luce, trascurandone così il contributo della stessa in termini di volumi defluiti a valle della medesima.

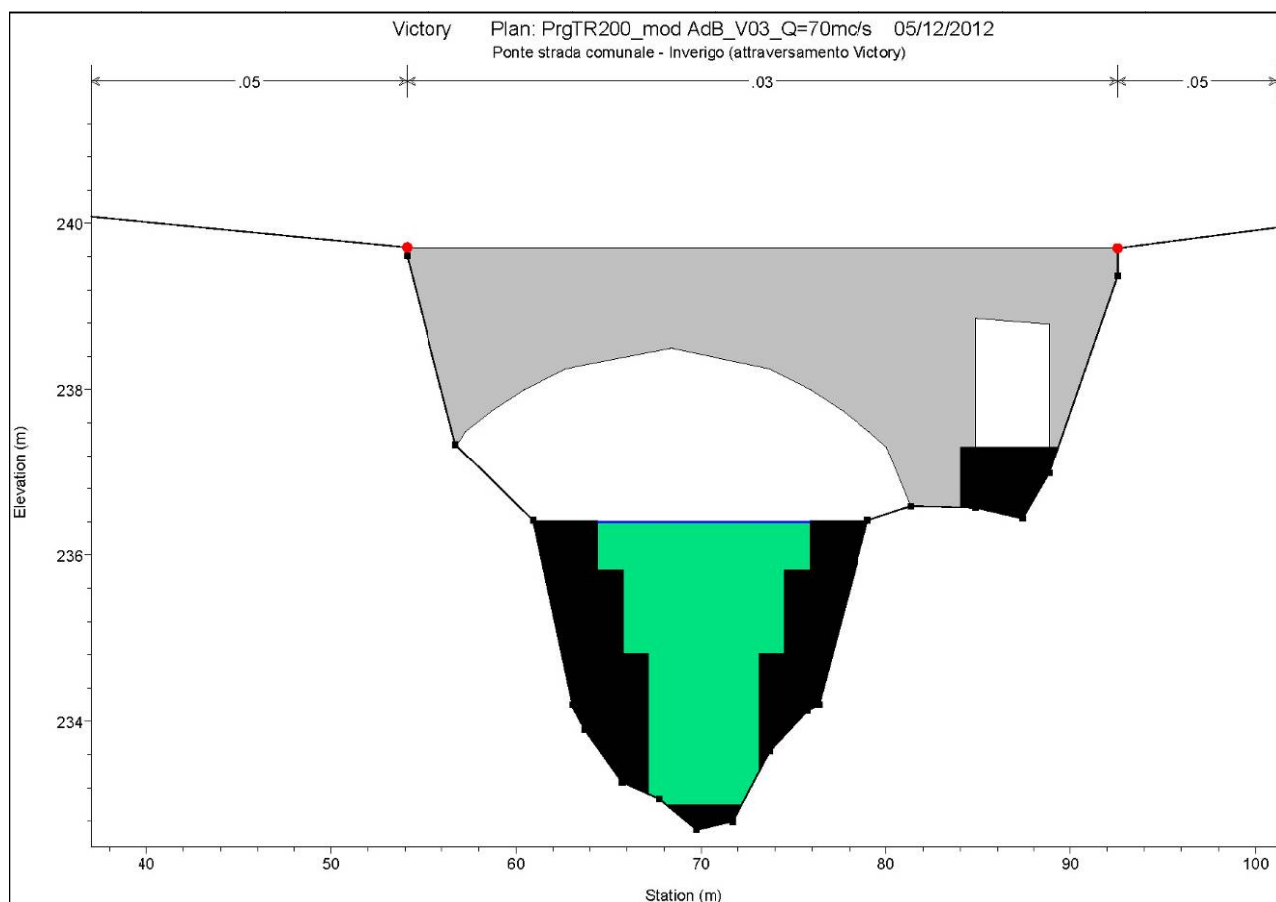


Figura 26 – Ipotesi di funzionamento del ponte Victory (modello HecRas)

2.2.1.4 Simulazioni e risultati

Al fine di valutare l'impatto idraulico dei due interventi sopra descritti, sono state sviluppate alcune simulazioni per valutare l'influenza di ciascuna opera di regolazione sull'andamento di livelli e sui valori di portata che defluiscono a valle delle opere in progetto.

Sono stati realizzati due modelli differenti per valutare l'influenza di ogni singola opera sulle condizioni a monte e a valle di ciascuna.

Sono stati analizzati i seguenti casi:

- condizioni di stato di fatto (nessuna opera aggiunta, condizione di riferimento);
- condizioni di progetto a opera non regolata con Tr200;
- condizioni di progetto a opera regolata con Tr200PR.

Di seguito sono esposti le modellazioni e i risultati ottenuti con il programma di HecRas divisi per ciascuna delle due opere di regolazione.



Si precisa che il modello di HecRas implementato in questa fase si è reso necessario esclusivamente per effettuare alcune valutazioni e considerazioni preliminari sul funzionamento delle strutture di regolazione e la loro influenza sui tratti immediatamente a monte; pertanto non può essere considerato come uno strumento per l'indagine dettagliata del comportamento del fiume in tutte le sezioni indagate e la sua aderenza ai risultati dell'AdB non sono sempre garantiti. A supporto dell'utilità di questo modello per le suddette considerazioni preliminari, si osserva, nelle condizioni di stato di fatto, quanto segue:

- nel tratto compreso tra i ponti di Fornacetta e quello Victory il modello HecRas sottostima i corrispondenti livelli di Adb per valori in media di circa 40 cm;
- nel primo tratto a monte del ponte Victory il modello HecRas approssima molto bene i corrispondenti livelli di Adb, sottostimandoli al massimo di 20 cm;
- nei tratti a valle del ponte di Fornacetta e all'inizio del modello l'affidabilità è molto bassa a causa della vicinanza delle condizioni al contorno.

2.2.1.4.1 Ponte ciclopeditone di Fornacetta

Rispetto alle condizioni di stato di fatto (rappresentate dalla linea azzurra – SDF modello) la nuova struttura del ponte ciclopeditone non influisce, in termini di livelli, sul deflusso della piena duecentennale ottenuta con il modello di HecRas (linea gialla – NO regolazione); ovvero la piena duecentennale, nel caso che le paratoie siano completamente sollevate, si manifesta con le medesime condizioni idrauliche (livelli e portate) che si presenterebbero oggi.

Per simulare l'assetto definitivo è stato invece valutato il transito di una portata costante pari a quella di progetto prevista dallo studio Adb (65 mc/s – rappresentata dalla linea verde – MAX Regolazione) che, per presentarsi nell'area tra il ponte di Fornacetta e quello della Victory con livelli vicini a quelli dello stato di fatto ottenuti con il modello di HecRas (rappresentate dalla linea azzurra – SDF modello), necessita di una movimentazione delle paratoie che ostruiscano parzialmente la sezione e creino un adeguato rigurgito a monte. Si osserva però, relativamente all'area tra i due ponti di Fornacetta e Victory, come nelle condizioni di assetto definitivo previsto da Adb (65 mc/s, linea verde – MAX Regolazione) il modello di HecRas preveda rispetto allo stato di fatto (linea azzurra – SDF modello) valori più alti di circa 40 cm in media; questo fa da contraltare ad un comportamento analogo nei livelli previsti dall'autorità di bacino, secondo la



quale in condizioni di assetto definitivo previsto da AdB (rappresentate dalla linea rossa – Prog AdB) tra i due ponti di Fornacetta e Victory i livelli si innalzerebbero di circa 20 cm rispetto allo stato di fatto (linea blu – Sdf AdB).

In figura 27 vengono riportati i risultati delle simulazioni effettuate in relazione al ponte ciclopedonale di Fornacetta.

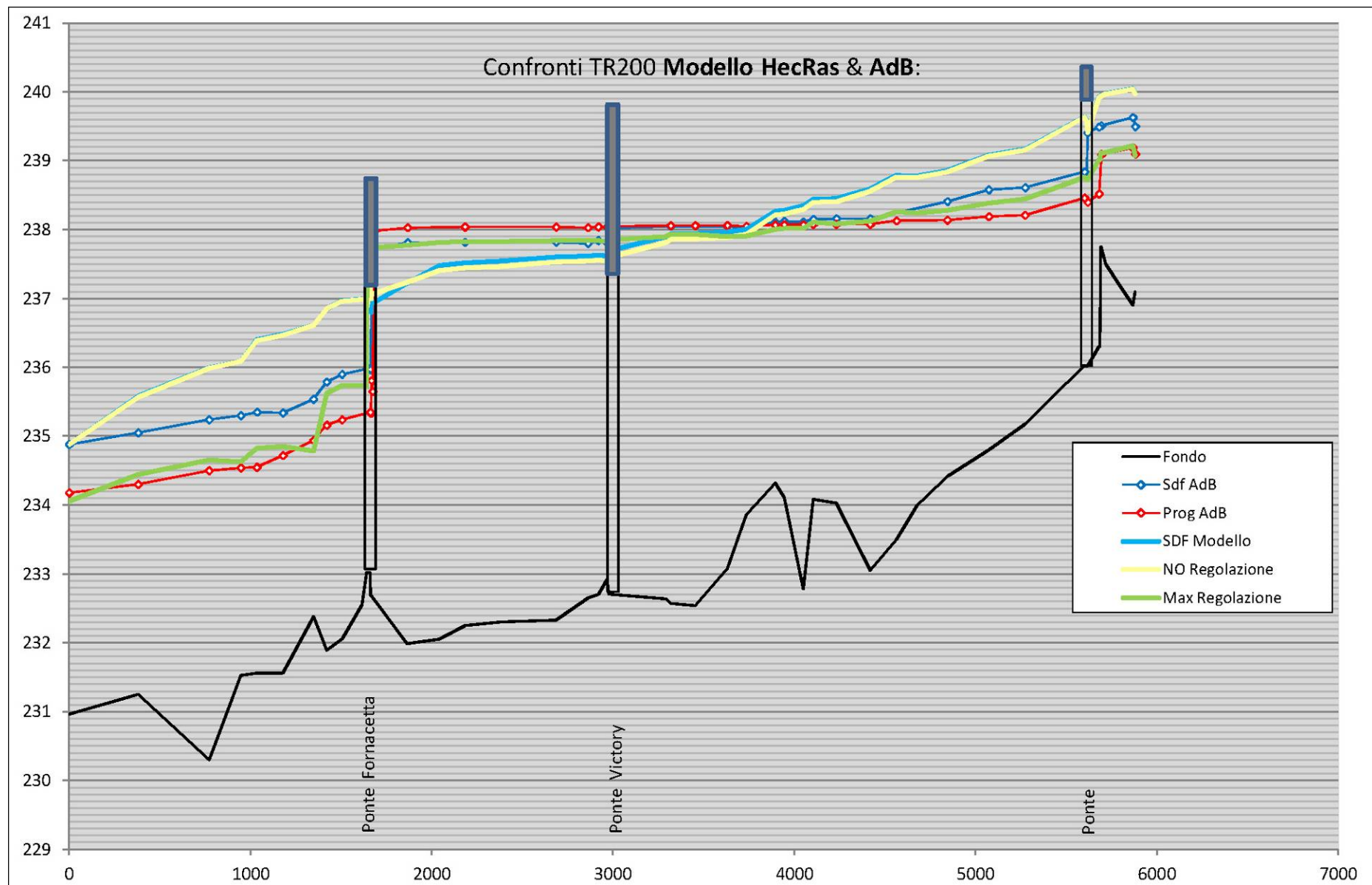


Figura 27 – Risultati confronto Modello HecRas con AdB con il progetto del ponte ciclopodonale

2.2.1.4.2 Ponte Victory

Rispetto alle condizioni di stato di fatto l'ostruzione fissa influisce sul deflusso della piena duecentennale con un innalzamento massimo di 20 cm (confronto linea azzurra – SDF modello con linea gialla – NO Regolazione) e poco cambia in caso di attivazione delle strutture pneumatiche (linea arancio – Max Regolazione TR200). Il massimo si verifica qualche decina di metri a monte del ponte e diminuisce mano a mano fino ad annullarsi presso il ponte della Como – Bergamo.

Per simulare l'assetto definitivo è stato quindi valutato il transito di una portata costante pari a quella di progetto (70 mc/s). Si osserva che in tali condizioni (linea verde – Max Regolazione TR200PR) non è possibile ottenere l'instaurazione dei livelli attuali corrispondenti alla piena duecentennale, ma solamente un innalzamento generalizzato dei livelli a monte. Questo risultato fa concludere che:

- la struttura del ponte Victory non è in grado di ottenere da solo l'effetto di mantenere, nelle condizioni di assetto definitive, i volumi compresi fino alla sua sezione di chiusura;
- chi può governare in maniera completa il comportamento dell'intero bacino è la struttura di Fornacetta;
- l'intervento sul ponte Victory può essere invece utilmente finalizzato ad anticipare l'allagamento in sicurezza delle aree poste più a monte, quelle meno urbanizzate, per meglio sfruttare i volumi a disposizione ancorché in maniera non completa.

In figura 28 vengono riportati i risultati delle simulazioni effettuate in relazione alle strutture installate sul ponte Victory.

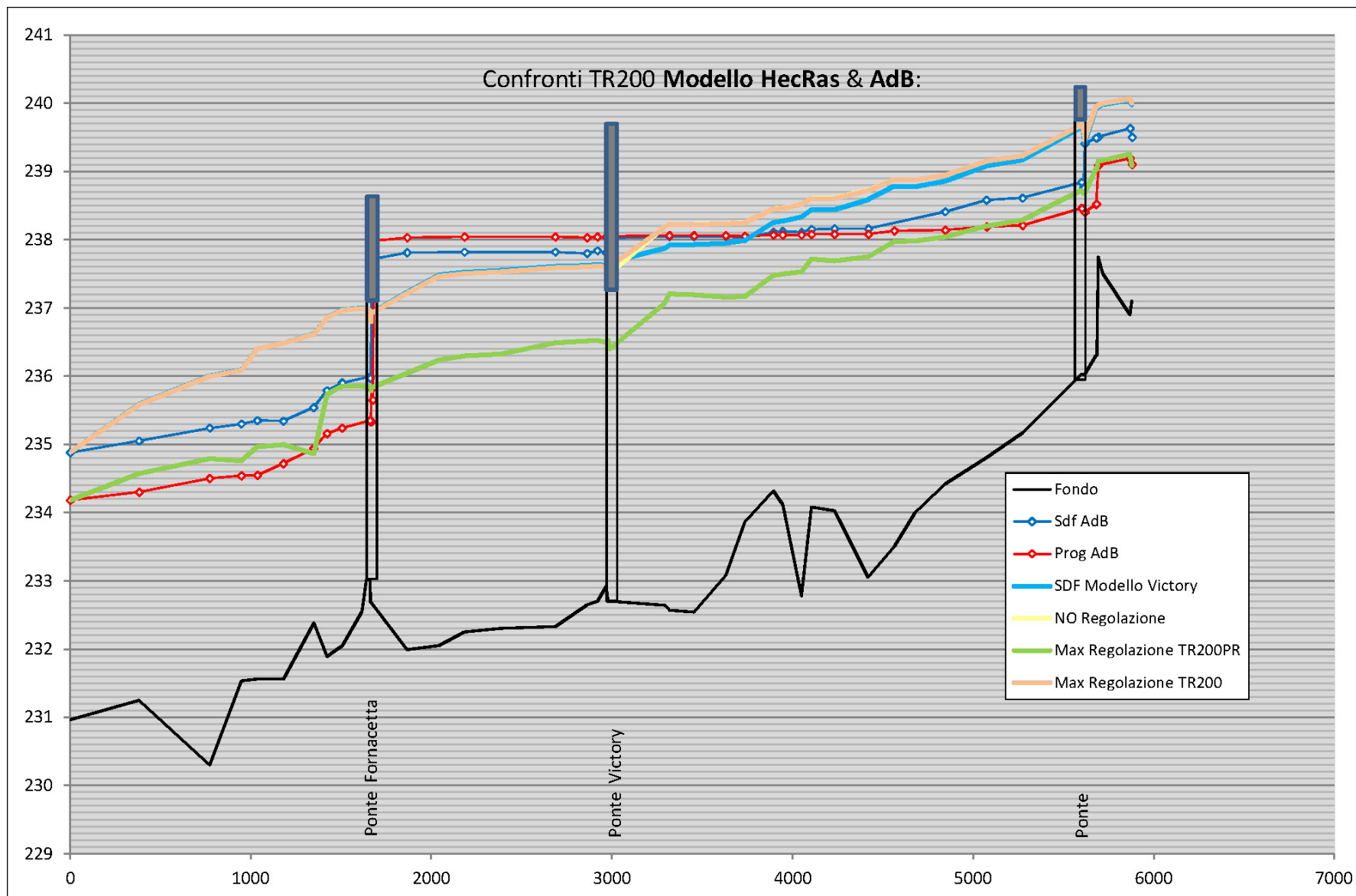


Figura 28 – Risultati confronto Modello HecRas con AdB con il progetto del ponte Victory

3. RELAZIONE GEOLOGICA

Il territorio brianzolo è compreso, dal punto di vista geografico, tra le Prealpi meridionali a Nord, il fiume Adda ad Est e grosso modo il corso del fiume Seveso ad Ovest.

Il suo limite inferiore giace a circa 150 m sul livello del mare all'altezza di Monza mentre quello superiore supera di poco gli 800 m con il monte Crocione e il San Genesio sopra Colle Brianza. I principali elementi geografici di questo territorio sono i quattro laghi rispettivamente di Annone, di Pusiano, di Alserio e di Montorfano, l'asse vallivo del fiume Lambro con le piccole valli laterali di alcuni suoi affluenti di sinistra e i due rilievi principali di Montevecchia e del S. Genesio oltre alle modeste colline glaciali che sfumano via via verso la pianura monzese.

I centri abitati più importanti sono Monza, Cantù ed Erba ed essi racchiudono una delle aree più popolate e industrializzate d'Italia e forse d'Europa.

3.1 GEOLOGIA DELLA BRIANZA

Fino a 250 milioni di anni fa (quindi nel Permiano) l'area corrispondente alla zona brianzola era emersa, come oggi, ma con un clima molto caldo ed umido.

Con il Triassico (tra i 250 e i 200 milioni di anni fa) tutta l'area delle Alpi meridionali fu invasa dal mare. Si formarono così scogliere e piattaforme carbonatiche tra loro separate da piccoli bacini marini.

Le rocce Triassiche delle Prealpi lombarde costituenti gruppi montuosi (come le Grigne, l'Arera, la Presolana, il Resegone e l'Aben) si sono formate in gran parte in zone tropicali e in ambienti di questo tipo: sono quindi piattaforme carbonatiche e scogliere coralline fossili.

Con l'inizio del Giurassico (circa 150 milioni di anni fa) si ebbe un drastico cambiamento, sia in termini fisiografici sia climatici, pertanto sedimentologici, in connessione con l'apertura dell'Oceano Atlantico che portò alla separazione tra Europa e Americhe e con l'allargamento del mar della Tetide posizionato tra Africa ed Eurasia.

Nel Cretaceo Superiore-Terziario (da 95 a 1,8 milioni di anni fa) sia il tipo di sedimentazione sia il contesto tettonico (cioè l'assetto strutturale a grande scala) mutarono nuovamente a causa dell'avvicinamento dell'Africa all'Europa, con movimenti compressivi che portarono alla nascita delle Alpi e degli Appennini. Così, mentre a nord si ebbe la formazione embrionale dell'arco alpino, l'area corrispondente alla Brianza e alla pianura padana si delineò come fossa che sprofondò per



Con il Quaternario (da 1,8 milioni di anni fa ad oggi) continuò la deposizione di sedimenti in mare e il Golfo Padano venne completamente colmato lasciando il posto alle terre emerse. Nel Quaternario, a causa di forti ciclici deterioramenti climatici a scala mondiale, dai rilievi alpini scesero grandiose lingue glaciali.

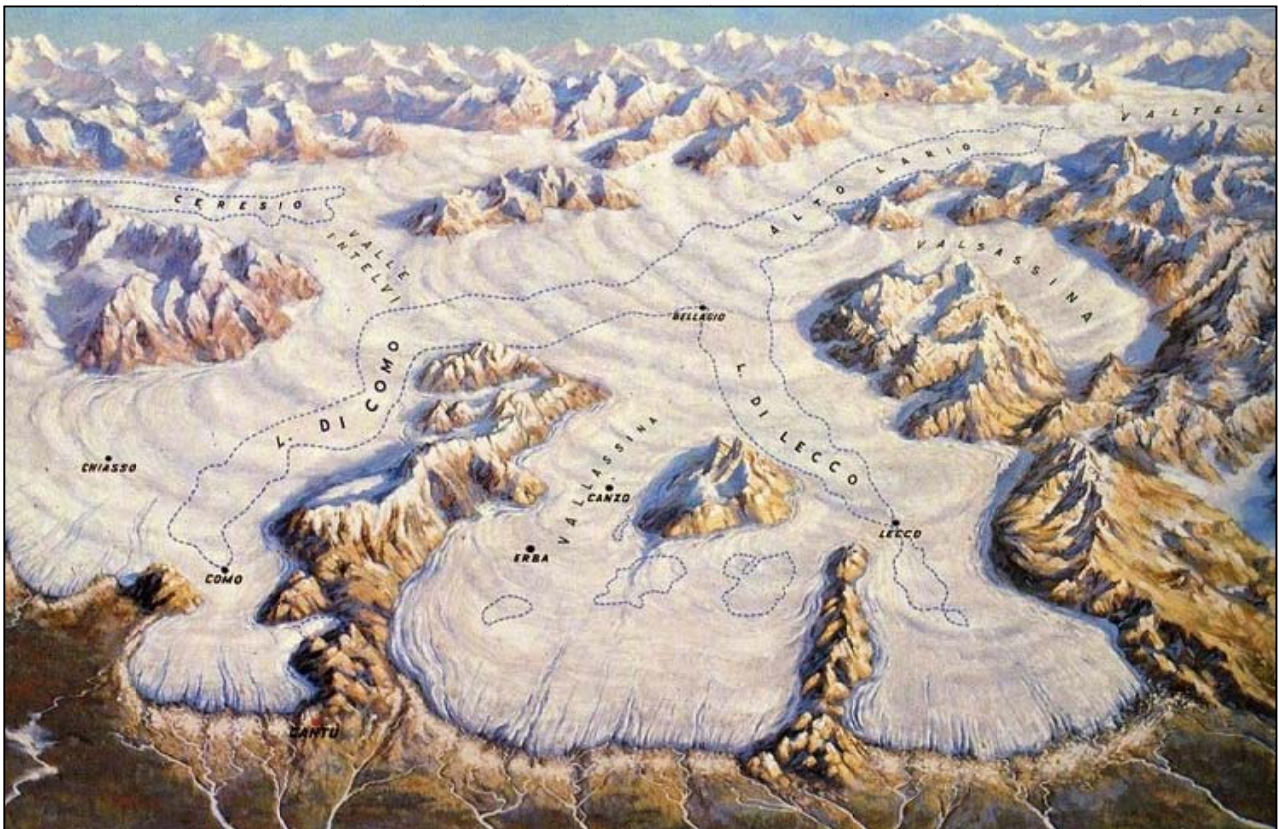


Figura 29: Rappresentazione grafica delle lingue glaciali del lago di Como, che nella parte meridionale hanno coinvolto e modellato anche la Brianza (Giorgio Acherman, Gruppo Naturalistico della Brianza)



Vi furono ripetute avanzate e ritiri dei ghiacciai e oggi nel territorio brianzolo si possono osservare le tracce di tre importanti glaciazioni:

- fase glaciale Mindelliana (da 800.000 a 500.000 anni fa) ;
- fase glaciale Rissiana (da 500.000 a 127.000 anni fa);
- fase glaciale Wurmiana (da 75.000 a 10.000 anni fa).

Testimonianze di queste invasioni glaciali sono i caratteristici depositi e i numerosi cordoni morenici a morfologia collinare sparsi per tutta la Brianza.

Nessun lobo glaciale arrivò però fino al luogo su cui sorge Monza; il lobo che più si approssimò fu quello che depose alla sua fronte quel cordone morenico i cui resti sono ancora ben evidenti a Camparada di Lesmo (attribuibile alla glaciazione Mindelliana), cioè a una distanza di circa 3,5 km dai punti più settentrionali del comune di Monza.

Contemporaneamente e successivamente a ciascuna delle grandi invasioni glaciali, corsi d'acqua che scendevano impetuosi dalle Alpi e dalle Prealpi depositarono le loro ghiaie e sabbie. Si formò in tal modo un materasso di sedimenti alluvionali che costituisce la parte più superficiale della pianura della bassa Brianza.

Gli unici territori a non essere interessati dal glacialismo furono la parte alta della collina di Montevecchia e il rilievo del San Genesio sopra l'abitato di Colle Brianza costituiti da rocce dure e preesistenti all'arrivo dei ghiacciai.

Gli anfiteatri morenici della Brianza. I depositi più antichi riconoscibili, attribuiti tradizionalmente alla glaciazione "Mindel", sono anche quelli più vicini a Monza: il lobo glaciale che più si è avvicinato all'area monzese è quello che ha deposto la cerchia morenica di Camparada. Contemporaneamente alle espansioni glaciali i sedimenti portati dai numerosi corsi d'acqua costruivano le pianure fluvioglaciali.

Oltre ai depositi glaciali superficiali e quindi ai depositi incoerenti o sciolti, in Brianza si rinvennero anche alcune formazioni rocciose. In particolare abbiamo:

- la formazione del "Ceppo" o conglomerato della valle del Lambro;
- le formazioni arenacee e marnose rientranti nel gruppo della Gonfolite.
- le formazioni marnoso-argillose e carbonatiche, tipo la Scaglia Lombarda e la Maiolica.

Il Ceppo del Lambro è un classico conglomerato costituito da clasti prevalentemente di origine sedimentaria a cui si associano graniti e gneiss e che ne costituiscono l'ossatura, e da matrice che fa da legante tra i vari elementi litoidi.



Questa formazione affiora lungo tutto il corso del fiume Lambro ed in particolare a Realdino nei pressi di Carate Brianza, dove ha dato luogo alle grotte omonime.

Le formazioni arenacee, invece, non sono altro che il prodotto della cementazione e della litificazione delle sabbie marine e dal punto di vista geologico sono quindi la prova che una volta la Brianza era occupata da un braccio del mare Adriatico; questa roccia indica infatti un ambiente sedimentario dato da un bacino marino abbastanza profondo (dai 500 ai 1000 m di profondità). Oltre al Ceppo ed alle formazioni arenacee bisogna ricordare anche la Scaglia Lombarda. Quest'ultima è una tipica roccia sedimentaria marnoso-carbonatica e cioè costituita da argille e carbonato di calcio e la sua formazione deve essere avvenuta in ambiente di mare aperto abbastanza profondo. In Brianza essa affiora intorno al lago di Pusiano, sulla collina di Montevecchia e lungo la superstrada Milano-Lecco e viene spesso utilizzata per la produzione di cemento.

3.2 LA VALLE DI INVERIGO

L'area coperta dal presente studio ricade nell'ambito dell'Anfiteatro Morenico Lariano, in cui affiorano i depositi generatisi a seguito dei processi attivi durante le glaciazioni che hanno interessato l'area nel corso del Quaternario. Numerosi sono gli autori che, a partire dal XIX secolo, si sono occupati dell'assetto geologico e geomorfologico (strettamente connessi) dell'area, fornendo ricostruzioni sempre più precise della situazione esistente in questa porzione di Lombardia. Fra questi lavori, i più importanti possono essere considerati quelli di Arturo Riva *“Gli anfiteatri morenici a sud del Lario e le pianure diluviali tra Adda ed Olona”*, pubblicato a Pavia nel 1957, con carta geologica in scala 1:25.000, e quello edito nel settembre del 1973 a cura del Consorzio per l'Acqua Potabile ai Comuni della Provincia di Milano *“Depauperamento delle risorse idriche sotterranee nel comprensorio della Brianza a nord del canale Villoresi”*, con carta geologica in scala 1:50.000; questi lavori giungono a ricostruzioni sostanzialmente analoghe, anche se talora differenti nei particolari, dell'assetto geologico dell'area. Queste documentazioni bibliografiche sono di fondamentale importanza nell'analisi geologica dell'area della Brianza; sono infatti state realizzate in epoche in cui la quasi totale assenza di urbanizzazione e di altre modalità di intervento sul territorio rendevano più agevole il riconoscimento degli elementi geologici e geomorfologici, allo stato attuale frequentemente mascherati dall'intervento antropico.



I lavori degli autori precedenti sono riassunti nella *“Carta Geologica della Lombardia”*, edita nel 1990 a cura del Servizio Geologico Nazionale.

Recentemente i ricercatori del Gruppo Quaternario del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano hanno avanzato (Bini, A. – 1987) una proposta di ridefinizione della nomenclatura delle unità formazionali del quaternario lombardo; tuttavia nella redazione della cartografia prodotta si è preferito adottare la denominazione informale in uso nella bibliografia geologica tradizionale, sia perché maggiormente nota in ambito locale, sia perché tale denominazione è quella che si ritrova nella Carta geologica di riferimento della Lombardia.

Nelle pagine seguenti viene riportata una selezione tratta dalle note illustrative della Carta geologica d'Italia.

3.2.1 Inquadramento geologico

3.2.1.1 Depositi continentali Neogenico- quaternari

Il Foglio 096 - Seregno comprende gran parte dell'Anfiteatro morenico del Lario, edificato, durante le glaciazioni plioquaternarie, dal grande ghiacciaio dell'Adda. Ad ogni glaciazione il ghiacciaio aveva estensione differente, anche se, nelle linee generali, il suo andamento era sempre il medesimo. In considerazione di ciò e per il maggior numero di dati a disposizione si farà riferimento all'ultima glaciazione.

Durante l'ultima glaciazione non esisteva sulle Alpi un'unica calotta glaciale ma grandi ghiacciai vallivi (BINI *et alii* in stampa); uno di questi era il ghiacciaio dell'Adda proveniente dall'alta Valtellina e formato dalla coalescenza di più ghiacciai, i principali dei quali erano il ghiacciaio del Bernina proveniente dalla Valle di Poschiavo, il ghiacciaio dell'Oglio proveniente dall'Aprica, il ghiacciaio Bregaglia proveniente dalla Val Bregaglia ed Engadina e il ghiacciaio della Val San Giacomo.

Questo grande ghiacciaio scendeva lungo la valle del Lago di Como e nella zona di centro lago si divideva in più lingue; una lingua percorreva la Valsassina, una lingua percorreva la Val Menaggio verso il Lago di Lugano, dove entrava in coalescenza con il ghiacciaio del Ticino, una lingua percorreva il ramo di Como del lago e una il ramo di Lecco. Queste ultime due lingue formavano, in area pedemontana, un grande anfiteatro che durante alcune glaciazioni antiche (Glaciazione Bozzente) era unico, mentre durante le glaciazioni più recenti era diviso a formare quattro lobi,



denominati da W verso E Lobo del Faloppio, Lobo di Como, Lobo della Brianza e Lobo di Lecco (Fig. 3).

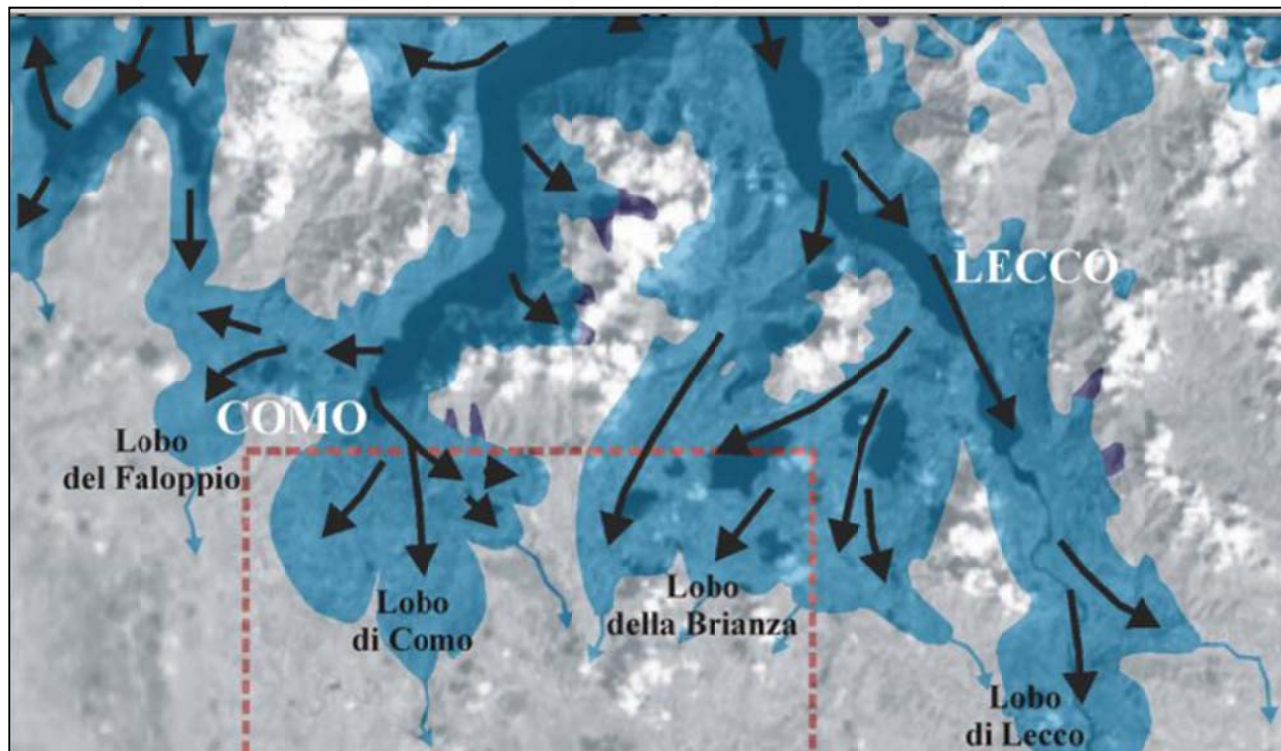


Figura 30: Estensioni verso sud dei ghiacciai di Como e di Lecco nelle ultime glaciazioni

Il Foglio 096 - Seregno comprende marginalmente il Lobo del Faloppio, gran parte dei lobi di Como e della Brianza, mentre il Lobo di Lecco è compreso nel contiguo Foglio 097 - Vimercate. Dalle morene terminali dei lobi dell'anfiteatro si dipartono grandi piane fluvioglaciali che contraddistinguono la parte meridionale dell'area studiata.

3.2.1.2 Substrato roccioso

Il substrato roccioso limita i suoi affioramenti alla parte settentrionale e centrale del foglio. Si riconosce una successione di unità litostratigrafiche cretaco-mioceniche note dalla letteratura.

Nella parte nord-orientale (Brianza lecchese) la classica successione flyschoidale della Bergamasca comprende successioni ritmiche arenaceo-marnose (arenaria di Sarnico, Flysch di Bergamo) alle quali si intercalano corpi grossolani (conglomerato di Sirone) e depositi legati a franamenti sinsedimentari di estensione bacinale (*Megabed* di Missaglia).

Muovendo verso S, tale successione è suturata da emipelagiti (formazione di Brenno e formazione di Tabiago in prevalente facies di "Scaglia"; formazione di Cibrone), che presentano ancora



intercalazioni di cunei clastici grossolani (membro di Montorfano della formazione di Tabiago) e, verso la sommità, di sottili letti piroclastici. L'intera successione, la cui età si estende complessivamente dal Coniaciano all'Eocene Medio (Zone P11-NP15), accompagna una fase di strutturazione precoce dell'orogene alpino. Nella parte nord-occidentale dell'area del foglio affiora invece il Gruppo della Gonfolite Lombarda (Oligocene Sup. – Serravalliano), che rappresenta un imponente apparato clastico marino (conglomerati di Como e Lucino, peliti di Prestino, arenaria della Val Grande) deposto durante una fase di intenso smantellamento della catena Alpina in sollevamento. Vale la pena di sottolineare che l'attribuzione biostratigrafica al Miocene Medio (Langhiano-Serravalliano) dei termini sommitali della Gonfolite è stata verificata nel settore centrale del foglio e confermata per il settore nord-occidentale. Il substrato carbonatico mesozoico (Gruppo del Medolo) trova esigue esposizioni all'estremità settentrionale del foglio, tra Albavilla e Tavernerio.

3.2.2 Caratteri geomorfologici

Il territorio del Foglio 096 - Seregno è localizzato al margine meridionale delle Prealpi lombarde interessate, tra l'Oligocene e il Messiniano, da attività deformativa che ha determinato un sistema di pieghe, faglie e sovrascorrimenti. Le strutture a pieghe che interessano le unità cretache presenti nel settore nord-orientale del foglio si riflettono sulla morfologia dell'area con una successione di colline allungate NW-SE, la cui presenza e disposizione ha spesso condizionato la dinamica dei ghiacciai nelle fasi di ritiro. Le morene risultano spesso edificate sulle pieghe mantenendone la stessa direzione.

Questa zona è separata dalle Prealpi da una depressione strutturale allungata NE-SW che si estende nel sottosuolo fino all'altezza di Montorfano; attualmente sull'asse della depressione sono presenti i laghi di Alserio, Pusiano e Annone. Lungo la depressione sono evidenti attività di neotettonica: sul versante NE della collina di Monguzzo, più ripido rispetto al versante S, come ad indicare una scarpata di faglia, sedimenti (sabbie di Ponte Nuovo) dello Zancleano - Piacenziano sono sollevati a circa 300 metri di quota; evidenze si hanno anche in alcuni tratti del Cosia (OROMBELLI, 1976) e nel contiguo Foglio 075 - Como dove affiorano depositi glaciali verosimilmente pliocenici interessati da faglie inverse (OROMBELLI, 1976; ZANCHI *et alii*, 1997).

Il settore nord-occidentale del foglio, in cui affiora il Gruppo della Gonfolite, è invece caratterizzato dalla presenza di colline arrotondate, la cui morfologia è il risultato dell'alterazione



iniziata nel Messiniano e proseguita fino al Pliocene. Il passaggio dei ghiacciai ha asportato quasi completamente le alteriti formate, lasciandole visibili solo localmente, come a Malnate nei contigui fogli Busto Arsizio e Varese (CORSELLI *et alii*, 1985).

Le colline, nel territorio compreso tra Como, Grandate e Capiago, formano un arco di circonferenza con versante nord-orientale molto ripido; questa disposizione è l'espressione morfologica del Retroscorrimento del M. Olimpino che ha interessato il Gruppo della Gonfolite. L'arco delimita in parte, verso W, il prolungamento della depressione strutturale citata in precedenza. Le colline sono inoltre tra loro separate da un sistema di paleovalli formatesi, in tempi diversi, quando l'Adda percorreva la valle ora occupata dal ramo di Como del Lario, che potrebbe indicare attività recente del sovrascorrimento.

L'influenza che l'assetto strutturale del substrato ha sui caratteri geomorfologici del territorio si manifesta solo nella parte più settentrionale del foglio perchè più prossima al margine prealpino; nel resto del territorio i caratteri morfologici predominanti sono legati invece ai depositi glaciali.

Lo sguardo d'insieme dell'area in studio permette di distinguere quattro aree principali: un'area, ad W e ad E del foglio, con presenza di morene disposte a formare ampi semicerchi denominati Lobo di Como e Lobo della Brianza, un'area meridionale caratterizzata dalla presenza di ampie piane fluvioglaciali e un'area centrale con morene allungate N-S e piane fluvioglaciali.

3.2.2.1 Lobo della Brianza

Il Lobo della Brianza è stato formato dalla lingua glaciale proveniente dal ramo di Lecco del Lario che trasfluiva in territorio brianteo attraverso la sella di Valmadrera (220 m s.l.m.), da Pianrancio (970 m s.l.m.), dal Ghisallo (800 m s.l.m.), dai Piani di Crezzo (800 m s.l.m.) e dalla Valbrona (500 m s.l.m.) scendendo lungo la Valle del Lambro. Le differenze di quota delle trasfluenze facevano sì che il ghiacciaio che scendeva dalla Valle del Lambro fosse di dimensioni minori (ghiacciaio sottoalimentato) rispetto a quello che scendeva dalla Valmadrera.

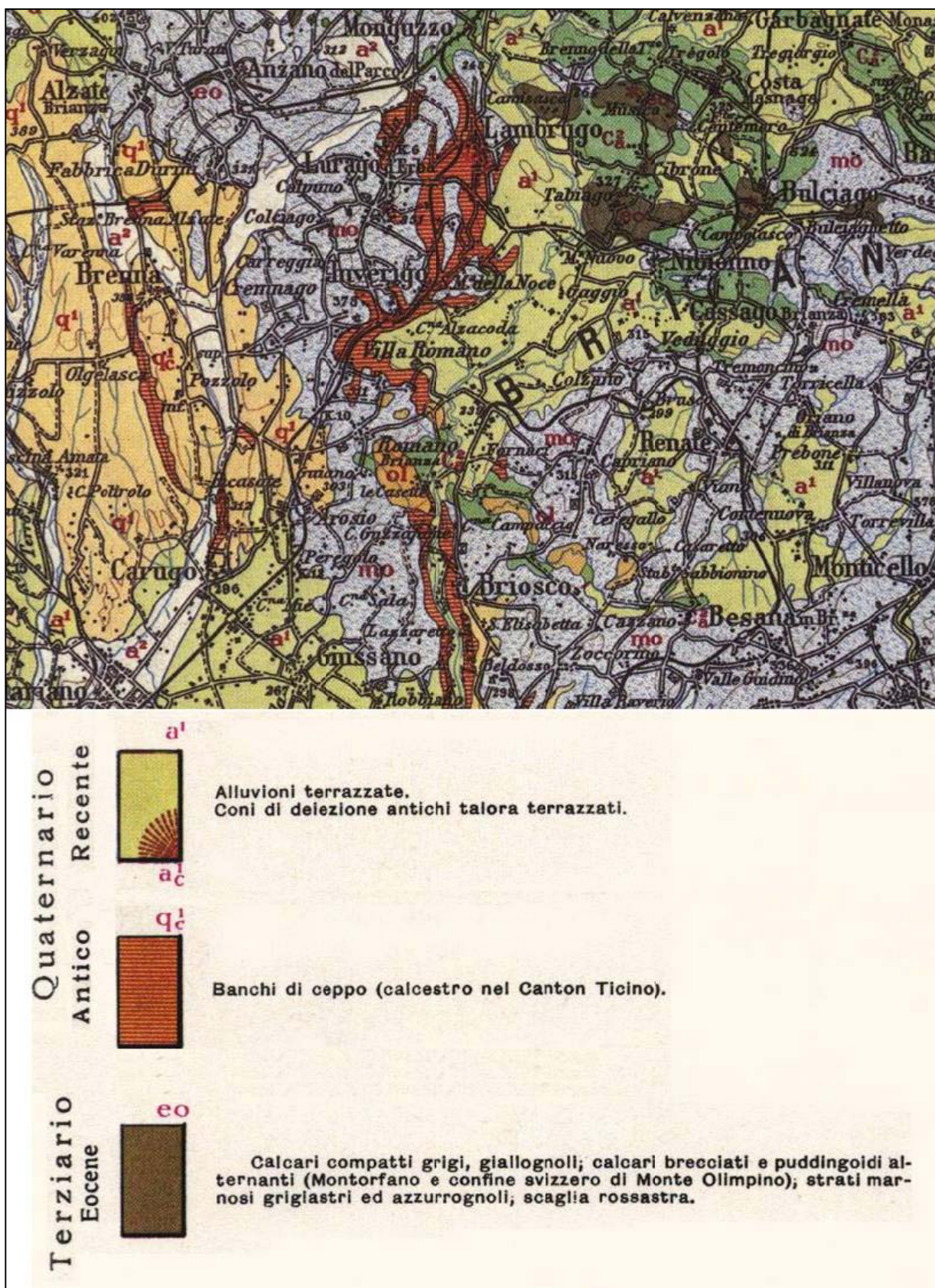


Figura 31: Estratto della Carta Geologica d'Italia 1:100.000



Il Lobo della Brianza è formato, soprattutto nella parte sud-orientale (Morena di Monticello), da grandi morene disposte a semicerchio, tagliate da una serie di scaricatori glaciali: tra Beldosso e Besana Brianza, Valle del Lambro e Valle di Fabbrica Durini.

Il settore di NE del Lobo della Brianza è caratterizzato da pochi archi morenici ma da estese piane lacustri marginoglaciali e proglaciali drenate dai vari torrenti Bevera. I depositi lacustri presenti tra Briosco e Inverigo sono causa di frane di scivolamento e sono stati oggetto in passato di attività estrattiva nell'industria dei laterizi.

Gli scaricatori presenti tra Beldosso e Fabbrica Durini, attivi durante la fase Besnate-Cadorago, formano valli a fondo subpianeggiante, con versanti ripidi ma brevi e ampie non più di 200 metri che tagliano verso S le morene più antiche.

Il Lambro, che ha origine nel Triangolo Lariano presso Pianrancio (Foglio 075 - Como), forma tra gli abitati di Erba e Merone un ampio delta-conoide; questo si è formato al ritiro del ghiacciaio Cantù quando i laghi di Alserio e Pusiano erano uniti, molto più vasti e profondi degli attuali. Il Lambro si apre la strada tra vari cordoni morenici, piane lacustri e dossi in substrato, attraversando tutto il Lobo della Brianza. Tra Inverigo e Sovico la Valle del Lambro si presenta profondamente scavata, incidendo i conglomerati del ceppo di Inverigo e il substrato roccioso; presso Agliate il *canyon* del Lambro ha una profondità di circa 50 metri e una ampiezza di 150-200 metri.

Nel tratto a *canyon* la Valle del Lambro riceve da NE diversi affluenti che costituivano gli scaricatori glaciali attivi durante le glaciazioni Besnate e Binago; questi incidono profondamente le unità più antiche del Lobo della Brianza (sintema della Specola, supersintema del Bozzente), raccordandosi poi con il fondovalle del Lambro. Al margine SE del Foglio 096 - Seregno la Valle del Lambro si allarga ed è occupata da una serie di terrazzi fluvioglaciali.

La valle di Fabbrica Durini, affluente della Val Sorda, drenava un sistema di laghi marginoglaciali, presenti nei pressi di Anzano del Parco, formatisi nelle fasi di ritiro dei ghiacciai.

Tutti gli scaricatori glaciali che attraversano in senso N-S il Foglio 096 - Seregno presentano un tratto del loro percorso profondamente inciso che corrisponde ad una fascia che tra Bulgarograsso e Brenna ha andamento E-W e da Brenna a Sovico ha andamento NW-SE. Lungo questa fascia affiorano le unità conglomeratiche (ceppi) che rappresentano le unità continentali più antiche del territorio; poichè i ceppi si trovano a quote superiori rispetto alle aree circostanti, costituendo una monoclinale immersa verso S, indicano che il territorio ha subito un sollevamento verso N dovuto ad attività tettonica recente o al sollevamento isostatico della catena alpina. In località Portichetto



il ceppo di Portichetto, unità più bassa della successione, a contatto con il substrato, forma una collina rilevata rispetto alle unità più recenti, indice pertanto di sollevamento.

Le aree poste all'esterno delle morene morfologicamente più evidenti dei lobi di Como e della Brianza sono costituite da depositi dalle glaciazioni più antiche riconosciute nel territorio (sintema della Specola, supersintema del Bozzente). Queste aree sono caratterizzate da litotipi particolarmente alterati con aumento nel contenuto di argilla e da potenti coperture loessiche. La marcata alterazione e le coperture loessiche hanno provocato uno “sgonfiamento” e addolcimento delle originali morfologie a creste moreniche, dando origine a ripiani suborizzontali o debolmente inclinati, rilevati rispetto alle piane circostanti, che in Lombardia prendono il nome di Pianalti (Pianalto delle Groane, Pianalto di Meda, Pianalto di Brenna). I pianalti sono attualmente ridotti a lembi isolati a causa dei processi erosivi apportati dagli scaricatori glaciali in epoche successive.

La superficie dei pianalti era ricoperta da una spessa copertura loessica che per l'intensa attività estrattiva, che ha interessato in passato l'alto milanese nella produzione di mattoni, è stata quasi completamente asportata e ridotta a spessori di 2-3 metri. Nel pianalto ubicato ad W del Ticino in Piemonte, lontano dalle grandi città dove la richiesta di mattoni era maggiore, la copertura loessica raggiunge i 20 metri di spessore.

L'idrografia dei pianalti è caratterizzata da corsi d'acqua ad andamento parallelo che nella maggior parte dei casi è legata alla paleoidrografia che si è sviluppata negli spazi tra le morene e lungo gli antichi scaricatori glaciali (ZUCCOLI, 1997).

3.2.3 Stratigrafia

In questo capitolo vengono descritte le unità di basamento, le formazioni, i membri e le litofacies rappresentate nella carta geologica, seguendo le varie caselle della legenda in ordine inverso, come previsto dalle linee guida del SGN. La distribuzione delle varie unità è rappresentata in figura 5.

3.2.3.1 Successione sedimentaria delle Alpi Meridionali

3.2.3.1.1 Formazione di Brenno (BNN) – unità in facies di Scaglia Lombarda

Denominazione. L'unità, storicamente riferita alla “Scaglia Lombarda” Auct., prende il nome dall'antico Piano di Brenno Auct. (DE ALESSANDRI, 1899), così denominato dalla località di Brenno



della Torre (Frazione di Costa Masnaga, Lecco) dove affiorano i calcari marnosi bianchi e rosati, attualmente soggetti ad attività estrattiva per cemento. Con KLEBOTH (1982) si abbandona la generica denominazione di Scaglia (PREMOLI SILVA & LUTHERBACHER, 1966), riprendendo la denominazione Piano di Brenno. Con il lavoro di TREMOLADA et alii (2008) la dicitura Piano di Brenno è stata modificata a favore della più corretta denominazione formazione di Brenno, sottolineando il criterio litostratigrafico (e non cronostatigrafico, come l'uso del termine "piano" suggerirebbe) adottato nella definizione dell'unità.

Sinonimi. "Piano di Brenno", DE ALESSANDRI (1899), KLEBOTH (1982), BERSEZIO et alii (1993); "Scaglia grigia", VENZO (1954); "Piano di Brenno", "Scaglia cinerea", VICENTE (1966), AUBOUIN (1970); "Scaglia cinerea", GELATI & PASSERI, (1967); "Scaglia", PREMOLI SILVA & LUTHERBACHER (1966), GALBIATI (1969); "Brenno Formation", TREMOLADA et alii (2008).

Area di affioramento. La formazione di Brenno affiora prevalentemente nelle vaste cave per cemento di Bulciago-Cassago, Baggero e Brenno della Torre e lungo il tracciato della SS 36 all'altezza di Tabiago e Costa Masnaga.

Rapporti stratigrafici. L'unità segue in modo estremamente graduale il sottostante Flysch di Bergamo. Nel presente lavoro si è accolta la proposta di GALBIATI (1969) e il limite inferiore dell'unità viene fissato alla prima comparsa del livello a marne calcaree rosate, al tetto del Membro di Rogeno del Flysch di Bergamo. Le associazioni a nannofossili identificate alla base della formazione sembrano indicare una parziale eteropia con il tetto del Flysch di Bergamo, che nell'ambito dell'area rilevata si sviluppa da NW verso SE. Il limite superiore è netto ed è materializzato da un brusco passaggio di facies da calcari marnosi rosa a peliti rosse. Tale limite coincide con il limite cronostatigrafico Cretacico/Paleocene.

Spessore. L'unità, misurata presso la sezione di Tabiago lungo la SS 36, presenta uno spessore di circa 100 m e, sebbene il limite inferiore nella sezione di Tabiago non sia stato osservato direttamente, si ritiene sulla base di altre sezioni osservate durante il rilevamento geologico che lo spessore reale della formazione di Brenno superi per non più di una decina di metri il valore misurato a Tabiago.

Litologia. La formazione di Brenno consiste in calcari marnosi e marne calcaree di colore bianco, grigio o rosato, con subordinate calcilutiti bianche, grigie o nocciola. La stratificazione è generalmente regolare, caratterizzata da strati piano-paralleli da sottili a medi. Alla litologia marnoso-calcareo di base s'intercalano sottili livelli arenitici a composizione ibrida, caratterizzati



da quarzo, carbonati, selce e frammenti di rocce granitoidi. PREMOLI SILVA & LUTERBACHER (1966) riportano la presenza di uno strato conglomeratico nella parte bassa dell'unità, composto da calcari micritici, dolomie, calcareniti, radiolariti, gneiss migmatitici e paragneiss. Tale conglomerato è in realtà attribuito, sulla base della suddivisione litostratigrafica adottata nel presente rilevamento, al Flysch di Bergamo e corrisponderebbe ad uno dei corpi grossolani che si intercalano nella parte sommitale del membro di Rogeno.

Petrografia. I termini lutitici della formazione sono rappresentati da calcilutiti, più o meno marnose, riccamente bioclastiche (wackestones secondo Dunham, biomicriti secondo Folk). La maggior parte dei bioclasti è costituita da foraminiferi planctonici, in subordine si segnalano rari foraminiferi bentonici e ostracodi.

I termini arenitici sono rappresentati da calcareniti medio-fini, marnose, con selezione scarsa, ricche di foraminiferi planctonici ("globotruncane" in senso lato) e con subordinati foraminiferi bentonici (calcarei e agglutinati), ostracodi, echinidi e alghe corallinacee. La frazione extrabacinale è rappresentata da raro quarzo, in prevalenza monocristallino, mica e selce. Tra i componenti intrabacinali non calcarei si segnala la glauconia, tra gli autigeni la pirite. È diffusa la bioturbazione.

I termini ruditici consistono in biocalciruditi ibride con sparite interstiziale e intraclasti micritici localmente ridotti a pseudomatrice. Per la frazione carbonatica intrabacinale sono comuni grandi foraminiferi, piccoli bentonici calcarei e agglutinati, globotruncane; subordinati echinidi, frammenti di alghe corallinacee, briozoi, ostracodi; rari frammenti di Rudiste (Radiolitidi). Frequenti anche gli intraclasti calcarei, in maggioranza intraformazionali (micriti a globotruncane) ma talora di dubbia interpretazione (micriti a radiolari e bivalvi pelagici). Per la frazione extrabacinale sono relativamente abbondanti il quarzo, mono- e policristallino, e i litici gneissici (orto- e parametamorfici); anche litoclasti, probabilmente in dolomia, e selci. Rari pellets fosfatici.

Fossili. Il contenuto fossile della formazione di Brenno è costituito da abbondanti foraminiferi, spesso osservabili a occhio nudo o con l'aiuto di lente. Tra le specie riconosciute si segnalano:

Planctonici

Abatomphalus mayaroensis

G. orientalis

A. intermedius?

G. pseudolinneiana?

Archaeoglobigerina cretacea

G. stuarti

Contusotruncana contusa

G. stuartiformis

C. patelliformis

G. ventricosa



C. walfishensis?

Globigerinelloides messinae

G. bollii

G. subcarinatus

G. ultramicrus

G. prairiehillensis

Globotruncana petaloidea

G. arca

G. bulloides

G. elevata

G. gansseri

G. hilli

G. linneiana

Globotruncanella pschadae?

Globotruncanita pettersi

G. angulata?

Gublerina sp.

Hedbergella holmdelensis

Heterohelix striata

Planoglobulina sp.

Pseudoguembelina costulata

Pseudotextularia nuttalli

P. elegans

Racemiguembelina fructicosa

Tenuitella minutissima

Tristix excavata

Ventilabrella sp.

Bentonici

Hellenocyclina sp.

Lepidorbitoides sp.

Omphalocyclus sp.

Orbitoides media

Orbitolinidae

cf. Melonis sp.

Siderolites sp.

Stensioina sp.

Un frammento di *Inoceramus* sp. è stato osservato nella parte bassa dell'unità.

Paleogeografia. La formazione di Brenno si depose a profondità batiali in ambienti di piana bacinale, caratterizzata da una monotona deposizione di sedimenti intrabacinali con subordinati apporti silicoclastici.

Età. Sulla base delle determinazioni di foraminiferi disponibili in letteratura (PREMOLI SILVA & LUTERBACHER, 1966; KLEBOTH, 1982, TREMOLADA *et alii*, 2008) la formazione di Brenno si estende dalla zona a *Radotruncana calcarata* alla zona a *Abatomphalus mayaroensis*. La determinazione del nannoplancton calcareo ha evidenziato la presenza delle zone CC23b–CC25c (TREMOLADA *et alii*, 2008) del Maastrichtiano.

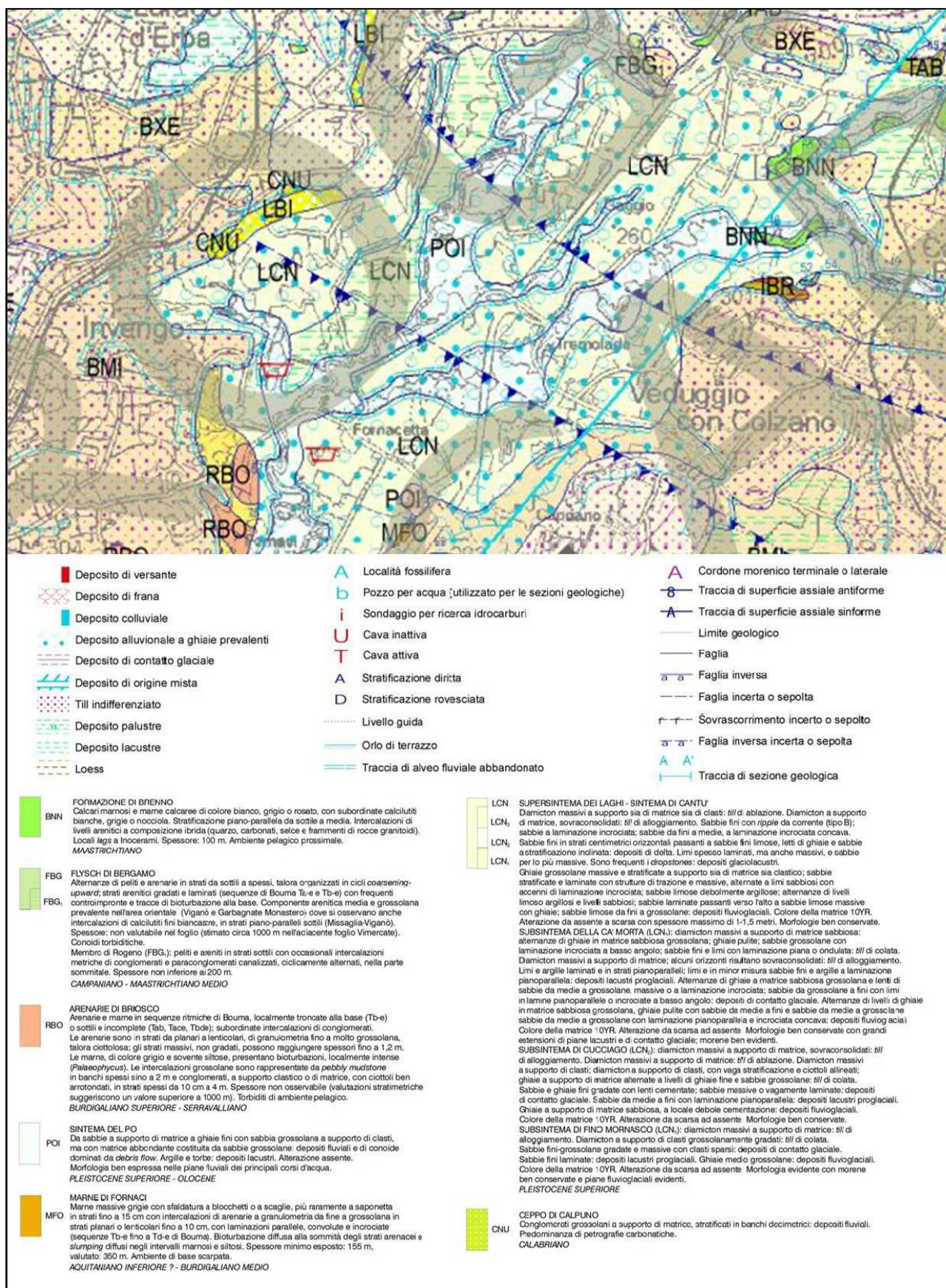


Figura 32: Rappresentazioni delle principali unità geologiche presenti nell'area di studio



3.2.3.1.2 Marne di Fornaci (MFO) – gruppo della Gonfolite Lombarda

Le Marne di Fornaci e le Arenarie di Briosco appartengono entrambe al gruppo della Gonfolite Lombarda. Il termine *gompholite* (dal greco *gomphos*, chiodo + *lithos*, pietra) fu introdotto da BRONGNIART (1827) come traduzione letterale del termine geologico svizzero *Nägelfluh* (*Nägel*, chiodo + *fluh*, roccia o parete rocciosa) di incerta grafia. Questo ultimo era utilizzato dai geologi svizzeri per indicare quei conglomerati, i cui ciottoli sporgono dalla parete rocciosa come teste di chiodi in un portone medievale (ROBERTS, 1839). In Italia, i conglomerati di Como sono denominati “Gonfolite di Como” per la prima volta da CATTANEO (1844).

Gonfolite diviene quindi nella prima metà del XX secolo la denominazione informale della molassa subalpina affiorante tra Como e Varese. Nel 1957, è definita come un’unica formazione nella sintesi stratigrafica di CITA (1957). In seguito, con il lavoro di GELATI *et alii* (1988) la Gonfolite viene elevata al rango di gruppo. E’ riportata tra le Unità tradizionali formalizzate nel fascicolo VII Quaderno 7 del SGN-APAT (DELFRAI, 2007). Nella ricerca di idrocarburi in Pianura Padana, il termine è stato poi esteso informalmente a tutti i depositi grossolani di età Oligo-Miocenica identificati nel sottosuolo tra Torino e il Lago di Garda (DONDI & D’ANDREA, 1986).

Il Gruppo della Gonfolite affiora parzialmente nel Foglio 096 - Seregno e pertanto è stato necessario estendere il presente rilevamento anche al quadrante sud-occidentale dell’adiacente Foglio 075 - Como. Sulla base della distribuzione geografica degli affioramenti si possono distinguere due settori, che saranno descritti separatamente.

Denominazione. La formazione delle marne di Fornaci è stata istituita nel presente lavoro e prende il nome dalla località di Fornaci (frazione di Briosco, Milano), dove l’unità affiora con la migliore esposizione.

Sinonimi. "Marne della C.na Belvedere", CITA (1957); "Chiasso Formation", GUNZENHAUSER (1985); "Fornaci lithozone", in SCIUNNACH & TREMOLADA (2004).

Area di affioramento. Le marne di Fornaci affiorano in un areale assai limitato del Foglio 096 - Seregno. Gli unici affioramenti osservati sono ubicati nell’area di Fornaci, C.ne Piodi e Piodiggi (Briosco). Ben più a N, è attribuito alla medesima formazione un affioramento isolato esposto lungo il Rio Bevera di Renate Brianza.

Rapporti stratigrafici. Date le estese coperture, non sono esposti né il limite inferiore, né il limite superiore.



Spessore. Lo spessore delle marne di Fornaci non è valutabile con certezza, a causa dell'estrema dispersione degli affioramenti. Nello sbancamento artificiale a tergo della zona industriale di Fornaci sono esposti con continuità oltre 155 m di successione; con calcoli stratimetrici, si stima in circa 350 metri lo spessore minimo per l'unità. Lo spessore potrebbe risultare sensibilmente maggiore, nell'ordine dei 1000 m, qualora si potesse dimostrare una sostanziale continuità, a letto, con l'affioramento di Renate.

Litologia. Marne massive, di colore grigio, con sfaldatura a blocchetti o a scaglie, più raramente "a saponetta", con sottili intercalazioni di arenarie a granulometria da fine a grossolana. Gli intervalli marnosi sono spessi sino a 15 m (6 m in media) e a luoghi mostrano sottili veli rugginosi apparentemente legati a concentrazioni di materia organica ossidata. Le arenarie si presentano in strati planari o lenticolari, spessi al massimo 10 cm, che mostrano laminazioni parallele, convolute e incrociate (sequenze Tb-e fino a Td-e di Bouma). La bioturbazione, per lo più rappresentata da *Paleophycus* (tubuli rettilinei o a T, fino a 1 cm di diametro), è diffusa alla sommità degli strati arenacei. Nella sezione di Fornaci, un singolo megastrato "slumpato", spesso 4 m, si presenta in facies di *pebbly mudstone*: i ciottoli, ben arrotondati, raggiungono diametri di 1 cm. Gli *slumping* sono diffusi soprattutto negli intervalli marnosi e siltosi.

Petrografia. I campioni studiati ricadono nel campo delle arcose litiche secondo FOLK (1974); la granulometria varia da fine a grossolana ($F = 2.50 \div 0.50$); la selezione è moderata.

Tra i costituenti principali c'è il quarzo, mono- e policristallino, con un rapporto C/Q assai variabile ($0.07 \div 0.44$), in funzione delle classi granulometriche. I feldspati sono rappresentati da plagioclasio, comunemente geminato e più di rado zonato, e da feldspati alcalini: ortoclasio peritico, albite a scacchiera e microclino. Il rapporto P/F presenta forte variabilità rispetto ad una media di 0.5.

I litici vulcanici sono diffusi benché non abbondanti (1÷5% del volume della roccia) e presentano una varietà di strutture (felsitiche, vitriche e microlitiche). Sono comuni anche i frammenti di rocce subvulcaniche e granitoidi, ortogneiss, ardesie, filladi, paragneiss cloritici e micascisti a granato. Più rari i litici sedimentari non carbonatici (argilliti e selci). I litici calcarei e dolomitici sono invece piuttosto abbondanti. Pseudomorfi, cresciuti alle spese di granuli dell'ossatura (SCHMIDT & MCDONALD 1979) e pseudomatrice (DICKINSON 1970) sono anch'essi presenti, senza mai superare il 2.5% del volume della roccia. I minerali pesanti (3-8% del volume della roccia) sono rappresentati per lo più dai fillosilicati detritici (mica bianca, biotite e clorite) assieme a subordinato granato, titanite, epidoto, tormalina, anfibolo, zircone, rutilo, apatite, pirosseni,



allanite, xenotimo e cianite; tra i minerali opachi, sono stati riconosciuti titanomagnetite e ilmenite.

I frammenti intrabacinali non-carbonatici (NCI) sono rappresentati per lo più da rari *pellets* glauconitici (K₂O fino al 6%); gli ancor più rari frammenti carbonatici intrabacinali (CI) comprendono bioclasti abrasivi (tra cui foraminiferi ed echinidi) e intraclasti micritici.

I pori primari furono colmati da matrice e cementi sintassiali, mentre i pori residuali e secondari sono occupati da calcite spatica e subordinata pirite framboidale.

Paleogeografia. Le marne di Fornaci sono costituite da emipelagiti che si depositano in un contesto di avampaese/avanfossa che prelude al parossismo alpino testimoniato dalla soprastante formazione delle arenarie di Briosco e dalla, poco successiva, strutturazione dell'intero Gruppo della Gonfolite Lombarda. Il bacino emipelagico può essere ricondotto a un ambiente di base scarpata, dove cunei torbiditici di *overbank* passavano distalmente alla piana bacinale (NORMARK *et alii*, 1993).

Età. La determinazione del nannoplancton calcareo ha evidenziato l'appartenenza alle zone NN3 e, per il solo affioramento di Renate, NN1. Non è stata riconosciuta la zona NN2, presumibilmente occultata dalle coperture. Aquitaniano inf.?–Burdigaliano medio.

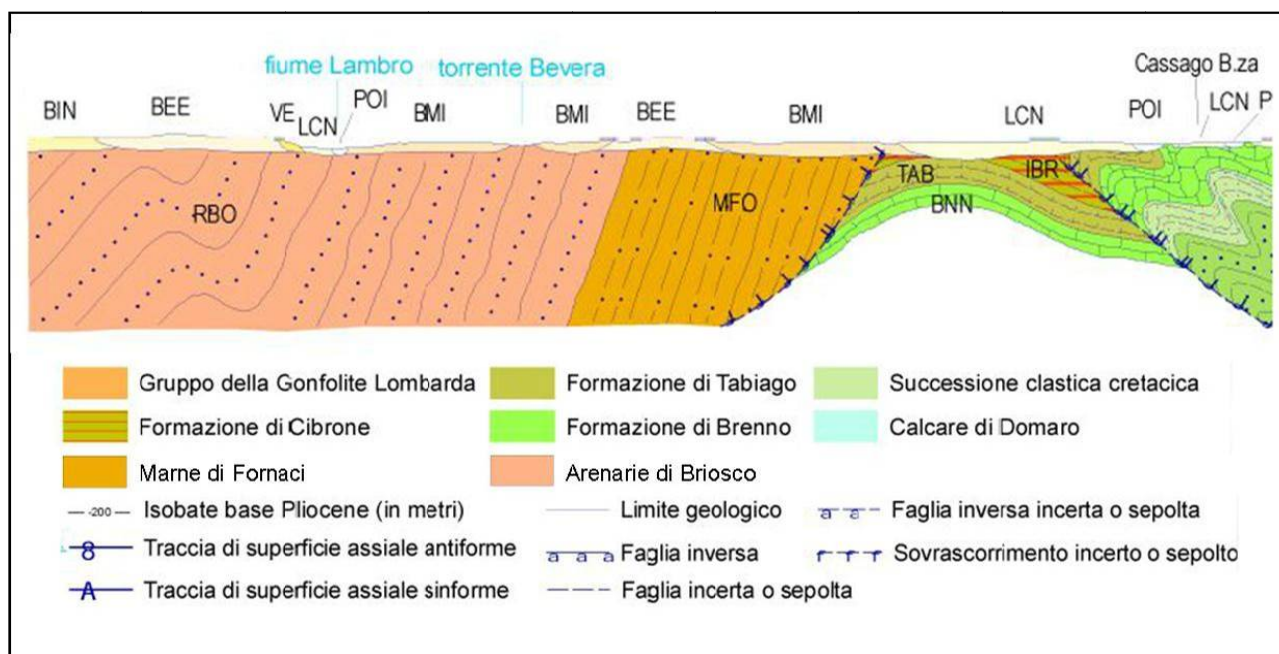


Figura 33: Sezione geologica numero 1 (Carate Brianza – Cassago Brianza)



3.2.3.1.3 Arenarie di Briosco (RBO) – gruppo della Gonfolite Lombarda

Denominazione. La formazione delle arenarie di Briosco è stata istituita nel presente lavoro e prende il nome dal Comune di Briosco (Milano), nel cui territorio l'unità affiora con maggiore continuità.

Sinonimi. "membro della Bevera", CITA (1957); "Lower e Upper Bevera, Roggia Pissavacca, Roggia Riale-Cascina Guasto, Lambro lithozones", SCIUNNACH & TREMOLADA (2004).

Area di affioramento. Le arenarie di Briosco affiorano in modo discontinuo in un areale significativo del settore centrale del Foglio 096 - Seregno. Le migliori esposizioni si incontrano lungo il rio Bevera di Renate, all'altezza di Briosco e lungo due rogge (Pissavacca e Riale) al confine tra Arosio (Como), Inverigo (Como) e Briosco. Affioramenti discontinui si dispongono lungo un tratto significativo dell'alveo del Fiume Lambro, spingendosi verso S fino a interessare il territorio dei Comuni di Giussano (MI) e Verano Brianza (MI).

Rapporti stratigrafici. Date le estese coperture, non sono esposti né il limite inferiore, né il limite superiore.

Spessore. Lo spessore delle arenarie di Briosco non è valutabile con certezza, a causa dell'accentuata dispersione degli affioramenti. L'estrema monotonia delle giaciture e la regolare successione delle biozone su un vasto areale autorizzano a confidare in calcoli stratimetrici che assegnerebbero all'unità uno spessore minimo nell'ordine dei 1500 m. Spingendosi verso S, alla sporadicità degli affioramenti si somma la presenza di blande strutture plicative che rendono arbitraria ogni valutazione di ulteriori spessori da sommare al valore minimo sopra indicato.

Litologia. Arenarie e marne arrangiate in sequenze ritmiche di Bouma, localmente troncate alla base (Tb-e) o sottili e incomplete (Tab, Tace, Tbde); subordinate intercalazioni di conglomerati. Le arenarie, in strati da planari a lenticolari, sovente con controimpronte basali, sono di granulometria fino a molto grossolana e possono presentarsi ciottolose; strati massivi, non gradati e privi di strutture, possono raggiungere spessori fino a 1,2 m. Fenomeni di amalgamazione sono legati alla parziale rimozione degli interstrati marnosi. Sono frequenti le concrezioni ovoidali decimetriche ("cogoli") e l'esfoliazione cipollare in superficie. Le intercalazioni grossolane sono rappresentate da *pebbly mudstone* in banchi spessi sino a 2 m e conglomerati, a supporto clastico o di matrice, con ciottoli ben arrotondati, in strati spessi da 10 cm a 4 m. Il massimo diametro per un clasto extrabacinale è di 30 cm, per un *mudclast* intrabacinale è di 45 cm. Le marne, di colore



grigio e sovente siltose, presentano bioturbazioni, localmente intense, di tipo *Palaeophycus* (tubuli rettilinei o a “T”, di diametro fino a 2 cm).

Petrografia. La frazione conglomeratica presenta composizione carbonatica (calcari e dolomie di presumibile provenienza sudalpina, talora attribuibili a unità litostratigrafiche quali Gruppo del Medolo e Maiolica) per il 50-80%, metamorfica (paragneiss, micascisti, quarziti, anfiboliti) per il 15-40%, intrusiva (granitoidi, metagabbri) per lo 0-10%, terrigena, selciosa e vulcanica per lo 0-5%. Tra i frammenti metamorfici sono stati rinvenuti litotipi milonitizzati, mentre un frammento di tonalite presenta una facies ignea confrontabile con quella del Plutone di Triangia (FELLIN *et alii*, 2005).

La frazione arenacea è costituita da litareniti feldspatiche e sedimentarie; la granulometria varia da fine a grossolana ($F = 2.50 \div 0.50$); la selezione è moderata. Per la descrizione della natura mineralogica dei costituenti si rimanda alla descrizione delle arenarie intercalate nelle marne di Fornaci, rispetto alle quali le arenarie di Briosco si differenziano tuttavia per la maggiore abbondanza di litici carbonatici (CE, DE), per la scarsità di microclino e frammenti ortogneissici, e per la presenza di spinello cromifero.

Il Cr-spinello è presente in granuli da subangolari a subarrotondati, da 90 a 240 μm in lunghezza (165 μm in media), il cui colore varia da marrone caffè a rosso-ambrato e, eccezionalmente, verde bottiglia (colore, quest'ultimo, associato al valore minimo di Cr#). La microanalisi SEM-EDS ha rilevato un contenuto in Cr₂O₃ del 23÷33%, che corrisponde a un Cr# tra 0.29 e 0.39. Una volta normalizzati i dati di microsonda, i Cr-spinelli analizzati possono essere classificati come soluzioni solide degli *end-members* magnetite (28÷47%), Mg-ferrite (21÷37%), cromite (7÷24%) e Mg-cromite (6÷19%); altri *end-members*, quali spinello (1÷4%) ed ercinite (1÷4%) sono subordinati, mentre jacobsite, Mn-cromite, ulvöspinello e Zn-spinello sono trascurabili. Si riconoscono tipiche correlazioni inverse tra Cr/Al e Mg/Fe. L'alterazione al bordo determina una forte perdita di Al, una significativa perdita di Mg e un leggero impoverimento in Cr, parzialmente compensato da arricchimenti in Si, Fe, Ti, Mn e Ca. La composizione degli spinelli analizzati è compatibile con una provenienza da complessi ofiolitici di tipo alpino (SCIUNNACH & TREMOLADA, 2004).

Paleogeografia. Le arenarie di Briosco segnano un'importante fase di sedimentazione clastica di avanfossa, con tassi di sedimentazione nell'ordine dei 300 m/Ma, che prelude al parossismo alpino testimoniato dalla successiva strutturazione dell'intero Gruppo della Gonfolite Lombarda. Da un punto di vista sedimentologico, le facies torbiditiche esposte in affioramento sembrano



documentare la coesistenza di un complesso canale-argine naturale (*channel-levee complex* di NORMARK *et alii*, 1993), talora interessato dalla migrazione laterale di canali distributori ad alta energia, con dei lobi non confinati. In termini di evoluzione del bacino, se l'inizio della sedimentazione clastica grossolana ricade in un intervallo-tempo confrontabile con quello in cui, una decina di km più a occidente, vanno deponendosi le facies di alta energia del conglomerato di Lucino, l'analisi delle tracce di fissione su apatiti detritiche indica un progressivo rallentamento dei tassi di erosione verso l'alto stratigrafico (FELLIN *et alii*, 2005).

Età. La determinazione del nannoplancton calcareo ha evidenziato l'appartenenza delle arenarie di Briosco alle biozone NN3 (parte sommitale) – NN6. Burdigaliano superiore–Serravalliano.

3.2.3.2 Successione continentale neogenico - quaternaria

3.2.3.2.1 Ceppo di Inverigo (LBI) – unità di superficie

Definizione. Conglomerati con tessitura dalle sabbie alle ghiaie medie, a stratificazione incrociata a grande scala: deposito fluviale a meandri. Conglomerati grossolani ad aspetto massivo o vagamente stratificato: deposito fluviale *braided*.

Sinonimi. Unità di nuova istituzione, corrisponde al ceppo del Fiume Lambro di BREVIGLIERI (1991) e al “ceppo” degli autori precedenti.

Superfici limite e rapporti stratigrafici. La superficie superiore è caratterizzata da strutture a organi geologici, ed è visibile lungo la Valle Pegorino. A questa si sostituisce spesso una normale superficie erosionale sulla quale poggiano depositi più recenti, come il ceppo di Calpuno, visibile unicamente sulla parete sud-orientale di Inverigo (BREVIGLIERI, 1991) e il sintema di Cantù, nella zona di Lambrugo (BREVIGLIERI, 1991).

A N di Carugo, circa alla confluenza della Valle di Brenna con la Val Sorda, differenze petrografiche e litologiche hanno permesso di stabilire che i conglomerati del ceppo di Inverigo hanno rapporti di eteropia con i conglomerati del ceppo di Portichetto e con il ceppo di Monguzzo.

Il limite inferiore è erosionale e pone a contatto l'unità con le argille della formazione di Lambrugo; tale contatto è visibile a Lambrugo lungo la SS342 “Briantea. Sulla base di dati di sottosuolo i conglomerati del ceppo di Inverigo sono in contatto con i depositi marini delle argille di Castel di Sotto. Questo limite è spesso marcato da un allineamento di sorgenti, come è ben visibile in località Agliate in sponda idrografica sinistra del Lambro.

L'unità poggia anche sul substrato roccioso costituito da arenarie di Briosco, in un impluvio in località C.na Peregallo, a NW di Briosco.



Litotipo	Valle Brenna	di Lambrugo- Inverigo	Valle del Lambro Briosco- Verano Brianza	Valle del Lambro Agliate- Sovico	Valle Pegorino
Calcari	29,5%	29,8%	60,1%	62,5%	50,2%
Dolomie	5,0%	9,7%	14,1%	5,6%	6,0%
Rocce Metamorfiche	36,5%	27,7%	8,8%	13,2%	20,7%
Quarziti	14,0%	14,2%	1,4%	3,2%	3,6%
Rocce Granitiche	9,0%	3,6%	1,7%	0,8%	0,5%
Porfidi/Vulcaniti	1,0%	9,7%	2,2%	2,8%	1,8%
Verrucano Lombardo	-	1,3%	0,1%	1,4%	4,0%
Rocce Terrigene	-	1,0%	4,4%	6,5%	11,0%
Anfibiliti	-	-	-	-	0,3%
Pegmatiti	4,0%	-	-	-	-
Serpentiniti	-	0,3%	0,7%	0,2%	-
Marne	-	0,3%	0,4%	0,8%	-
Conglomerato s.l.	-	-	1,6%	0,4%	0,2%
Altro	3,0%	1,9%	4,6%	2,8%	1,7%

Tabella 2: Composizione percentuale della petrografia dei clasti del ceppo di Inverigo

Litologia. Il ceppo di Inverigo è costituito da conglomerati medio fini, organizzati in banchi di spessore variabile tra 20 - 40 cm e 100 cm. Sono presenti strati più fini costituiti da arenarie e sabbie pulite. Il deposito è costituito da banchi a supporto di matrice arenacea e banchi a supporto clastico con matrice interstiziale arenacea debolmente limosa.

La cementazione è buona anche se sono talora presenti livelli di sabbie e ghiaie non cementate, spesso alterate, come tra Sovico e Canonica; in corrispondenza di questi livelli sciolti si formano importanti scavarnamenti dell'ordine delle decine di metri di dimensione (Agliate, versante sinistro del Lambro; Sovico, versante destro del Lambro). I clasti hanno dimensioni modali di 2 - 3 centimetri e massime di 10 - 20 centimetri, con strati sia ben selezionati sia mal selezionati. La



forma dei ciottoli, indipendente dalla petrografia, è principalmente arrotondata; negli affioramenti tra Agliate e Riverio sono presenti anche clasti subangolosi. La sfericità è in genere medio bassa e sono presenti anche ciottoli appiattiti tra Agliate e Riverio.

3.2.3.2.2 *Ceppo di Calpuno (CNU) – unità di superficie*

Definizione. Conglomerati costituiti da ghiaie grossolane a supporto di matrice, stratificati in banchi decimetrici: depositi fluviali.

Sinonimi. Unità di nuova istituzione, di cui fanno parte i conglomerati denominati ceppo di Calpuno e in parte quelli del ceppo del Terrò della Val Sorda (BREVIGLIERI, 1991). Corrisponde al “ceppo” degli autori precedenti.

Superfici limite e rapporti stratigrafici. La superficie limite superiore è caratterizzata da strutture a organi geologici, osservabili presso Brenna in un impluvio sul versante rivolto verso la Val Sorda. A questa superficie si sostituisce su gran parte dell'area di affioramento una normale superficie erosionale, al di sopra della quale si osservano depositi di unità più recenti come i depositi glaciali del sintema della Specola, del sintema di Binago (Val Sorda) e del sintema di Cantù; quest'ultimo ricopre i conglomerati con spessore di pochi decimetri (N di Lurago d'Erba). Il limite inferiore è di tipo erosionale (BREVIGLIERI, 1991) con il ceppo di Inverigo, visibile unicamente sulla parete sud-orientale di Inverigo.

Il ceppo di Calpuno presenta rapporti di eteropia con il ceppo di Portichetto, osservabile in affioramento nei pressi di Pozzolo inferiore (tra Brenna e Carugo); i rapporti con il ceppo di Monguzzo sono ipotizzati sulla base delle geometrie dei corpi.

Litologia. Il ceppo di Calpuno è costituito da conglomerati grossolani organizzati in banchi con spessore mediamente di 50-60 centimetri, a blanda inclinazione. Sono presenti livelli lenticolari costituiti da sabbie medio grossolane passanti a ghiaie (Inverigo).

Il supporto è di matrice principalmente arenacea a granulometria grossolana e localmente passante a conglomerato fine. I clasti hanno dimensioni da centimetriche a pluridecimetriche (40 cm), mal selezionati; la forma è ben arrotondata, con sfericità medio-bassa. Clasti appiattiti negli affioramenti di Rovate di Inverigo. La cementazione è variabile da buona a scarsa anche in relazione alla vicinanza della superficie ad organi geologici. Gli affioramenti nei pressi di Lurago d'Erba presentano cementazione bassa con livelli sciolti; gli affioramenti nei pressi di Brenna presentano invece cementazione buona.



La petrografia è a predominanza carbonatica (Tab. 6) con presenza anche di litotipi cristallini; nella tabella seguente il dettaglio della petrografia del ceppo di Calpuno. In corrispondenza degli orizzonti non cementati e al passaggio con la superficie ad organi geologici si hanno frequenti clasti alterati, sia carbonatici sia cristallini. Nell'affioramento di Inverigo sono presenti anche clasti alterati dall'interno.

I ciottoli sono spesso embricati ed isorientati. Nell'affioramento in località Costone (W di Lambrugo) sono riconoscibili strutture di flusso che indicano una direzione di paleocorrente 40/220. Canali di erosione, con riempimento dato da sabbie e ghiaie, sono riconoscibili negli affioramenti presso Brenna.

Litotipo	Valle di Brenna-Val Sorda	Lambrugo-Inverigo
Calcari	70,0%	63,7%
Dolomie	0,5%	6,4%
R. Metamorfiche	10,9%	15,8%
Quarziti	7,0%	6,1%
R. Granitiche	4,3%	2,2%
Porfidi/Vulcaniti	0,5%	1,2%
Verrucano Lombardo	1,0%	0,6%
R. Terrigene	0,8%	0,6%
Serpentiniti	0,3%	0,2%
Marne	-	0,4%
Altro	4,7%	2,9%

Tabella 3: Composizione percentuale della petrografia dei clasti del ceppo di Calpuno

Area di affioramento. Il ceppo di Calpuno affiora nei pressi di Inverigo-Lambrugo, spesso subaffiorante sotto una sottile copertura di depositi del sistema di Cantù. Conglomerati costituiscono la parete occidentale della Val Sorda, tra gli abitati di Brenna e Carugo.

Morfologia e paleogeografia. Il ceppo di Calpuno non presenta attualmente una morfologia propria; dai dati di sottosuolo si ricava che i conglomerati di questa unità occupano un'area limitata tra Lambrugo e la Val Sorda e costituivano una piana alluvionale.



Età. I rapporti stratigrafici con le altre unità conglomeratiche fanno ricondurre al Calabriano i conglomerati del ceppo di Calpuno.

3.2.3.2.3 Supersistema dei Laghi: Sintema di Cantù' (LCN) – unità di superficie

Definizione. Ghiaie grossolane massive e stratificate a supporto sia di matrice sia clastico. Sabbie stratificate e laminate con strutture di trazione e massive, alternate a limi sabbiosi con accenni di laminazione incrociata. Sabbie limose debolmente argillose. Grossolane alternanze di livelli limoso argilloso e livelli sabbiosi. Sabbie grossolane laminate passanti a sabbie limose massive verso l'alto, con ghiaie. Sabbie limose da fini a grossolane: depositi fluvioglaciali. Diamicton massivi a supporto sia di matrice sia di clasti: *till* di ablazione. Diamicton a supporto di matrice, sovraconsolidati: *till* di alloggiamento. Sabbie fini con *ripple* da corrente (tipo B). Sabbie a laminazione incrociata. Sabbie da fini a medie, a laminazione incrociata concava. Sabbie fini in strati centimetrici orizzontali passanti a sabbie fini limose, letti di ghiaie e sabbie a stratificazione inclinata: depositi di delta. Limi spesso laminati, ma anche massivi, e sabbie per lo più massive. Sono frequenti i *dropstones*: depositi glaciolacustri. Questa Unità non presenta una copertura loessica ed il profilo di alterazione non raggiunge mai uno spessore superiore a 1,5 m.

Sinonimi. E' stata definita da BINI (1987) come Complesso Glaciale di Cantù. Corrisponde al sintema di Bodio (DA ROLD, 1990) nell'Anfiteatro del Verbano. Corrisponde in parte al Würm degli autori precedenti.

Subunità. Solo nel lobo occidentale è stato possibile riconoscere all'interno del sintema di Cantù tre subsintemi distinti sulla base dei caratteri morfologici e sedimentologici. Essi sono dal più esterno: subsintema di Fino Mornasco, subsintema di Cucciago, subsintema della Cà Morta. Nel lobo orientale non è stato possibile riconoscere con certezza questi tre subsintemi e perciò il sintema è stato cartografato senza alcuna differenziazione.

Superfici limite e rapporti stratigrafici. La superficie limite superiore è in genere coincidente con la superficie topografica; essa è caratterizzata da alterazione da scarsa ad assente, con profondità di decarbonatazione limitata a 1- 1,5 m. Copertura loessica assente.

I depositi del sintema di Cantù sono coperti dai depositi del sintema del Po, oppure da depositi colluviali (REDAELLI, 1995; LEZZIERO, 1997; BREVIGLIERI, 1991; CRINITI, 1994) e di riporto antropico (REDAELLI, 1995; CRINITI, 1994). Il limite inferiore è di tipo erosionale e pone a contatto i depositi del sintema di Cantù con le unità precedenti. Presso Lurago d'Erba e poco a N di Costa



Masnaga è visibile il contatto con il supersistema di Besnate, mentre in località Castello del Lago è visibile il contatto con le argille lacustri del supersistema della Colma del Piano. I depositi del sistema di Cantù poggiano anche sul substrato roccioso tra Merone e Rogeno, a Brenno della Torre, Tabiago e a NW di Bulciago, presso Sirone, lungo il corso della Bevera, a S di Nibionno e sulle unità conglomeratiche.

Litologia. I depositi del sistema di Cantù sono costituiti da depositi fluvioglaciali, glaciali e di contatto glaciale, deltizi e lacustri.

- Depositi fluvioglaciali. Ghiaie grossolane sciolte o cementate massive e stratificate a supporto sia di matrice limoso sabbiosa sia clastico. Sabbie stratificate e laminate con strutture di trazione (Eupilio località Penzano) e massive, alternate a limi sabbiosi con accenni di laminazione incrociata presso Oggiono. Sabbie limose debolmente argillose. Grossolane alternanze di livelli limoso argillosi e livelli sabbiosi. Sabbie grosse laminate passanti a sabbie limose massive verso l'alto, con ghiaie. Sabbie limose da fini a grossolane.

- *Till* di ablazione. Diamicton massivi a supporto sia di matrice sia di clasti; presso Costa Masnaga e Bulciago sono presenti piccole lenti di sabbie laminate. La matrice è costituita da limi argillosi, da sabbie argillose (SW di Ravellino e a N di Bestetto), sabbie limose (S di Bianzola), limi sabbiosi (S di Bianzola), sabbie (Rovagnate), limi (NW di Resempiano), argille (NW di Resempiano e Bevera superiore) e limi argillosi (Sirone). Colore generalmente 10YR.

I clasti hanno dimensioni sia centimetriche sia decimetriche, con dimensione massima che varia tra i 40 e i 70 centimetri e minima di 2-3 centimetri.

Nel settore nord-orientale tra il Lago di Pusiano e Annone la petrografia dei clasti è data da esotici provenienti dalla Valtellina (Ghiandone, Serizzo, gneiss, serpentini e micascisti), con una percentuale che varia dal 10 al 40% di ciottoli calcarei o arenacei provenienti dalle successioni locali. Nel settore centro settentrionale a S del Lago di Alserio sono abbondanti i clasti carbonatici da freschi a debolmente alterati, clasti cristallini da freschi a molto alterati e granitoidi quasi completamente alterati. Presenza di clasti a ferro da stiro e striati.

- *Till* di alloggiamento: diamicton a supporto di matrice, sovraconsolidati. La matrice è costituita da argille limose poco sabbiose e da limi argillosi.

I clasti si presentano striati e hanno dimensioni centimetriche, con carbonati da sani a parzialmente decarbonatati, cristallini abbondanti, granitoidi e metamorfici poco alterati.



- Depositi di contatto glaciale. Possono essere caratterizzati dall'associazione di diverse facies: fluvioglaciale, glaciolacustre, di versante e di colata. Mancano sezioni che possano mettere in evidenza questa variabilità di facies, nonostante ciò sono stati determinati questi depositi di contatto in base alle evidenze morfologiche in corrispondenza di una parte dei terrazzi aventi pendenza perpendicolare all'orlo dei terrazzi stessi (KOVACS, 1996).

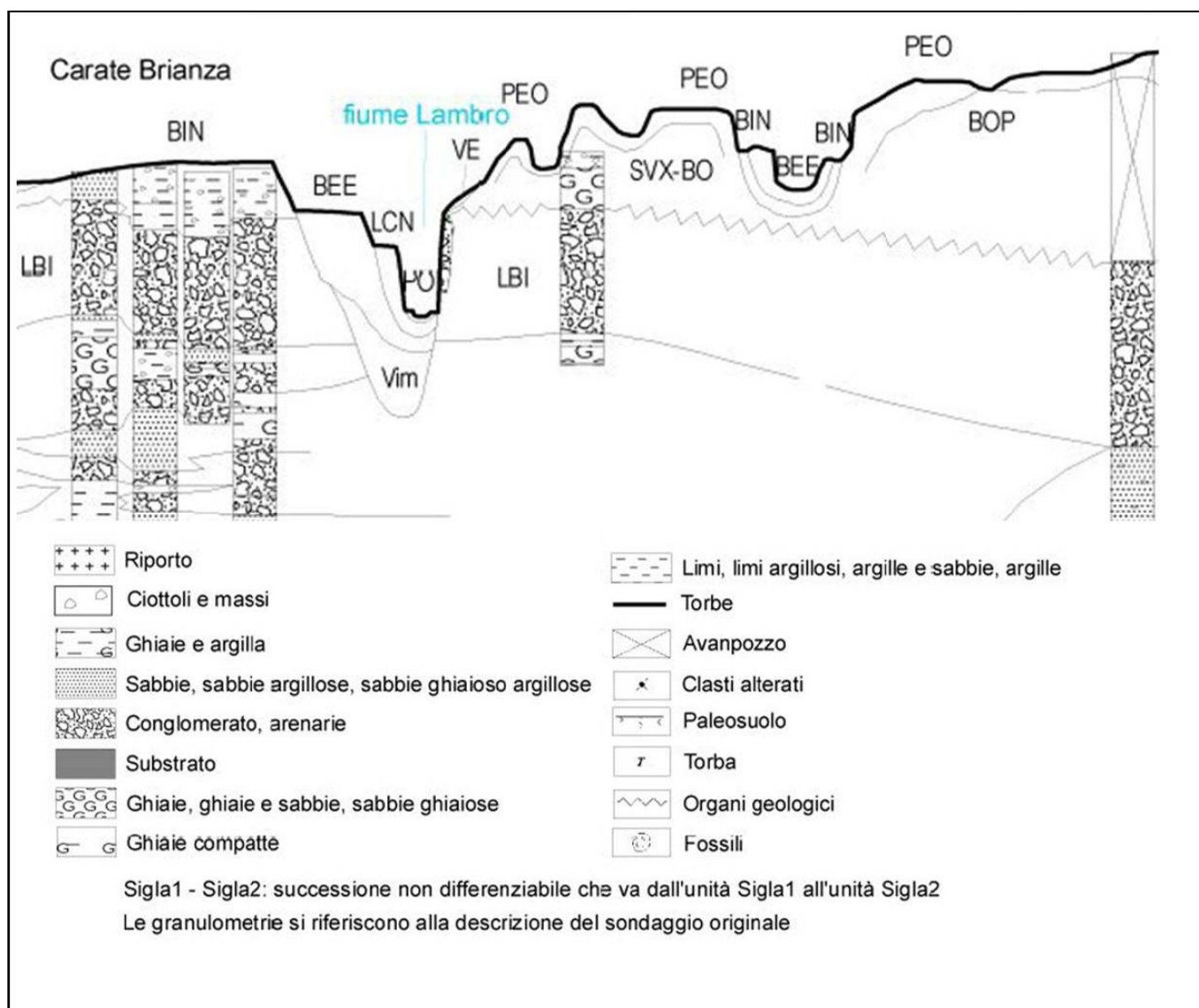


Figura 34: Sezione geologica numero 2 (Carate Brianza – Bulciago)

- Depositi di delta. Sabbie fini con *ripple* da corrente (tipo B). Sabbie a laminazione incrociata. Sabbie da fini a medie, a laminazione incrociata concava. Sabbie fini in strati centimetrici orizzontali passanti a sabbie fini limose. Sono talvolta presenti canali di erosione riempiti da ghiaie medio fini gradualmente passanti verso l'alto a sabbie. Localmente sono presenti orizzonti cementati. Letti di ghiaie e sabbie a stratificazione inclinata.



- Depositi glaciolacustri. Limi spesso laminati, ma anche massivi, e sabbie per lo più massive. Sono frequenti i *dropstones*. Si ritrovano all'imbocco della Val Bova, della Valle Piot e allo sbocco della Valle di Carcano. Argille limose con all'interno piccoli clasti di varia natura. Limi argillosi, talora sabbiosi a N di Cascina Portanea; sabbie fini limose laminate fittamente, talora massive e limi argillosi massivi, talvolta laminati presso Molteno.

Area di affioramento. Il sintema di Cantù è presente nel settore nord-orientale dell'area del Foglio 096 - Seregno, tra Albese con Cassano, Annone di Brianza, Barzago-Cremella e Lurago d'Erba-Inverigo. Depositi fluvioglaciali occupano i terrazzi più bassi all'interno della Valle del Lambro.

Till di ablazione affiorano nei pressi di Pusiano, Annone di Brianza, Oggiono, a N di Molteno e nella zona collinare di Bosisio Parini. Inoltre a SW di Ravellino, a N di Bestetto, a Brianzola, a Rovagnate, a Bevera superiore, a NW di Resempiano, a Sirone, a Cologna. Piane glaciolacustri sono state riconosciute, a S del Lago di Pusiano, presso Moiana e tra gli attuali laghi di Annone e Pusiano e a San Bernardino nella quale sfociava il corso d'acqua fluvioglaciale di Longone.

Morfologia e paleogeografia. Le morfologie legate al sintema di Cantù sono in genere ben conservate con morene a fianchi ripidi e ben rilevate rispetto alle zone circostanti. Non tutte le morene sono costituite da soli depositi glaciali ma risultano ricoprire unità di substrato e conglomeratiche; ad esempio la morena di Carcano si appoggia ad un dosso in conglomerato mentre quella di S. Salvatore giace su di un dosso in roccia.

I depositi fluvioglaciali costituiscono spesso i terrazzi e le piane morfologicamente più bassi all'interno delle principali valli, tra cui quella del Lambro, del Terrò, della Val Sorda e del Seveso presso Limbiate.

Età. Il sintema di Cantù è attribuibile al Pleistocene superiore (BINI, 1987; FELBER 1993; DA ROLD 1990).



3.2.3.3 Unità non distinte in base al bacino di appartenenza

3.2.3.3.1 Sintema del Po (POI)

Definizione. Da sabbie a supporto di matrice a ghiaie fini con sabbia grossolana a supporto di clasti, ma con matrice abbondante costituita da sabbie grossolane: depositi fluviali e di conoide dominati da *debris flow*. Argille e torbe: depositi lacustri. Assenza di alterazione.

Sinonimi. L'unità comprende l'Alluvium recente di RIVA (1957).

Superfici limite e rapporti stratigrafici. La superficie limite superiore coincide con la superficie topografica, mentre la superficie limite inferiore è una superficie di erosione che pone il sintema del Po a contatto con tutte le unità descritte.

Il limite fra l'attribuzione di un deposito al sintema del Po o al supersintema di Vengono può essere incerto. Mentre sono certamente da attribuire al sintema del Po tutti i depositi fluviali presenti nelle grosse valli che attraversano il territorio, non è altrettanto chiara l'attribuzione della totalità dei depositi di versante e di conoide presenti in molti contesti analizzati nei quali la fisiografia attuale è stata raggiunta prima dell'Episodio Cantù e si può ragionevolmente supporre che si sia avuta instabilità accentuata lungo i versanti sia durante gli episodi di raffreddamento climatico, sia con le opere di disboscamento antropico. Tale condizione è caratteristica della maggioranza delle incisioni vallive presenti nel territorio, le quali, determinate da antichi corpi glaciali, sono ancora oggi utilizzate da corsi d'acqua. In questi casi l'impossibilità di definire l'esatta collocazione stratigrafica di questi depositi ha condizionato la scelta di prediligere l'attribuzione al supersintema di Vengono.

Litologia. Il sintema del Po è costituita da depositi fluviali e di conoide.

- Depositi fluviali. Ghiaie ben selezionate con ciottoli arrotondati ed embricati, a supporto di matrice, con alterazione assente; matrice di colore 10YR. Ghiaie fini con sabbie grossolane a supporto di clasti, ma con matrice abbondante. Clasti da subarrotondati a spigolosi, poligenici.
- Depositi di conoide dominati da *debris flow*. Ghiaie massive a supporto di matrice limoso sabbiosa, ghiaia massiva a supporto di clasti. Clasti di dimensioni centimetriche, poligenici.

La granulometria del deposito dipende strettamente dal contesto in cui questa unità viene osservata.

Area di affioramento. L'unità affiora in tutto il territorio considerato lungo le aste dei fiumi attualmente attivi e lungo i versanti caratterizzati da instabilità attuale o recente. Depositati lacustri



sono presenti presso modestissimi bacini posti a S di Musico (S di Costa Masnaga) e a N di Cremella, a carattere per lo più stagionale, dove la deposizione di questi sedimenti avviene tuttora.

Morfologia e paleogeografia. La morfologia di tale unità è ben espressa nelle piane fluviali di maggiori dimensioni (Valle del Seveso, Valle della Lura, Valle di Brenna, Valle del Terrò, Valle del Lambro) mentre tende a diventare scarsamente significativa nelle aste più ridotte dove spesso la deposizione dei sedimenti è polifasica e ha interessato probabilmente molti eventi sedimentari anche precedenti l'ultima deglaciazione (supersistema di Vengono).

Età. Il sistema del Po è di età Pleistocene superiore - Olocene.

3.2.4 Tettonica

3.2.4.1 Tettonica regionale

L'assetto strutturale dell'area compresa nel Foglio 096 - Seregno è il prodotto del raccorciamento avvenuto in questo settore delle Alpi Meridionali durante la fase compressiva neoalpina (*sensu* Trumpy, 1973). La deformazione che ne è derivata, guidata da vettori di massima compressione ≈ 1 a direzione $20/30^\circ\text{N}$ e successivamente 340°N (CASTELLARIN *et alii*, 1992) si è esplicata nel campo fragile tra l'Oligocene ed il Messiniano, determinando un sistema di piegamenti, faglie prevalentemente inverse e sovrascorrimenti. Le estese coperture quaternarie hanno portato ad una marcata frammentazione degli affioramenti del substrato in lembi generalmente limitati, impedendo di fatto l'osservazione diretta di strutture a scala del foglio, e limitando l'osservazione delle mesostrutture ai pochi affioramenti disponibili. Pertanto i lineamenti riportati nel Foglio 096 - Seregno sono stati interpretati attraverso l'analisi del campo di giaciture di S0, del clivaggio S1 (laddove osservato) e della distribuzione spaziale delle unità stratigrafiche cartografate. Tale analisi è stata inoltre supportata dall'interpretazione dei profili sismici ENI, che ha permesso di inquadrare regionalmente i diversi stili tettonici presenti nel foglio. Sulla base di queste premesse è possibile suddividere il foglio in due settori tettonici caratterizzati da un'opposta vergenza delle strutture principali (Fig. 6).

1. Sciame delle pieghe settentrionali: queste interessano le unità della successione clastica cretacea affiorante nell'angolo NE del foglio tra Bosisio Parini e Sirone; si tratta di pieghe aperte o blande, con assi a direzione media $108^\circ \pm 37^\circ$ ($n = 65$) e piani assiali generalmente verticali o subverticali con immersione verso NNE.



2. Fascia con giacitura regionale di S0 verticalizzata: a SW dello sciame precedente si osserva una fascia larga circa 1-1.5 km, allungata in direzione NNW-SSE tra Barzago e Costa Masnaga, caratterizzata da giaciture da sub-verticali a verticali, in taluni casi rovesce. Tali giaciture interessano soprattutto il Flysch di Bergamo e presentano direzione media di $118^\circ \pm 9^\circ$ ($n = 44$). Nell'ambito di questa fascia si osservano pieghe decametriche asimmetriche ad "esse" con fianco lungo immergente verso NNE con inclinazione modesta, e fianco corto immergente più ripidamente a SSW o rovescio. In tali pieghe la lunghezza d'onda è plurimetrica ed il clivaggio pervasivo. Il clivaggio di fratturazione, sistematicamente immergente verso NNE, si presenta parallelo alla superficie assiale delle pieghe riconoscibili, coerente con il senso di asimmetria delle strutture. L'insieme dei caratteri è indicativo della possibile presenza di un piano di faglia soggiacente la fascia verticalizzata (rampa?) ripidamente immerso verso NE. In affioramento questa interpretazione appare supportata dalla presenza del sistema di faglie di Centemero, descritto nel successivo paragrafo.

3. Sciame delle pieghe meridionali: queste pieghe, poste a SW del settore precedente, interessano soprattutto le formazioni di Brenno, Tabiago e Cibrone. La geometria di queste pieghe è desunta dal campo di S0 (108 misure) dalla cui elaborazione deriva una direzione media degli assi di $113^\circ \pm 28^\circ$ ed un'immersione dei piani assiali verso NNE. In particolare la distribuzione delle unità cretache e paleogene mette in evidenza un'ampia anticlinale con vergenza verso SSW.

4. Monoclinali briantea: a SW del settore precedente, si osserva una monoclinale che interessa esclusivamente la successione miocenica della Gonfolite briantea con direzione media dei piani di S0 di $126^\circ \pm 6^\circ$ ($n = 42$) ed inclinazione media di $69^\circ \pm 11^\circ$ verso SW.

Sulla base degli studi compiuti nell'area bergamasca da BERSEZIO *et alii* (2001) e FANTONI *et alii* (2004) è possibile attribuire lo sciame delle pieghe settentrionali, la fascia a giaciture verticali e lo sciame delle pieghe meridionali alle "strutture del margine sudalpino".

Il secondo settore tettonico, osservabile nel quadrante nord-occidentale del foglio e strutturalmente collocato a W del precedente, è caratterizzato principalmente dal Retroscorrimento del M. Olimpino, che interessa le unità oligo-mioceniche della Gonfolite Lombarda (BERNOULLI *et alii*, 1989; GELATI *et alii*, 1991; BERSEZIO *et alii*, 1993). Tale retroscorrimento, sostenuto da un piano di scollamento basale collocabile nella formazione di Chiasso o nelle sottostanti Marne di Gallarate, dà origine ad una monoclinale con direzione media dei piani di S0 di $129^\circ \pm 10^\circ$ ed immersione verso SW, con inclinazioni medie progressivamente



minori dalle unità più antiche a quelle più recenti (in media 45° nel conglomerato di Como, 40° nelle peliti di Prestino, 25° nelle arenarie della Val Grande e 10° nei conglomerati di Lucino). Tale variazione delle inclinazioni, a cui sono associate leggere discordanze angolari tra le varie unità della Gonfolite di Como, è il risultato di una tettonica sin-sedimentaria prodotta dalla progressiva propagazione dei sovrascorrimenti alpini verso S durante la deposizione della Gonfolite Lombarda (GELATI *et alii*, 1991).

3.2.4.2 Strutture tettoniche

3.2.4.2.1 Sistema di Faglie di Centemero (sovrascorrimenti S-vergenti a giacitura verticale regionale)

Questo importante sistema a cinematica inversa, legato alla fascia con giaciture verticali, coincide parzialmente con un elemento già 137

ipotizzato in BERSEZIO *et alii* (1988, 1992) e consiste sostanzialmente in un fascio di faglie inverse con moderata sopraelevazione strutturale, che portano il Flysch di Bergamo e la base della formazione di Brenno in contatto con i livelli eocenici della formazione di Tabiago. Un'importante elisione tettonica associata a questa faglia è stata documentata biostratigraficamente da KLEBOTH (1982) nella sezione di C.na Paradiso. Il rigetto complessivamente associato a questo sistema è stimato intorno ai 500 m. Nel *footwall* di questo sistema sono conservati i depositi della formazione di Cibrone.

1.2.4.2.2 Sovrascorrimento di Renate (sovrascorrimenti S-vergenti – sciame delle pieghe meridionali e monoclinale briantea)

I depositi cretacico-paleogenici sono separati dalla Gonfolite briantea da un'ampia anticlinale asimmetrica con vergenza verso SSW. Al nucleo di questa struttura affiora il membro di Rogeno del Flysch di Bergamo, mentre l'unità esposta più esterna è la formazione di Cibrone, affiorante presso Veduggio. Più a SW, un chilometro abbondante di coperture maschera i rapporti strutturali tra lo sciame il settore delle pieghe meridionali e la monoclinale briantea. L'interpretazione proposta è vincolata da una serie di osservazioni relative ai due settori considerati:

- marcata differenza di stili strutturali, caratterizzati da blande pieghe a NE e da una monoclinale a SW;

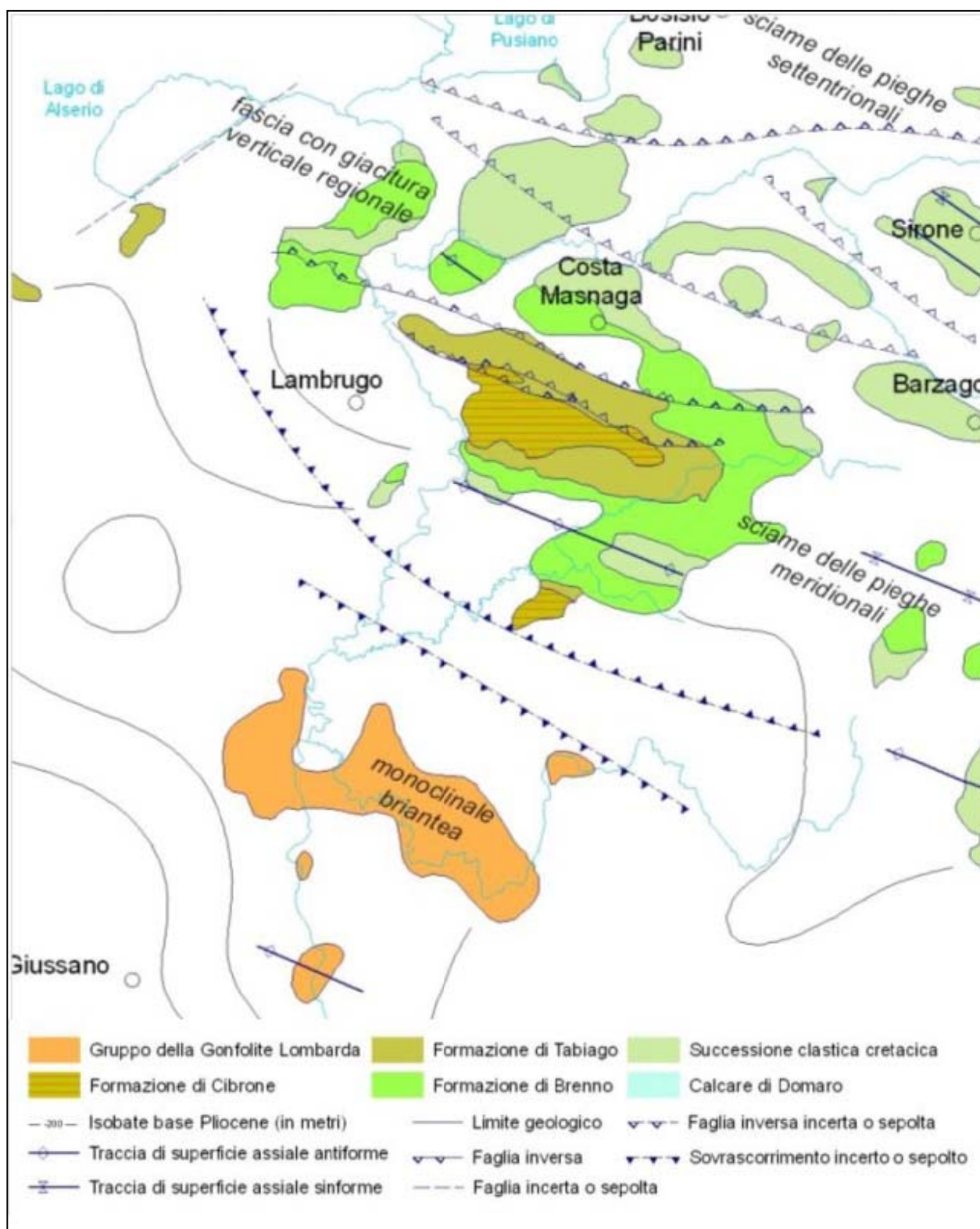


Figura 35: Sistema tettonico dell'area oggetto di studio



- limitata sopraelevazione strutturale dei depositi cretacico-paleogenici rispetto alla Gonfolite briantea e, più in generale, rigetti moderati distribuiti a monte sul Sistema di Centemero e sulle Faglie di Sirone e Bosisio;
- contiguità strutturale con la struttura di Montevvecchia, ubicata più a W (BERSEZIO & FORNACIARI, 1988; FORNACIARI *et alii*, 1988);
- elevato spessore stratigrafico coinvolto nella monoclinale della Gonfolite briantea, stimato nell'ordine di 2000 m (SCIUNNACH & TREMOLADA, 2004);
- dati di sottosuolo, che evidenziano in questo settore la presenza di piani sud-vergenti interpretabili come sovrascorrimenti che intersecano la successione clastica oligo-miocenica. Il contatto stesso tra la successione terrigena cretacico-paleogenica e la Gonfolite nel sottosuolo è generalmente tettonico, con la successione terrigena cretacico-paleogenica, piegata in maniera disarmonica e fagliata, che sovrascorre sulla Gonfolite Lombarda.

Le considerazioni appena esposte portano ad interpretare la relazione strutturale tra l'antiforme asimmetrica e la monoclinale briantea come la terminazione cieca di un importante sovrascorrimento. Tale terminazione sarebbe costituita da una serie di faglie con modesto rigetto, espresse dall'anticlinale asimmetrica osservata, da una verosimile anticlinale più esterna, coperta dai depositi quaternari, e da un retroscorrimento della successione miocenica sulle unità cretacico-paleogeniche, di significato locale e non confrontabile per posizione e rilevanza regionale con quello del M. Olimpino.

Il grado di evoluzione termica della successione miocenica della Gonfolite Lombarda, valutato su frammenti di carbone provenienti da un livello delle arenarie di Briosco (riflettanza della vitrinite $R_o = 0.35 \pm 0.04$ su 100 misure), è compatibile con qualche chilometro di seppellimento e rafforza un'interpretazione che escluda sovraccarichi tettonici significativi.

3.2.5 Aspetti ambientali e applicativi

3.2.5.1 Risorse idriche

3.2.5.1.1 Considerazioni generali sulla struttura idrogeologica

Le risorse idriche sotterranee del territorio interessato dal Foglio 096 - Seregno sono contenute in diverse unità geologiche e presentano una differente potenzialità dal punto di vista quantitativo,



mentre il consistente apporto meteorico garantisce una possibilità della loro ricarica, ma solo in settori limitati.

In alcuni settori la ridotta consistenza delle acque sotterranee per l'approvvigionamento potabile, causata da serbatoi idrici sotterranei di scarsa estensione e permeabilità, ha costretto al ricorso di acque provenienti dall'esterno (sorgenti di Alserio e lago di Como nella sponda lecchese).

Una maggiore variabilità nella struttura idrogeologica si osserva nella parte settentrionale collinare (province di Como e Lecco), caratterizzata dalla presenza di depositi glaciali incisi dai corsi d'acqua principali, mentre una relativa minore complessità è presente nella parte meridionale di alta pianura (Provincia di Milano).

I principali acquiferi che si individuano sulla base dei dati di letteratura (AVANZINI *et alii* 1995; BERETTA, 1984; BERETTA *et alii*, 1984; 1985; 1986; FRANCANI *et alii*, 1983) sono di seguito illustrati.

1) All'interno degli orizzonti più permeabili dei depositi glaciali si ha un ridotto immagazzinamento di acque nel sottosuolo a causa della loro scarsa continuità e del grado di permeabilità non elevato, nonché della presenza del substrato roccioso poco permeabile.

Le falde sono sospese, libere o parzialmente confinate, talora con carattere stagionale e la loro produttività è molto bassa, tanto che non sono sfruttate se non localmente; ciò anche a causa della ridotta permeabilità dei suoli superficiali che non consentono una buona alimentazione delle acque sotterranee.

2) I depositi glaciali sono incisi dai corsi d'acqua principali che hanno eroso e poi accumulato sedimenti ghiaioso - sabbiosi che possono avere uno spessore significativo, trattandosi di paleovalli talora non coincidenti con l'attuale andamento dei corsi d'acqua.

In questi depositi si hanno falde libere con potenzialità medio-alte, caratterizzate da una portata specifica superiore anche a 10 l/s/m.

3) Al di sotto dei depositi glaciali e fluvioglaciali si trovano conglomerati e arenarie (ceppo *s.l.*) che possono contenere significativi volumi di acque negli orizzonti meno cementati e più fessurati; nella parte basale è minore il grado di cementazione e in letteratura tale orizzonte viene definito con la denominazione convenzionale di "acquifero sotto il Ceppo".

I pozzi dell'area interessano nella maggior parte questa unità con portate specifiche di qualche l/s/m ed eccezionalmente fino a 10 l/s/m.



L'acquifero, che contiene una falda libera, è limitato inferiormente da argille e limi plio-pleistocenici e in contatto laterale con la falda dei depositi alluvionali e fluviali dei principali corsi d'acqua.

4) Gli acquiferi 2) e 3) sopra descritti sono limitati alla base dai depositi plio-pleistocenici argilloso-limosi che hanno all'interno lenti sabbiose e in parte ghiaiose contenenti falde confinate e semiconfinate la cui potenzialità è bassa raggiungendo portate specifiche dell' l/s/m.

Il loro sfruttamento è stato consentito dalle ricerche idriche condotte nel tempo, in relazione alla scarsa potenzialità delle falde più superficiali e dai fenomeni di contaminazione (prevalentemente nitrati e solventi clorurati) che hanno caratterizzato le acque in territori fortemente urbanizzati.

Talora le acque profonde, pur essendo protette dalle attività antropiche, possono presentare una facies idrochimica negativa per gli approvvigionamenti, essendo presenti ammoniaca, ferro, manganese e 143

idrogeno solforato in concentrazioni al di sopra della norma, richiedendo quindi il trattamento delle acque prima della loro distribuzione.

Inoltre la presenza in subaffioramento o in affioramento (come nelle valli del Seveso-Acquanegra e del Lambro) di questa unità determina l'assenza degli acquiferi precedentemente descritti 2) e 3).

Gli acquiferi 3) e 4) presentano una continuità anche nella parte meridionale, essendo sempre sovrapposti e determinando l'esistenza di falde differenziate che sono sfruttate dai pozzi pubblici e privati, anche se il maggiore grado di protezione dall'inquinamento degli acquiferi 4) dovrebbe riservarli all'approvvigionamento potabile. Le unità sabbioso-ghiaiosa e a conglomerati e arenarie (facies fluviali del Pleistocene medio e inferiore) costituiscono il Gruppo Acquifero B, mentre l'unità sabbioso-argillosa (facies continentale e transizionale del Pleistocene inf.-Pliocene sup. o Villafranchiano Superiore e Medio *Auct.*) il Gruppo Acquifero C e probabilmente il Gruppo Acquifero D, secondo la classificazione REGIONE LOMBARDIA-ENI (2002).

Per quanto attiene al flusso idrico sotterraneo misurato negli acquiferi 2) e 3) tra loro intercomunicanti, si osserva come atteso un generale andamento verso S, che viene tuttavia modificato in corrispondenza delle zone maggiormente permeabili poste lungo gli alvei dei corsi d'acqua del Lura, del Seveso e del Lambro.

Infatti il reticolo di flusso risulta significativamente modificato dalle strutture drenanti presenti lungo i paleoalvei di tali corsi d'acqua, con inflessione verso N delle isopiezometriche anche di diversi km (BERETTA *et alii*, 1984).



La struttura drenante del paleoalveo del Seveso risulta già accentuata nel territorio canturino e prosegue con minore rilevanza nella parte più a S.

Il paleoalveo del Lambro si delinea dall'altezza di Briosco verso S, a valle degli affioramenti del substrato roccioso e dei depositi lacustri di Fornaci.

La struttura drenante del paleoalveo del Lura è la meno pronunciata rispetto alle precedenti ed individuabile da Cadorago verso S.

3.2.5.1.2 Struttura idrogeologica degli acquiferi del sistema del Lambro

Nella *zona di Orsenigo* si ha una struttura di paleoalveo in profondità (probabile prosecuzione verso S del Cosia) che non ha una grande estensione laterale. Le portate specifiche sono consistenti nella falda dei conglomerati tipo ceppo, mentre è ridotta la potenzialità di quella dei sovrastanti depositi glaciali e fluvioglaciali; tali falde sono probabilmente intercomunicanti in prossimità del lago di Alserio dove sono presenti le sorgenti di Alserio, di notevole interesse per gli approvvigionamenti ed anche per l'alimentazione del bacino lacustre.

Anche la falda presente nei depositi plio-pleistocenici è probabilmente intercomunicante con la falda nei conglomerati.

La struttura del *delta-conoide del Lambro* ad Erba interessa l'area di studio solo nella parte terminale laddove il progressivo affinamento delle granulometrie presenti nel sottosuolo determina emergenze della falda simili ai fontanili della medio-bassa pianura padana.

Nella *zona di Anzano del Parco* si hanno falde di modesta potenzialità in quanto si hanno terreni poco permeabili e la prima falda è subaffiorante e dà luogo a fenomeni di impaludamento. Ad Alzate Brianza sono segnalate anche falde profonde, ma di estensione molto limitata a causa della presenza di un substrato a pochi metri dal piano campagna. Si tratta dunque di territori poco produttivi a causa della scarsa trasmissività degli acquiferi.

La zona delle *Colline di Inverigo* è costituita da terreni scarsamente produttivi dal punto di vista idrogeologico, in quanto la dorsale corrisponde ad un alto morfologico delle argille plio-pleistoceniche al di sopra delle quali si hanno i conglomerati tipo ceppo. Ciò ostacola l'infiltrazione in profondità delle acque e ne produce l'emergenza a mezza costa (Orrido di Inverigo) laddove le condizioni morfologiche lo consentono.

La zona della *Valle del Lambro tra Lambrugo e Briosco* costituisce una depressione interessata fino a notevoli profondità (80-100 m dal piano campagna) dalla presenza di depositi glacialacustri



prevalentemente limoso-argillosi che comprendono con ogni probabilità verso il basso anche le argille plio-pleistoceniche. Nel complesso, nonostante alcuni serbatoi idrici sotterranei locali, la zona può considerarsi poco produttiva come testimoniano le ricerche idrogeologiche sterili condotte nel passato.

3.2.5.2 Rischi naturali

I rischi naturali che insistono sull'area del Foglio 096 - Seregno sono legati soprattutto ai fenomeni alluvionali, che interessano principalmente le aree di esondazione dei fiumi Lambro e Seveso e dei loro affluenti a regime torrentizio; ben più ridotto e localizzato arealmente il rischio da fenomeni franosi, che si presenta solo in piccoli settori ai margini settentrionale e orientale del Foglio. Il rischio sismico è pressoché trascurabile.

3.2.5.2.1 Frane

Secondo i dati del Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani), sull'area del foglio insistono 135 fenomeni franosi di piccole dimensioni, il più esteso dei quali (area franosa di Tàssera, presso il Lago di Alserio) occupa 0,32 km²; tra i più piccoli si possono annoverare le frane lineari, che presentano superficie non significativa alla scala di restituzione cartografica adottata. I fenomeni si concentrano nel settore centro-settentrionale, in corrispondenza delle dorsali collinari della Spina Verde e del Montorfano, e in quello nord-orientale (Monticello Brianza e Collina di Sirone). Solo lo 0,12% dell'area del foglio è interessata da fenomeni franosi; a livello tipologico, i fenomeni sono ripartiti come da Tab. 7. Anche la falda presente nei depositi plio-pleistocenici è probabilmente intercomunicante con la falda nei conglomerati.

La struttura del delta-conoide del Lambro ad Erba interessa l'area di studio solo nella parte terminale laddove il progressivo affinamento delle granulometrie presenti nel sottosuolo determina emergenze della falda simili ai fontanili della medio-bassa pianura padana.

Nella zona di Anzano del Parco si hanno falde di modesta potenzialità in quanto si hanno terreni poco permeabili e la prima falda è subaffiorante e dà luogo a fenomeni di impaludamento. Ad Alzate Brianza sono segnalate anche falde profonde, ma di estensione molto limitata a causa della presenza di un substrato a pochi metri dal piano campagna. Si tratta dunque di territori poco produttivi a causa della scarsa trasmissività degli acquiferi.



La zona delle Colline di Inverigo è costituita da terreni scarsamente produttivi dal punto di vista idrogeologico, in quanto la dorsale corrisponde ad un alto morfologico delle argille plio-pleistoceniche al di sopra delle quali si hanno i conglomerati tipo ceppo. Ciò ostacola l'infiltrazione in profondità delle acque e ne produce l'emergenza a mezza costa (Orrido di Inverigo) laddove le condizioni morfologiche lo consentono.

La zona della Valle del Lambro tra Lambrugo e Briosco costituisce una depressione interessata fino a notevoli profondità (80-100 m dal piano campagna) dalla presenza di depositi glaciolacustri prevalentemente limoso-argillosi che comprendono con ogni probabilità verso il basso anche le argille plio-pleistoceniche. Nel complesso, nonostante alcuni serbatoi idrici sotterranei locali, la zona può considerarsi poco produttiva come testimoniano le ricerche idrogeologiche sterili condotte nel passato.

TIPO DI FRANA	n° di fenomeni	superficie totale (km2)	superficie percentuale
crollo/sprofondamento	44	0,52	66,7%
conoide	3	0,05	6,4%
frana lineare	36	0,00	0,0%
area soggetta a franosità diffusa	52	0,21	26,9%
Totale	135	0,78	100,0%

Tabella 4: Tipologia e parametri quantitativi di sintesi dei principali dissesti sull'area del Foglio 096 - Seregno (dalla banca dati del Progetto IFFI).

3.2.5.2.2 Fenomeni alluvionali

Il rischio legato alle esondazioni dei corsi d'acqua è stato studiato in modo sufficientemente approfondito solo per il Lambro (CASATI, 1986; AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2003), le cui fasce alluvionabili sono state perimetrate in dettaglio all'interno del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2001).

Ragionando per semplicità solo sugli ultimi 100 anni, è possibile notare come il bacino del Lambro abbia registrato 16 esondazioni più o meno gravi (tempo di ritorno attorno a 6 anni), quattro delle



quali particolarmente critiche e generalizzate (tempo di ritorno ≤ 25 anni). In particolare, la piena del giugno 1963 ha interessato un lungo tratto del fiume, da Briosco a Monza, coinvolgendo anche la Bevera di Nibionno fino a Veduggio, mentre quella dell'ottobre 1976 ha avuto effetti generalizzati alla scala dell'intero Foglio 096 - Seregno, come testimoniano la concomitante tracimazione del Lago di Pusiano e le esondazioni del F. Seveso tra Lentate e Varedo, del T. Lura tra Bulgarograsso e Uboldo, del T. Guisa tra Ceriano Laghetto e Cesate, del T. Tarò a Cabiante e Meda. Sempre accompagnate da tracimazioni del Lago di Pusiano sono state le piene dell'ottobre 1993 (con esondazioni del F. Lambro a Merone, Verano B.za e Lesmo; del F. Seveso a Cucciago; del T. Guisa a Cesate; del T. Molgorana tra Arcore e Usmate; del T. Mariola a Cermenate; del T. Vecchia tra Carugo e Mariano Comense) e del novembre 2002. Eventi minori hanno interessato il F. Lambro anche negli anni 1917, 1928, 1934, 1935, 1937, 1938, 1947, 1951, 1982, 1984, 1988 e 1994. La criticità idraulica del F. Lambro si deve all'ampiezza del bacino (1950 km²), esteso a gran parte del cosiddetto Triangolo Lariano, a fronte di un alveo che, nell'area del Foglio, si presenta di ampiezza ridotta e interessato da numerosi interventi di regimazione forzata e restrizione di sezione, anche legati all'intenso sfruttamento industriale delle acque del fiume fino agli anni '70 del XX Secolo. Con l'obiettivo di ridurre il rischio alluvionale a valle del Lago di Pusiano, nel 2008 è stato siglato un Protocollo d'Intesa tra Regione Lombardia, Parco della Valle del Lambro e Comune di Costa Masnaga per l'utilizzo della cava di Brenno della Torre (la cui cessazione di attività è prevista per l'ottobre 2016) come cassa di espansione del T. Bevera.

Il Fiume Seveso denota una tendenza alla tracimazione in occasione di eventi meteorologici di particolare intensità, con una frequenza dei fenomeni in aumento negli ultimi decenni, come dimostrano gli eventi di piena (oltre a quelli citati del 1963 e 1976) nel 1977 a Cesano Maderno, nel 1981 ancora tra Cesano Maderno e Lentate, nel 1992 a Cermenate e – come detto – nel 1993 a Cucciago. L'evento del 1992, seppure più confinato di quello del 1993, ha prodotto effetti anche su altre aste torrentizie, causando tracimazioni del T. Molgora a Usmate Velate e del T. Serenza tra Cantù e Carimate.

3.2.5.2.3 Sismicità

L'area compresa nel Foglio 096 - Seregno è caratterizzata da bassa sismicità. La sismicità della porzione lombarda della Pianura Padana è infatti caratterizzata da pochi terremoti di magnitudo da media a bassa, localizzati principalmente lungo il margine delle Alpi tra i laghi di Garda e Iseo,



mentre verso W gli eventi si presentano più sparsi. In generale si osserva una diminuzione sia dell'energia rilasciata sia del numero di terremoti da E verso W, con la quasi assenza di terremoti a W di Milano. Nell'area del foglio il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI04; GRUPPO DI LAVORO CPTI, 2004) non riporta alcun terremoto con magnitudo momento $M_w \geq 4.5$ e/o intensità epicentrale $I_0 \geq 5$, nell'intervallo temporale 1000-2002. Anche la sismicità strumentale (1981-2006) è pressoché assente: il Catalogo Strumentale CSI 1.1 (CASTELLO et alii, 2006) e il Bollettino Strumentale INGV riportano solamente tre eventi con epicentro localizzato all'interno dell'area del foglio e con magnitudo locale M_L inferiore a 2.5.

Gli unici terremoti con $M_w \geq 5.0$ localizzati da CPTI04 nelle vicinanze dell'area compresa nel foglio sono quelli del 26 novembre 1396 ($M_w 5.37 \pm 0.30$) e del 9 febbraio 1979 ($M_w 5.03 \pm 0.18$). Il terremoto del 1396 è noto solamente attraverso la cronaca (1337-1517) della famiglia Mezzotti di Monza, pubblicata nel 1840 (MEZZOTTI, 1840). Sulla base di questa unica fonte, che riporta danni ad alcune case di Monza, vari studi (STUCCHI et alii, 1993; BOSCHI et alii, 1997; 2000; GUIDOBONI E COMASTRI, 2005) assegnano un'intensità di 7-8 MCS (scala Mercalli-Cancani-Sieberg; SIEBERG, 1932) alla città. La localizzazione dell'epicentro di CPTI04, ottenuta da questo unico dato di intensità, è quindi da ritenersi molto incerta. Il terremoto del 9 febbraio 1979 è localizzato da CPTI04 qualche km a E di Vimercate. Secondo GUIDOBONI et alii (2007), i risentimenti di questo terremoto non hanno superato $I = 6$ MCS, assegnata a 9 località a E dell'Adda, e ha avuto effetti classificati come $I = 5-6$ MCS a Besana in Brianza e $I = 5$ MCS a Cantù, Seregno, Desio e Monticello Brianza.

Più in generale, secondo i dati contenuti nel Database Macrosismico Italiano 2004 (DBMI04, STUCCHI et alii, 2007) i risentimenti nelle località situate nell'area del foglio non superano $I = 5$ MCS, riportata solamente a Biassono in seguito al terremoto del 20 novembre 1991. Altri risentimenti sono dovuti a terremoti con epicentro localizzato lontano dall'area in oggetto.

Inoltre, le storie sismiche di queste località sono disponibili a partire dal terremoto del 1887 della Liguria Occidentale, che ebbe una vasta area di risentimento in tutta l'Italia settentrionale. La storia sismica di Monza pur cominciando nel 1276, conferma che i risentimenti sono sempre al di sotto della soglia del danno, ad eccezione del sopra citato terremoto del 1396 e del terremoto del 1951 del Lodigiano ($I = 6$ MCS), e sono conseguenza di terremoti con epicentro lontano, ma anche di magnitudo non elevata.



3.2.5.2.4 Occhi pollini

I territori compresi nel Foglio 096 - Seregno sono interessati da un problema geotecnico peculiare; infatti, nei conglomerati e nei depositi non cementati sono presenti cavità di dimensioni variabili che possono portare a sprofondamenti del terreno e delle opere sovrastanti.

Il fenomeno, noto a livello locale con il termine di "occhi pollini", può essere distinto in realtà in tre diverse tipologie principali che hanno caratteristiche leggermente diverse.

La prima tipologia è costituita da cavità presenti in conglomerati (ceppo s.l.), la seconda è data da cavità, anche di diversi metri cubi di volume, interamente comprese in depositi non cementati, mentre l'ultima è costituita da gallerie in genere superficiali.

Tra gli operatori del settore e la gente locale è inoltre invalso l'uso di identificare con il termine "occhi pollini" qualunque situazione in cui vi siano, nel sottosuolo, sedimenti molto soffici e con scadenti caratteristiche geotecniche. Tipicamente, rientrano in questa categoria terreni con risposta $N(30) < 3$ alle prove penetrometriche dinamiche, mentre negli occhi pollini veri e propri, che portano allo sviluppo di cavità vuote, si può assistere all'affondamento libero delle aste.

Il fatto che queste cavità siano principalmente presenti in sedimenti legati all'avanzata dei ghiacciai pleistocenici ha fatto supporre che il fenomeno fosse dovuto alla fusione di blocchi di ghiaccio intrappolati nei sedimenti stessi. Sebbene questo modello sia spesso ritenuto valido ancora oggi (DELL'ORSINA *et alii*, 1999), tuttavia l'origine è diversa (STRINI, 2004). Le cavità nel conglomerato sono ampiamente diffuse e hanno dimensione variabile da pochi centimetri a molti metri cubi e, inoltre, possono essere presenti anche fessure allargate. Le cavità possono derivare sia da veri e propri processi carsici, con dissoluzione della componente carbonatica del cemento e dei ciottoli, sia da alterazione *in situ* del conglomerato e successiva asportazione per *piping* del materiale alterato.

Le cavità in sedimenti non consolidati si trovano tipicamente in depositi fluvioglaciali molto alterati (supersintema del Bozzente); si rinvencono in genere sopra la falda, a profondità variabili da pochi decimetri fino a oltre 10 m e possono avere un volume di molti metri cubi; in questo caso la loro origine è connessa a processi di *piping*, mentre la frazione argillosa derivante dall'alterazione fornisce la coesione necessaria al mantenimento della cavità. Probabilmente, in molti casi, gioca un ruolo importante anche la presenza di conglomerato alterato sottostante che funge da dreno per le acque.



Le condotte superficiali sono in genere di pochi decimetri di diametro e lunghezza anche di decine di metri; esse sono presenti soprattutto al contatto, o in prossimità del contatto, tra un sedimento superficiale poco consolidato (es. colluvio) ed un sedimento sottostante più consolidato e impermeabile (ad esempio *till* o fluvioglaciale alterato). In genere, le gallerie sono associate a pareti verticali, lungo le quali è possibile vedere la sezione della galleria che funge da sorgente.

La variabilità di condizioni in cui gli occhi pollini possono presentarsi, legata anche alla complessità della costituzione del sottosuolo, è notevole. Se è tipica la loro presenza sui terrazzi fluvioglaciali più antichi, altre segnalazioni si sono avute in sedimenti non particolarmente alterati (supersintema di Besnate e sintema di Binago), in terrazzi in cui le unità più antiche possono essere sepolte, in depositi glaciali nelle morene o in zone ampiamente rimaneggiate e antropizzate.

E' stata riscontrata una predisposizione alla genesi degli occhi pollini in luoghi o aree in cui si è avuto un cambiamento nella circolazione idrica sotterranea, sia per abbassamenti/innalzamenti della falda, sia per immissione di acqua in sottosuolo, ad esempio tramite pozzi perdenti.

E' importante sottolineare che, una volta innescato, il fenomeno può avere un'evoluzione molto rapida con formazione improvvisa di pozzi di crollo.

L'ampio spettro di contesti in cui gli occhi pollini possono generarsi fa sì che sia difficile determinare, a priori, dove essi siano presenti. Si possono individuare solo zone in cui è possibile che siano presenti occhi pollini ma non indicare il sito esatto.

L'individuazione tramite indagini geotecniche non è facile; le prove penetrometriche sono eseguite in genere con una maglia troppo ampia per individuare e descrivere con precisione il fenomeno; si tenga presente, infatti, che anche occhi pollini molto piccoli possono potenzialmente ingrandirsi una volta che è stata costruita l'opera e causare danni notevoli. Inoltre la possibilità che le cavità siano parzialmente o totalmente riempite di materiale di crollo o sedimenti derivanti dalla circolazione idrica sotterranea può rendere difficile il riconoscimento delle cavità stesse solo dall'analisi delle prove penetrometriche.

Il georadar, sebbene potenzialmente utile per individuare cavità nel sottosuolo, trova difficoltà nell'impiego in terreni ricchi di argilla quali quelli in cui tipicamente si formano gli occhi pollini.



3.2.5.2.5 Cave

Cave d'argilla. Il territorio del Foglio 096 - Seregno, per le peculiari caratteristiche litologiche che contraddistinguono specialmente le aree di “pianalto”, è stato da sempre oggetto di attività estrattive. Le estese e potenti coperture loessiche pedogenizzate (impropriamente denominate “ferretto”) che ricoprono o ricoprivano i pianalti stessi, sono state in passato intensamente cavate per la produzione di laterizi.

Non è facile collocare nel tempo l'apertura di queste cave di argilla; ritrovamenti archeologici in alcune località della Valle del Lambro, relativi a manufatti in terracotta, fanno pensare che già in epoca romana vi fosse praticata una attività di estrazione e lavorazione dell'argilla. Nei secoli del Medioevo troviamo testimonianze toponomastiche che attestano l'esistenza di fornaci, mentre i cenni più espliciti a “terre da cavare” si trovano nei documenti dei secoli XVII e XVIII.

Il processo di lavorazione del mattone consisteva nella raccolta dell'argilla, nel suo impasto, nella modellatura, nell'essiccazione e nella cottura. Anticamente, dopo la modellatura, i mattoni venivano accatastati per l'essiccazione sotto le “gambette”, strutture simili a strette e lunghe tettoie, di cui ve ne sono ancora alcune testimonianze presso Barlassina.

Questa attività, non solo ha condizionato il tipo di attività antropica, ma ha anche contribuito alla radicale modifica della morfologia di alcune aree del territorio. Lo sfruttamento delle cave d'argilla ha infatti determinato l'asportazione di spessori considerevoli di coperture superficiali su vaste aree, lasciando sul terreno evidenti “buchi”, ormai coperti da vegetazione boschiva e alberi di robinia.

Maggiori evidenze si hanno nell'area del “Pianalto delle Groane” (oggi Parco Regionale) dove, le prime fornaci del “pianalto” risalgono al 1730/1760, sono ben visibili cave abbandonate e vecchie fornaci ad esse adiacenti lasciate al degrado. Le cave abbandonate sono localizzate nelle aree boschive di Misinto, Barlassina, Cogliate, Solaro, Ceriano Laghetto, disseminate un po' ovunque sul “pianalto” tra Meda e Figino Serenza e nella Valle del Lambro come presso Briosco.

Negli ultimi anni queste aree degradate sono oggetto di programmi di recupero e riqualificazione ambientale; inserite in parchi regionali (Parco delle Groane, Parco della Brughiera Briantea, Parco della Valle del Lambro), ospitano spesso aree umide e riserve naturali per la tutela della fauna e della flora endemica della zona dell'alta pianura milanese.

La Pianificazione provinciale in tema di cave. Sull'area del foglio insistono 16 cave censite dai Piani Cave Provinciali (Deliberazioni del Consiglio Regionale n. VII/728 del 25 febbraio 2003 relativa alla



Provincia di Como, n. VIII/166 del 16 maggio 2006 relativa alla Provincia di Milano – allora comprensiva anche del territorio di Monza e Brianza; i vigenti Piani Cave delle Province di Lecco e Varese non comprendono cave attive nell'area del Foglio). Tutti i 16 siti sono dedicati all'estrazione di terreni sciolti (ghiaia e sabbia).

Non figurano nell'elenco le grandi cave storiche di pietra da calce ricadenti in Provincia di Lecco, vuoi perché dismesse (Rio Gambaione 1, Bàggero Ovest) o recuperate dal punto di vista ambientale e ricreativo (Bàggero Est), vuoi perché, seppure in attività, sono state registrate come miniere di marna (Brenno della Torre e Rio Gambaione 2, entrambe attualmente di proprietà della multinazionale svizzera Holcim). I dati disponibili sulle dimensioni e l'attività di queste "miniere" sono più scarsi e spesso presentati solo in forma aggregata (v. PROVINCIA DI LECCO, 2003); quel che è certo sono le notevolissime dimensioni delle aree estrattive (circa 43 ha per la sola parte attiva di Brenno della Torre, ben 116 ha per Rio Gambaione 2) e gli ingenti volumi di materiale estratto, per lo più tramite abbassamento dei piazzali: 1.110.672 t nel solo anno 2002, dato però cumulato tra le miniere di Brenno della Torre, Rio Gambaione 2 e Alpetto (quest'ultima in Comune di Cesana Brianza e ricadente nell'adiacente Foglio 075 - Como).

Altrettanto dimenticate dai Piani Cave ufficiali sono le numerose cave di pietre da mola o da frantoio, più raramente da costruzione, abbandonate da tempo ma ancora riconoscibili in quanto affioramenti "anomali" e documentate nelle classiche monografie di BREISLAK (1822) E JERVIS (1874). Esse si posizionano di preferenza nelle aree di affioramento dell'arenaria di Sarnico, del Flysch di Bergamo e delle arenarie di Briosco (pietra da mola, *moléra* in dialetto), nonché del conglomerato di Sirone (pietra da frantoio). Significativi anche gli sbancamenti di limo lacustre e di marna in località Fornaci di Briosco, dove è stata attiva a lungo l'"industria dei laterizi.

3.2.5.2.6 *Patrimonio geologico*

Appare opportuno menzionare quegli elementi geologici del territorio ritenuti meritevoli di tutela in quanto riconosciuti come beni geologici. I cosiddetti geositi sono individuati qualora a essi sia possibile associare un valore scientifico, ai fini della comprensione dei processi geologici in atto e/o nei termini dell'esemplarità didattica. I geositi trovano una posizione ben definita nella normativa comunitaria, in particolare nella Raccomandazione del Consiglio d'Europa Rec(2004) sulla conservazione del patrimonio geologico e delle aree di particolare interesse geologico, adottata dal Comitato dei Ministri il 5 maggio 2004, e sono stati riconosciuti come "istituzioni per



la tutela della natura” nel Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR) adottato dal Consiglio Regionale della Lombardia con Deliberazione n. VIII/874 del 30 luglio 2009. I repertori del PTPR sono congruenti con l’allegato 14 della Deliberazione di Giunta Regionale n. VIII/7374 del 28 maggio 2008 (“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio”), cui si è fatto riferimento per l’individuazione dei geositi nell’area del Foglio 096 - Seregno.

I 12 geositi ricadenti nell’area del foglio sono stati classificati da un punto di vista tipologico, secondo le indicazioni del progetto “Conservazione del patrimonio geologico italiano” coordinato da ISPRA, sulla base del motivo d’interesse scientifico prevalente e sul livello al quale l’interesse si esplica (da locale e mondiale). Come si può notare, la tipologia dominante è quella riferita alla presenza di sezioni-tipo e località-tipo di unità litostratigrafiche afferenti ai cataloghi nazionali, ma anche i geositi legati al modellamento glaciale sono ben rappresentati. La tabella evidenzia puntualmente le coerenze tra i geositi e le altre istituzioni di tutela ambientale eventualmente presenti: aree protette, riserve naturali, Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e prescrizioni specifiche dei Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali (PTCP).

Nella tabella seguente sono stati indicati esclusivamente i geositi di immediata vicinanza con i luoghi interessati dall’intervento.

Nome sito	Valore	Livello	Rapporti con rete Natura 2000
Orrido di Inverigo	Geomorfologico	Regionale	no
formazione di Cibrone – Località tipo	Geologia stratigrafica	Regionale	no
formazione di Tabiago – Sezione tipo	Geologia stratigrafica	Nazionale	no

Tabella 5: Geositi di valore paesaggistico – monumentale nell’area