

**VC-E-978 - LAVORI DI ADEGUAMENTO IN QUOTA E REALIZZAZIONE
NUOVO TRATTO DI ARGINATURA IN SPONDA DESTRA DEL FIUME SESIA
IN LOCALITA' CASE BIANCHE DEL COMUNE DI VERCELLI**

PROGETTO DEFINITIVO

DICEMBRE 2020

	NOME	FIRMA	DATA
REDAZIONE	A. MACONI		22.12.2020
VERIFICA	A. MACONI		22.12.2020
APPROVAZIONE	G. FLOREALE		22.12.2020

ATP PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

ALTENE INGEGNERI ASSOCIATI

20127 MILANO - Via Dolomiti, 11/B - Tel. 02.49.47.10.67
Fax 02.39.29.27.58 - E-Mail: info@alteneingegneria.it
www.alteneingegneria.it



AZIENDA CON SISTEMA
GESTIONE CERTIFICATO
UNI EN ISO 9001



Dott. Ing. GIUSEPPE FLOREALE
Dott. Ing. EMANUELE BOTTAZZI
Dott. Ing. ANDREA MACONI
Geom. GIANFILIPPO ZANGLA

MANDANTE



Via Adorni Suor, San Anna Maria, 2
43121 Parma (PR)
Tel. 0521.233999
info@engeo.it

Dott. Geol. FRANCESCO CERUTTI

**RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Dott. Ing. GIUSEPPE FLOREALE

TITOLO

RELAZIONE GENERALE

IL R.U.P.

Dott. Ing. LAURA CASICCI

	N°	Descrizione	ESEGUITA DA	Data			
EMISSIONE	A	PRIMA EMISSIONE	A. MACONI	DIC. 2020			
REVISIONI							
Numero elaborato		TIPOLOGIA PD	COMMITTENTE 060-11	COMMESSA 14-20	DOCUMENTO RT	NUMERO R.01	SCALA —

Sommario

1	PREMESSA	2
2	PRECEDENTI STUDI	3
2.1	Studio di Fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Sesia e dei Torrenti Elvo e Cervo, ADBPo 2004	3
2.2	Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA)	5
3	PRINCIPALI EVENTI DI PIENA STORICI	8
3.1	L'evento alluvionale del 1968.....	8
3.2	L'evento alluvionale dell'ottobre 2000.....	9
3.3	L'evento alluvionale dell'ottobre 2020.....	11
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	15
4.1	Descrizione dei luoghi.....	15
4.2	Rilievo topografico.....	18
4.3	Analisi idrauliche.....	18
4.4	Vincoli presenti.....	19
4.5	Interferenze con sottoservizi.....	19
4.6	Inquadramento geologico	19
4.7	Inquadramento archeologico	20
5	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	22
5.1	Studio delle alternative	22
5.2	Soluzione di progetto.....	24
6	QUADRO ECONOMICO.....	29
6.1	Computo delle opere	29
6.2	Aspetti espropriativi.....	29

1 PREMESSA

L'intervento in oggetto prevede l'adeguamento in quota e la realizzazione di un nuovo tratto di arginatura in loc. Case Bianche a valle della frazione Cappuccini del comune di Vercelli.

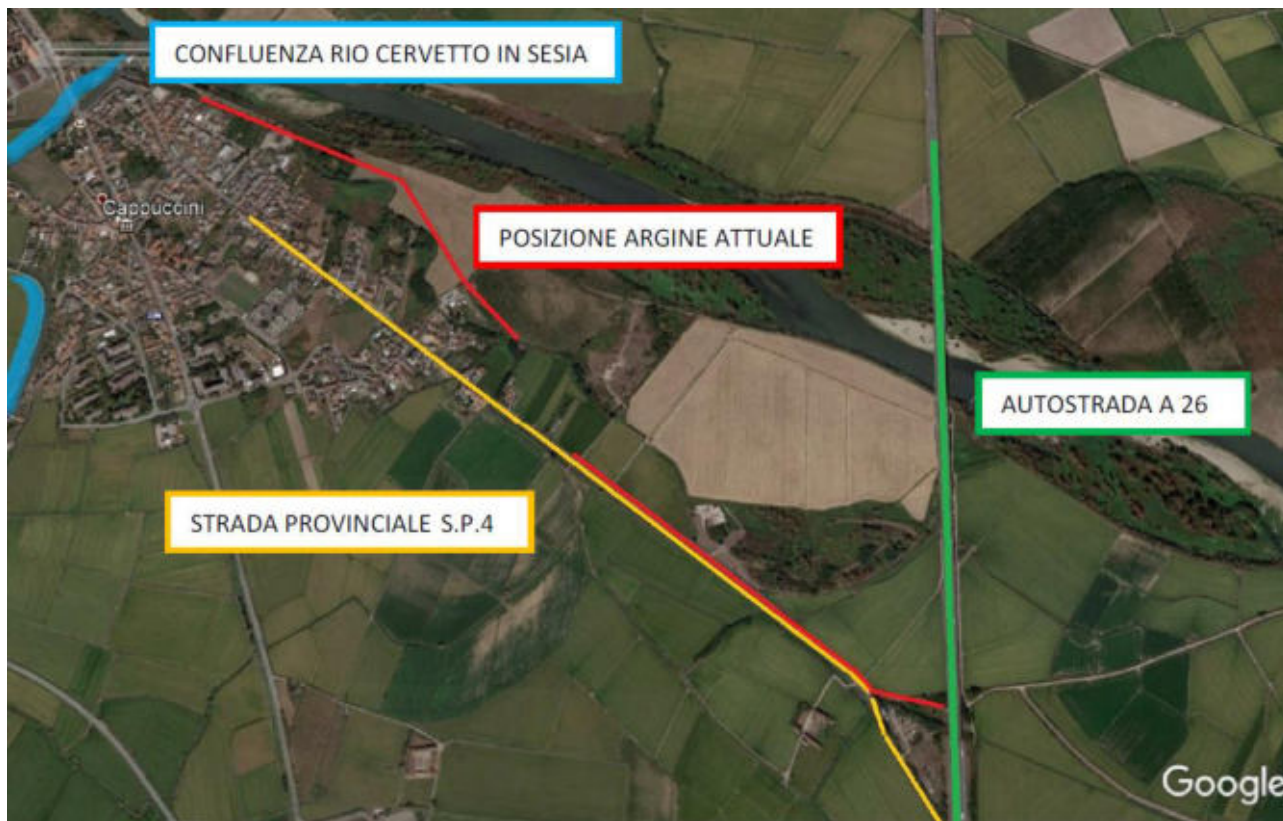


Figura 1. Localizzazione geografica dell'intervento

L'intervento in oggetto trae origine da tre sotto progetti descritti nello Studio di Fattibilità del fiume Sesia (precisamente l'intervento SS SI AR 47, l'intervento SS SI AA08 e SS SI AA09) e prevede l'adeguamento in quota di un tratto di argine esistente localizzato immediatamente a valle della frazione Cappuccini di Vercelli fino alla località Case Bianche per una estensione di circa 700 m cui segue, nel tratto immediatamente successivo, la realizzazione di un nuovo argine in terra per un'estesa di circa 400 m ed un'altezza definita in base al profilo che si instaura per una portata duecentennale, aumentata del franco. Chiude il tratto, l'adeguamento del rilevato stradale della S.P.4 per Prarolo sino a poco a monte dell'autostrada A26.



Figura 2. Il tratto di argine oggetto di analisi nel presente progetto, su base Ortofoto AGEA 2018.

2 PRECEDENTI STUDI

2.1 Studio di Fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Sesia e dei Torrenti Elvo e Cervo, ADBPo 2004

L'intervento si colloca in area sub-urbana in un contesto agricolo in parziale adiacenza alla strada provinciale S.P.4 per Prarolo, rispetto al quale la richiesta di protezione del territorio risulta dai contenuti dello "Studio di Fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Sesia e dei Torrenti Elvo e Cervo" redatto dall'Autorità di bacino del fiume Po nel 2004. Rispetto a tale ambito risulta, infatti, che il grado di sicurezza offerto dall'attuale sistema difensivo non sia adeguato rispetto al contenimento dei livelli di piena corrispondenti alla Tr 200 del PAI (4900 m³/s a Vercelli; portata che, come si vedrà in seguito, è aumentata in relazione alle piene più recenti) così come riportato nell'attività 3x3.1.5_1R_14_02400: "Valutazione delle condizioni di sicurezza del sistema difensivo" dello Studio in oggetto.

Nel tratto che va da Vercelli alla confluenza nel Po, la fascia di esondazione (fascia B) è interamente delimitata dalle arginature esistenti o in progetto, con locali allargamenti

(dalla località Casotto della Chiusa a Caresana) di naturale espansione in aree non insediate. In tale contesto si rileva una scarsa congruenza tra l'assetto difensivo attuale e gli obiettivi PAI, sostanzialmente per i seguenti motivi:

- la presenza di opere di difesa spondale limita la libera divagazione dell'alveo inciso in estesi settori in cui questa sarebbe consentita dai limiti di fascia imposti dalla pianificazione;
- in alcuni settori vengono altresì interessate aree esondabili esterne alla fascia B (costituite da terreni agricoli).

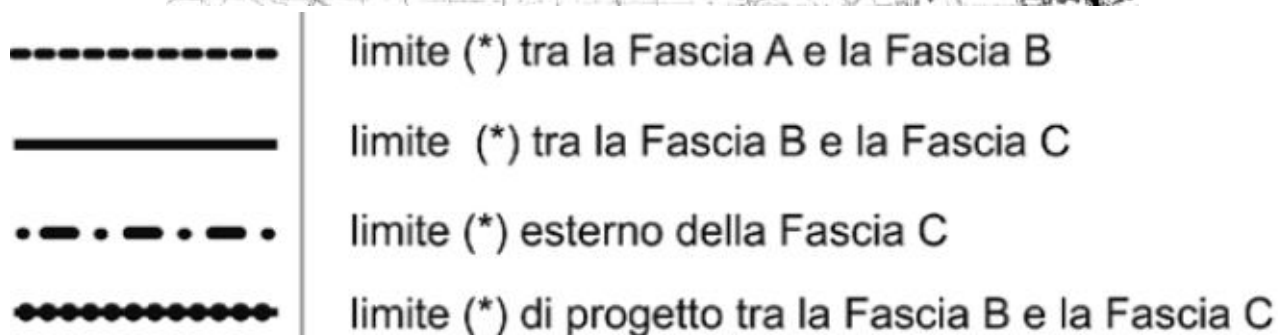
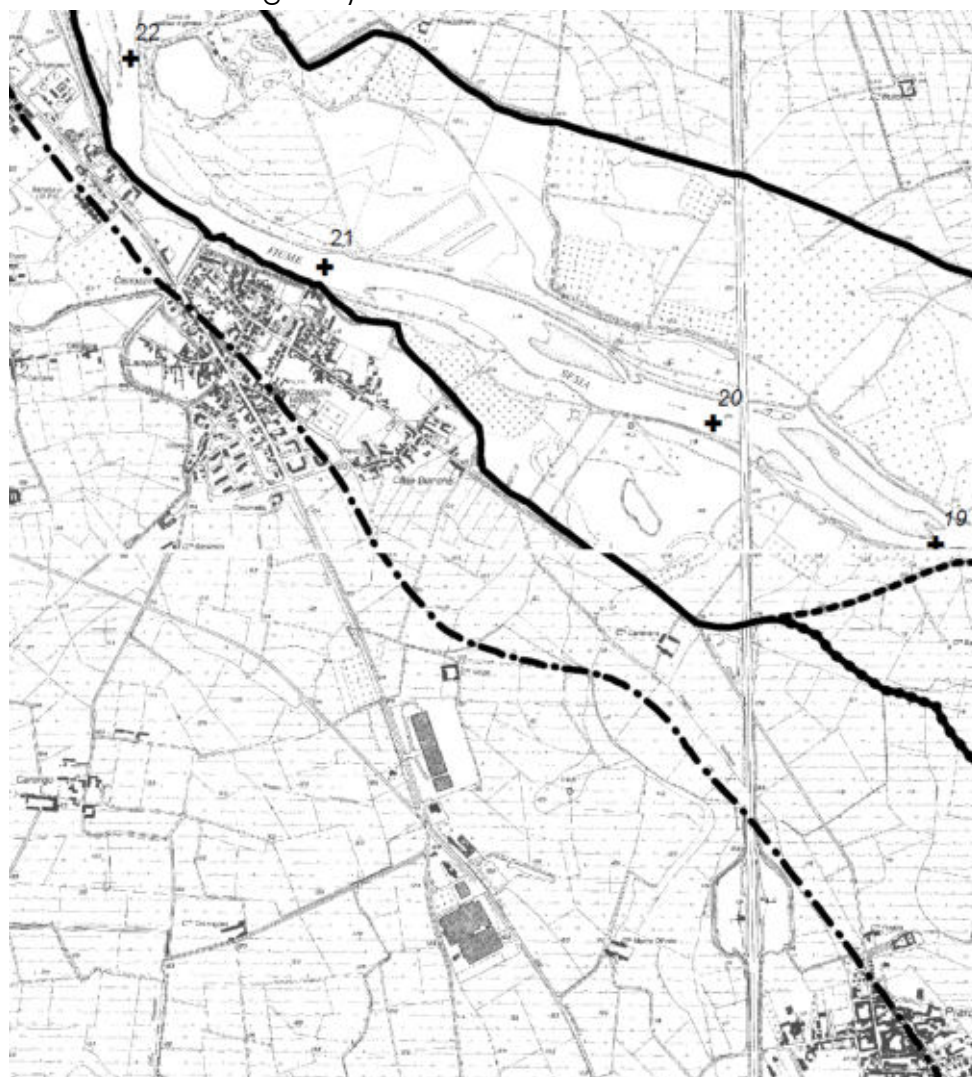


Figura 3. Fasce PAI individuate dall'AdBPo.

Le opere strutturali in risposta alla sopracitata richiesta di protezione sono di seguito individuate:

- contenimento dei livelli di piena tramite completamento o adeguamento degli argini esistenti ovvero realizzazione di nuovi sistemi arginali: a completamento della difesa degli abitati di Caresanablot, Borgo Vercelli e Vercelli, adeguamento del sistema di arginale con interventi dalla confluenza del Cervo fino a valle di Vercelli, e in prossimità di Palestro, Caresana, Manthie e Terrasa;
- incremento della capacità di deflusso dell'alveo di piena tramite interventi di ricalibratura a carattere prevalentemente locale;
- realizzazione di un canale scolmatore in destra Sesia delle portate del reticolo idrografico minore dalla confluenza del torrente Cervo fino a valle della città di Vercelli, (ad Ovest degli abitati di Caresanablot e Vercelli) a protezione degli abitati (n.d.r. Rio Cervetto);
- contenimento dei fenomeni di divagazione trasversale dell'alveo tramite nuova realizzazione o completamento delle opere di difesa spondale a carattere locale;
- revisione dei nodi di confluenza del Sesia in Po e del rio Stura in Sesia.

Lo stesso studio mette in luce come questa parte di territorio a sud di Vercelli risulti inserita nel ben più ampio nodo idraulico di Vercelli che comprende la confluenza di Elvo, Cervo e Sesia e le problematiche di deflusso all'interno dell'ambito cittadino non escluse quelle del Rio Cervetto che raccoglie tutto il reticolo idrico minore convogliandole a sud dell'abitato e per il quale l'Amministrazione comunale si è fatta carico di un ampio progetto finalizzato alla sua messa in sicurezza e la realizzazione di una cassa d'espansione al fine di limitarne l'afflusso in Sesia soprattutto durante gli eventi di piena. Tutto ciò per significare l'importanza del progetto in oggetto la cui realizzazione consentirà di convogliare con sufficiente grado di sicurezza tutto il deflusso della confluenza Sesia, Elvo e Cervo e del concentrico di Vercelli nella zona a sud della città fino a confluenza Sesia-Po.

2.2 Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA)

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), predisposto in attuazione del D.lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE (cosiddetta "Direttiva Alluvioni"), è stato adottato con deliberazione 17 dicembre 2015 n. 4, approvato con Deliberazione 3 marzo 2016, n. 2 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po e successivamente con DPCM 27 ottobre 2016 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 30 del 6 febbraio 2017).

Il Piano ha come finalità quella di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

A tal fine nel Piano vengono individuate le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni, stimato il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro tali aree "allagabili", individuate le "Aree a Rischio Significativo (ARS)" e impostate misure per ridurre il rischio medesimo, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità ed analisi, da attuarsi in maniera integrata.

Le mappe di rischio classificano secondo 4 gradi di rischio crescente (R1 - rischio moderato o nullo, R2 - rischio medio, R3 - rischio elevato, R4 - rischio molto elevato) gli elementi che ricadono entro le aree allagabili.

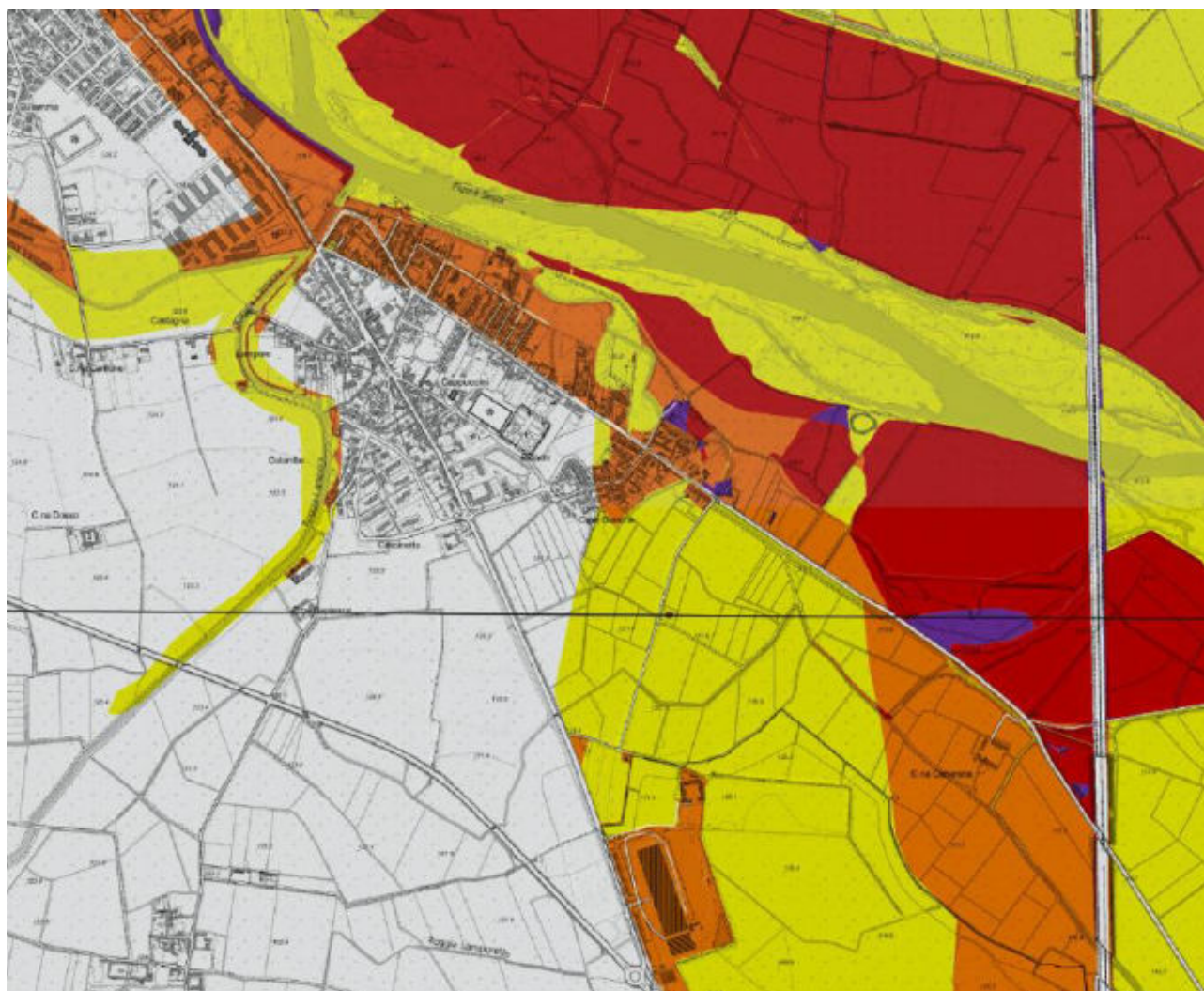
Di seguito si riportano le mappe della pericolosità e del rischio, aggiornate al 2019, per la zona esaminata interessata dagli allagamenti del Fiume Sesia, dove si nota l'interessamento anche di parte del territorio urbano.



SCENARI DI ALLUVIONE

- Probabilità di alluvioni elevata (tr. 20/50) (H-Frequente)
- Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200) (M-Poco frequente)
- Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500) (L-Rara)

Figura 4. Cartografia delle aree a diversa pericolosità nella zona esaminata secondo il PGRA.



Scenari di rischio

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

Figura 5. Cartografia delle aree a diverso rischio nella zona esaminata secondo il PGRA.

Il deficit di sicurezza idraulica del territorio riepilogato al precedente paragrafo risulta maggiormente accentuato alla luce del PGRA che indica una portata per tempo di ritorno duecentennale superiore e pari a 5550 m³/s. Il progetto in oggetto è quindi stato implementato e realizzato alla luce di questo nuovo impianto pianificatorio.

3 PRINCIPALI EVENTI DI PIENA STORICI

3.1 L'evento alluvionale del 1968

Si riporta di seguito la descrizione tratta dalla Studio geologico a supporto del nuovo P.R.G.C. di Vercelli del 2007.

Nella settimana tra domenica 27 ottobre e sabato 2 novembre 1968 si instaurarono sul Piemonte nord orientale le tipiche condizioni atmosferiche che hanno sempre portato forti precipitazioni ed alluvioni. Nelle settimane precedenti aveva già nevicato in montagna, per cui quando correnti molto umide e calde risalirono la penisola scaricando piogge intensissime sulle Prealpi biellesi, si ebbe lo scioglimento della neve appena caduta. La situazione andò via via peggiorando verso il fine settimana, quando si cominciarono a registrare esondazioni nel Biellese, e sabato 2 novembre si ebbero i primi interventi dei Vigili del Fuoco un poco in tutta la provincia di Vercelli, a cominciare da Casanova Elvo, dove il torrente Elvo esondò in sponda sinistra. La situazione precipitò nella notte tra sabato e domenica quando il Torrente Elvo e Cervo esondarono sia in sponda sinistra, che in sponda destra. Le loro acque arrivarono fino a Vercelli, non più incanalate nei naturali alvei ma espandendosi lungo i campi, nei quali erano ancora presenti le paglie del taglio del riso, che finirono per intasare i vari ponti e ponticelli, contribuendo in modo notevole alla fuori uscita delle acque dai canali. A 35 anni di distanza è stato abbastanza difficile trovare le spiegazioni del fenomeno idraulico, essendo nel frattempo il territorio abbastanza cambiato. In particolare non era ben chiaro come fosse stato allagato il Comune di Olcengo da cui arrivarono le acque a Vercelli da nord ovest. Da fotogrammi aerei ripresi circa il 20 novembre 1968 dalla ditta IRTA di Milano, ora scomparsa, ma il cui archivio è presso la Compagnia Generale Riprese aeree di Parma, si vede perfettamente che il Torrente Elvo e il Torrente Cervo nel comune di Quinto Vercellese, non hanno argini. Dagli originali di tali fotogrammi si vedono perfettamente i detriti lasciati dalla esondazione che aveva raggiunto almeno un metro di altezza sui terreni agricoli, al di fuori della golena (dato ottenuto dal fotointerprete del CNR IRPI drsa Maraga). Quindi l'acqua dilagò lungo la pendenza naturale del terreno, circa verso sud, riempiendo i canali, tracimando dagli stessi, e quindi riversandosi verso Vercelli.

A partire dal 1969 vennero realizzati argini in sponda sinistra e soprattutto destra del Torrente Elvo e Cervo. Inoltre gli argini del F Sesia vennero rialzati in più occasioni. Gli ultimi sopralzi, appena a valle del Ponte stradale verso Novara sono stati eseguiti nei primi anni 80.

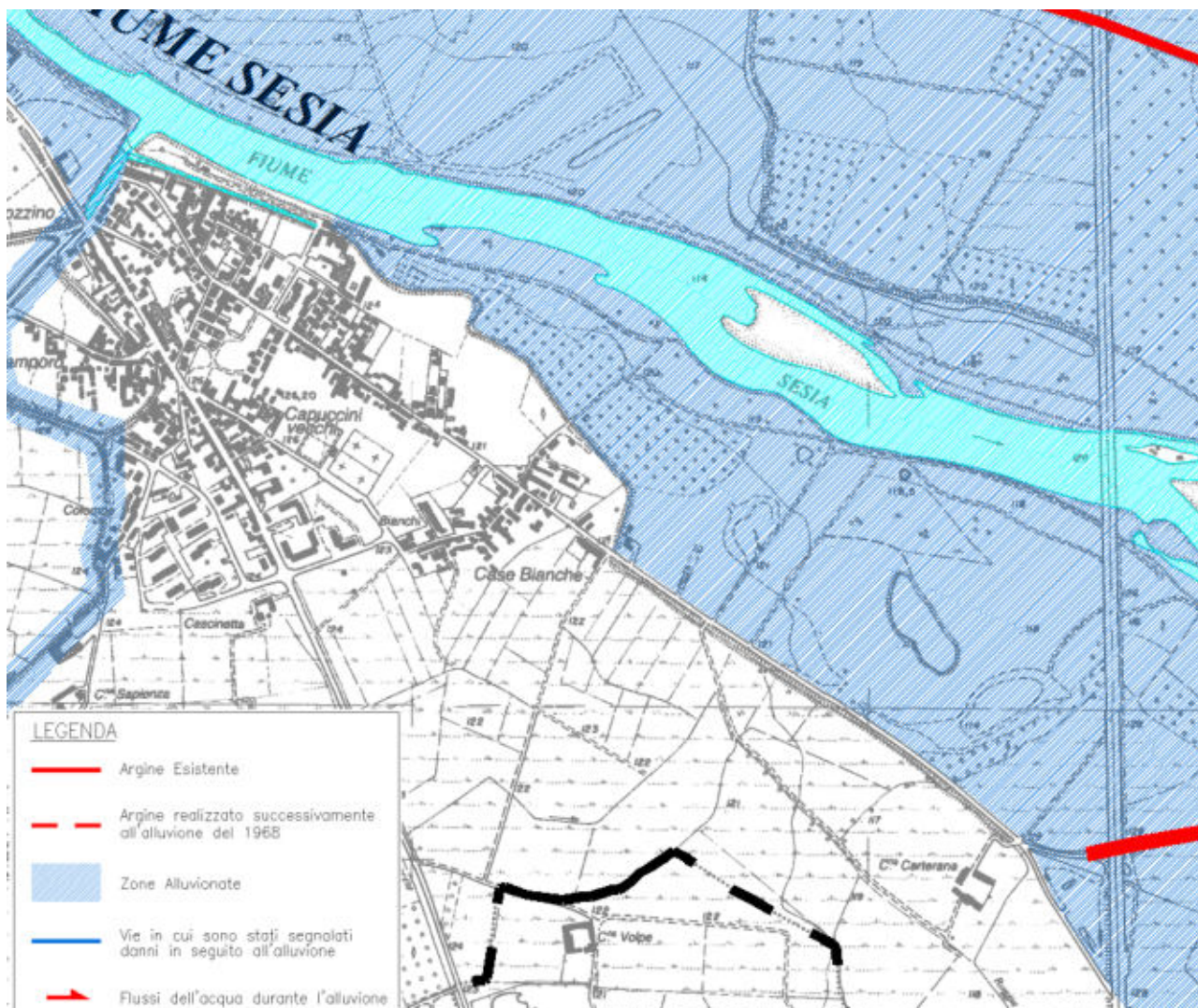


Figura 6. Cartografia delle aree allagate dall'alluvione del 1968 (da tavola 25.2 dello Studio geologico a supporto del nuovo PRGC).

3.2 L'evento alluvionale dell'ottobre 2000

Nelle giornate tra venerdì 13 e lunedì 16 ottobre 2000 precipitazioni d'elevata intensità avevano interessato ampie aree del Piemonte con massimo valore per la Valle Sesia a Rassa di 576 mm. Unitamente agli elevatissimi quantitativi di pioggia, ad accentuare la gravosità dell'evento del 2000 è stato il livello del limite della precipitazione nevosa, pari a 3000 m.

Il Fiume Sesia aveva presentato una fase di cospicuo innalzamento delle portate e dei livelli nel corso della giornata di Domenica 15 Ottobre fino a raggiungere una portata al colmo che potrebbe essere superiore ai 3500 m³/s, che si è poi progressivamente attenuata nel

corso della giornata del 16 ottobre.

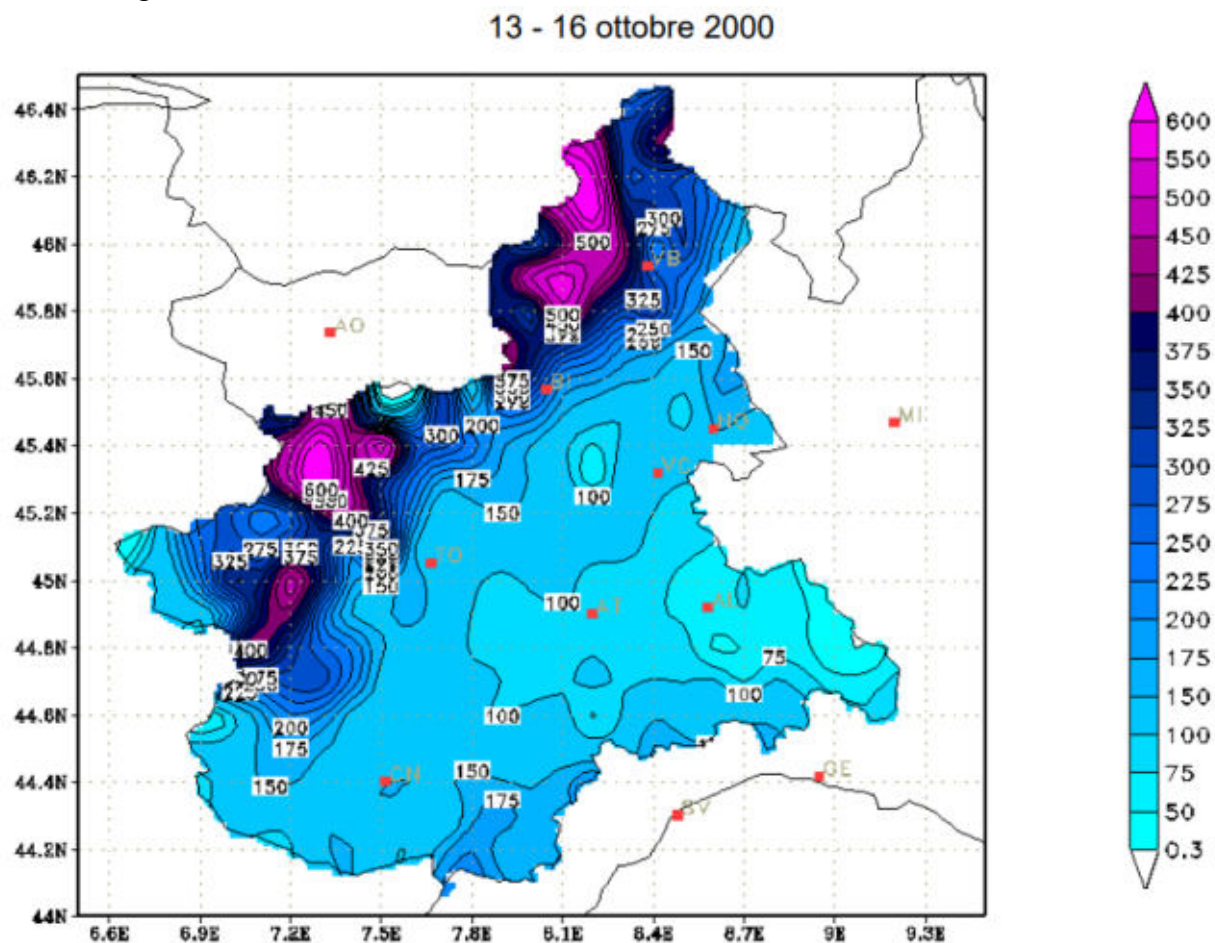


Figura 7. Totali pluviometrici negli eventi dell'ottobre 2000.



Figura 8. Esondazione del 2000 nel territorio esaminato.

3.3 L'evento alluvionale dell'ottobre 2020

Si riportano brevi estratti tratti dal documento di Arpa Piemonte "Evento del 2-3 ottobre 2020".

Dal punto di vista meteorologico, l'evento ha inizio giovedì 1° ottobre 2020 quando una circolazione depressionaria chiusa si distacca da una saccatura atlantica posizionata sulle Isole Britanniche, muovendosi gradualmente verso il nord della Francia e assumendo le caratteristiche di tempesta extra-tropicale. Il minimo di pressione venerdì 2 ottobre comincia a convogliare masse d'aria calda e umida sulla costa meridionale francese, sulla Liguria e sul Piemonte, con venti nei bassi strati dapprima di libeccio (sud-ovest) e quindi, a fine giornata, di scirocco (sud-est). Nel pomeriggio e nella serata del 2 ottobre, l'aria umida e calda meridionale va a convergere inizialmente sui rilievi meridionali piemontesi e,

complice anche la risalita orografica, provoca piogge e temporali di eccezionale intensità sulla fascia tra la Val Royà e l'alto Tanaro. Nel corso del pomeriggio il flusso umido investe continuamente anche l'alto Piemonte, permanendo fino alle prime ore del giorno successivo. L'interazione del flusso umido sudoccidentale con i rilievi genera un minimo di pressione locale sul Cuneese nella notte tra venerdì e sabato, contribuendo ad intensificare ulteriormente la convergenza dei venti e le precipitazioni su alto Tanaro, Sesia e Verbano, e determinando apporti pluviometrici da record. Lo zero termico, a causa della dominanza delle correnti caldo-umide, è stato elevato in corrispondenza delle precipitazioni più intense, fino ai 3300-3600 m, favorendo la componente liquida delle stesse e limitando la neve alle quote più elevate.

Per quanto riguarda l'andamento pluviometrico si evidenziano i valori di precipitazione areali molto elevati del 2 ottobre sui bacini del Sesia (325 mm), Cervo (222,8) e sul Toce (368,3 mm). Valori eccezionali di precipitazione sono stati registrati nel comune di Valstrona (VB) con oltre 650 mm di pioggia e nel comune di Mergozzo (VB) con oltre 600 mm.

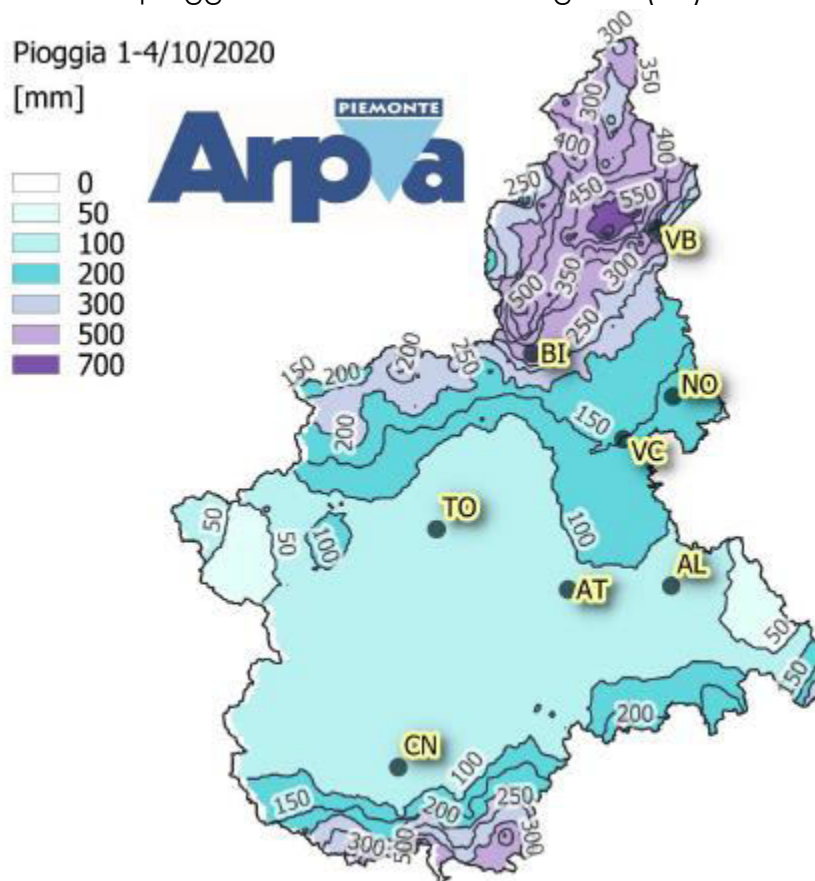


Figura 9. Precipitazione totale dell'evento sulla regione Piemonte (da Arpa Piemonte "Evento del 2-3 ottobre 2020").

Le piogge hanno generato, sui corsi d'acqua del reticolo principale e secondario della regione, onde di piena eccezionali che, nei bacini del Toce e del Sesia, hanno superato i livelli di riferimento storici dell'evento di ottobre 2000.

Il fiume Sesia, da monte a valle, ha raggiunto colmi mai registrati da quando esistono le stazioni automatiche di Arpa Piemonte; in particolare a Borgosesia (VC) si è superato di oltre 4 m il livello di pericolo, con una portata >3000 m³/s, e la portata al colmo nella sua

sezione di chiusura a Palestro (PV) può essere stimata superiore ai 5000 m³/s. Ai fini del presente progetto, comunque, la portata duecentennale di 5550 mc/s prevista dal PGRA può essere confermata.

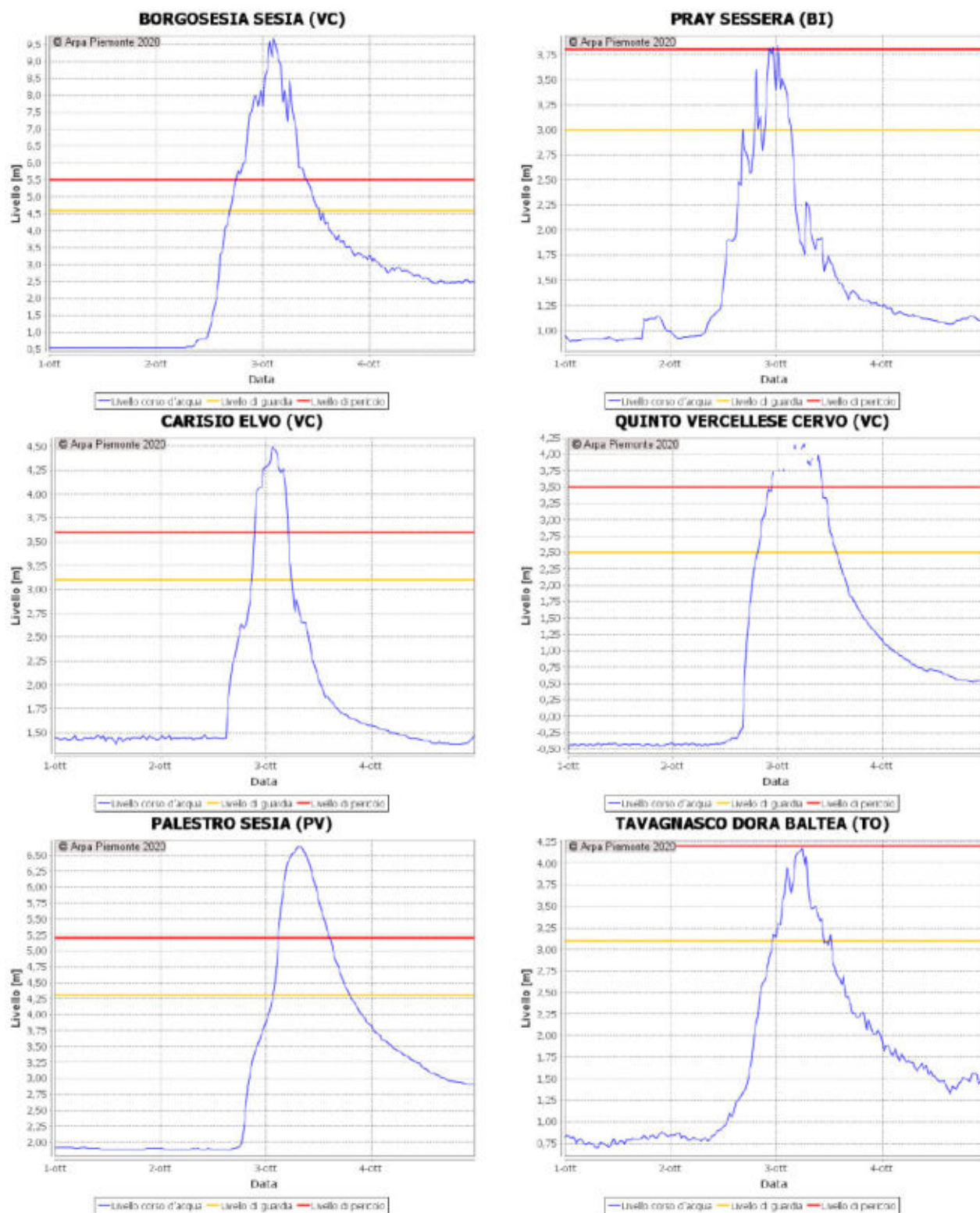


Figura 10. Dati idrometri sul Sesia (da Arpa Piemonte “Evento del 2-3 ottobre 2020”).

Si è trattato di un evento estremo con ricorrenza maggiore di 100 anni sul Sesia.

Gli effetti registrati nel 2020, seppur identici in alcune zone localizzate, risultano minori dell'evento di 52 anni fa sia per le opere di difesa messe in atto, sia per abbassamenti del fondo alveo. Nei comuni di Prarolo, Pezzana, Motta dei Conti vaste porzioni di territorio sono state inondate a causa dell'asportazione di tratti del sistema arginale, con danni alla rete dei canali ai coltivi ed edifici. A Vercelli presso il rione Cappuccini le rogge hanno causato allagamenti di alcuni garage e pianterreni delle abitazioni.

Il 4 ottobre 2020 il Dipartimento Nazionale di protezione Civile ha attivato i servizi di mappatura satellitare nell'ambito del programma Copernicus Emergency Management Service (EMS) sul Piemonte, riportate di seguito. Come si vede gli allagamenti hanno interessato anche parte della zona a sud della SP4 a causa probabilmente di una roggia di sottopasso della viabilità e per la presenza del rilevato della strada provinciale posizionato a quote basse sul margine est del tratto e probabilmente superato per una limitata altezza.

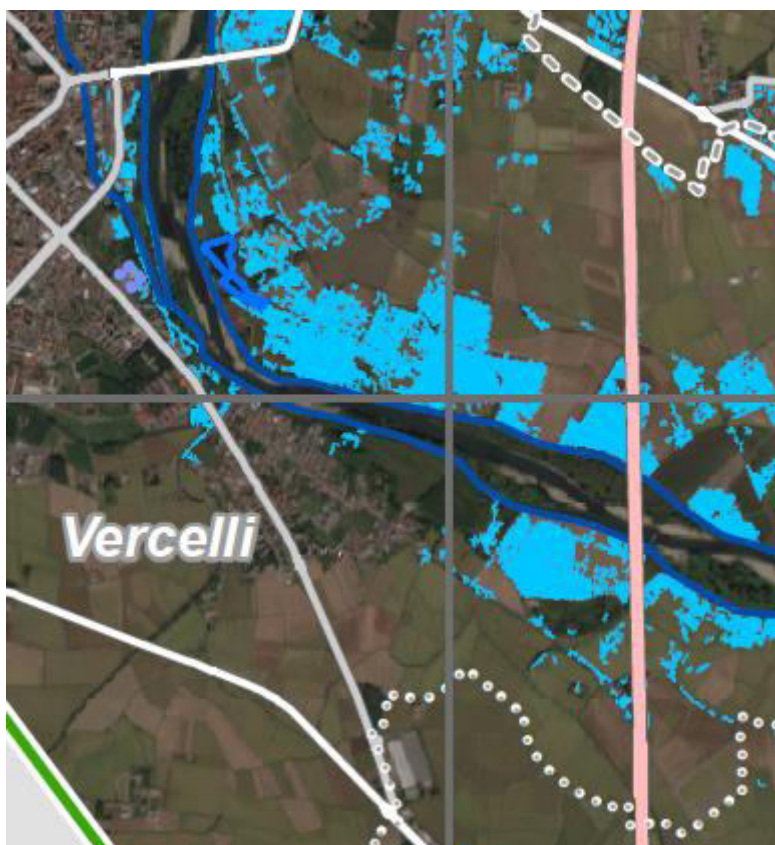


Figura 11. Situazione delle aree esondate (delineation) al 6 ottobre 2020 ricavata da immagini satellitari (sito Copernicus).



Figura 12. Esondazione (first estimate product) nell'area esaminata per l'evento dell'ottobre 2020 (sito Copernicus).

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

4.1 Descrizione dei luoghi

Il Sesia, percorsa la Valgrande e sboccato in pianura, riceve a nord di Vercelli le acque del torrente Cervo, che insieme ai torrenti Elvo e Rovasenda, raccoglie le acque del biellese; quindi confluisce nel Po dopo aver irrigato un esteso territorio mediante canali artificiali. L'area interessata dal presente progetto è sita totalmente all'interno del territorio comunale di Vercelli.

Il territorio ha una morfologia pianeggiante, con quote altimetriche prossime a 120 m s.l.m., con pendenza pressoché costante in direzione nord, ove è presente l'alveo del fiume Sesia, caratterizzato da quote inferiori di circa 5 m rispetto al territorio circostante.



Figura 13. In rosso l'argine in progetto su base ortofoto Regione Piemonte.

Procedendo da monte verso valle il primo tratto di argine si sviluppa in un'area caratterizzata da piantagioni di alberi ad alto fusto a scopo di arboricoltura, lungo un argine esistente, che è da sopralzare. In questo tratto in un paio di punti ci si avvicina alla Roggia Molinara di Prarolo, il cui tracciato è sito nelle immediate vicinanze dell'argine esistente. Segue poi l'affiancamento sul lato rivolto verso sud ad un'area urbana e nuovamente alla Roggia Molinara di Prarolo e successivamente si ricalca il tracciato dell'argine e di una strada campestre esistente all'interno di risaie e campi coltivati. Nell'ultimo tratto l'argine in progetto si sviluppa invece in affiancamento alla Strada Provinciale 4 che si presenta in rilevato rispetto al territorio circostante, grazie alla presenza quasi continua di un muro che permette la delimitazione dal piano campagna presente a nord, ribassato di un paio di metri rispetto al piano stradale. Viene attraversata l'area recintata della discarica di inerti e si interferisce con due canali irrigui nei pressi della SP4. Da ultimo, nei pressi della curva dell'asse stradale della SP4, ci si raccorda all'argine esistente poco a monte dell'attraversamento dell'autostrada A26.



Figura 14. L'argine esistente e l'utilizzo del suolo per arboricoltura nei terreni adiacenti.



Figura 15. SP4 e canali irrigui presenti a nord della strada.



Figura 16. Argine esistente nel tratto terminale di intervento.

4.2 Rilievo topografico

L'area oggetto di intervento è stata oggetto nell'estate 2020 di un accurato rilievo topografico atto a definire le quote altimetriche del terreno ed in special modo dell'argine esistente, oltre che del rilevato della SP4. Il rilievo è stato esteso dalla confluenza del Rio Cervetto in Sesia sino all'argine esistente poco a monte dell'autostrada A26. È stata anche rilevata parte dell'area occupata dalla discarica di inerti.

4.3 Analisi idrauliche

Per analizzare ove fosse necessario sopralzare l'argine esistente è stato sviluppato un modello idraulico basato sull'utilizzo del software Hec-Ras, sviluppato dalla U.S. Army Corp of Engineers valutando uno scenario in condizioni di moto permanente e secondo un approccio di calcolo monodimensionale.

La geometria del modello idraulico è stata costruita sfruttando la presenza del DTM regionale a maglia 5x5 m, opportunamente integrato con un DTM locale a maglia 1x1 m che copre un areale poco a valle della Località Cappuccini e si spinge fino a dopo il ponte autostradale. Esso si sovrappone pressoché integralmente al tratto di formazione del nuovo argine.

Il modello di calcolo è stato costruito tra le sezioni AIPO SS-22_1 e SS-19_1, posta a valle del ponte autostradale, opportunamente integrate con sezioni aggiuntive estratte dal DTM e non ottenute per pura interpolazione dalle sezioni di base.

La portata di piena di riferimento è stata desunta dal P.G.R.A. "Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni" in attuazione dell'art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs n. 49 del 23/02/2010 ed in particolare dal documento "Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale," redatto nel marzo 2016.

L'analisi idraulica ha consentito di ricavare il profilo di piena del Fiume Sesia per TR 200 anni. Tale informazione, confrontata con le quote desunte dal rilievo topografico svolto ad hoc, ha consentito di valutare in quali punti fosse necessario sopralzare l'argine esistente.

I risultati del modello idraulico hanno evidenziato come per la maggior parte del tratto l'insufficienza dell'argine destro è di modesta entità e l'intervento consiste in sostanza in un adeguamento del franco arginale senza significative modifiche delle aree allagabili.

Si rimanda all'allegata relazione idraulica per i dettagli.

4.4 Vincoli presenti

L'intervento in progetto interessa aree cartografate nella fascia di 150 m dei corsi d'acqua, tutelate ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs.22 gennaio 2004 n. 42, senza tuttavia essere in contrasto con le norme di tutela delle zone.

È stata pertanto predisposta la Relazione paesaggistica per l'ottenimento dell'autorizzazione agli interventi.

Non sono stati identificati ulteriori elementi ostativi all'opera in esame.

4.5 Interferenze con sottoservizi

L'intervento si sviluppa prevalentemente come sopralzo arginale e con reperimento dei materiali in un'area naturale a fianco al Sesia, dunque le interferenze sono assai modeste, come riportato nella Relazione sulle interferenze.

Nel tratto in affiancamento alla SP4 vi sono diversi cavi elettrici per l'alimentazione del cancello e delle parti elettriche della discarica e dell'impianto di videosorveglianza.

Un ulteriore punto di vicinanza a reti elettriche è segnalato lungo l'argine, ove curva a 90° verso Ovest dopo il tratto sotto la stradina che si diparte dalla SP4.

4.6 Inquadramento geologico

Il contesto geologico nel quale si inserisce l'area in esame è quello della Pianura Vercellese situata nel settore occidentale della Pianura Padana. Essa è caratterizzata da una serie di terrazzi fluviali, delimitati da deboli scarpate rispetto ai fondivalle, disposti all'incirca con direzione est-ovest e debolmente digradanti verso sud.

La morfologia attuale della pianura è il risultato dell'alternarsi di fenomeni di accumulo e di erosione che si sono verificati durante il Quaternario, in relazione alle fasi di espansione e di ritiro del ghiacciaio balteo della Valle d'Aosta.

Il territorio interessato dal presente progetto, così come l'intera frazione Cappuccini, ricade in un'area di pianura in cui si, sotto il suolo vegetale e/o eventuali riporti antropici, si rinvencono dei depositi alluvionali recenti a tessitura prevalentemente ghiaiosa.

Più in profondità, sottostanti ai depositi fluviali e fluvioglaciali quaternari si rinvencono quelli Villafranchiani del Pliocene superiore, tipici di ambienti deposizionali fluvio-lacustri, costituiti da una associazione di materiali fini, quali limi e argille, con livelli torbosi, ai quali si alternano localmente lenti, spazialmente definite, a granulometria sabbiosa-ghiaiosa.

Gli eventi morfogenetici, responsabili dell'attuale assetto del territorio in esame, sono riconducibili essenzialmente alla dinamica fluviale e fluvio-glaciale del periodo pleistocenico e olocenico, alla quale, nel periodo storico, si è sovrapposta l'attività antropica mirata alla stabilizzazione e alla modellazione delle superfici del suolo compatibilmente alle esigenze economiche (vedi, in particolare, la risicoltura), produttive ed insediative.

Le interazioni tra i vari fattori, all'esterno della golena, hanno dato luogo ad un paesaggio "congelato", relativamente omogeneo, contraddistinto da superfici pressoché piane, debolmente degradanti verso ESE con gradiente topografico molto basso, solcate da canali e rogge ad utilizzo agricolo.

Nelle aree di pertinenza del fiume Sesia, invece, si continua a osservare un'intensa evoluzione morfologica, condizionata principalmente dagli episodi di sedimentazione e di erosione, che si manifestano, in prevalenza, in occasione degli eventi di piena, e dalla presenza di opere di regolarizzazione del corso d'acqua, sia a difesa dalle esondazioni dei territori rivieraschi (rilevati arginali) sia per limitare le divagazioni dell'alveo.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area in esame si inserisce in un contesto dove gli acquiferi sono esclusivamente di tipo poroso, in condizioni di prevalente anisotropia, in quanto costituiti da materiali eteropici e a differente tessitura.

Nel complesso più superficiale (definito in letteratura Complesso ghiaioso e che si estende generalmente fino a circa 25÷30 m di profondità) dominano le ghiaie eterometriche miste a sabbia, caratterizzate da permeabilità medio-alte, con lenti più fini, a bassa conducibilità idraulica, rappresentate da limi e limi argillosi, solitamente poco estese e di spessore limitato.

La falda ospitata presenta caratteristiche prevalentemente freatiche e soggiacenza modesta rispetto al piano campagna. A scala provinciale mostra una direzione prevalente di deflusso NW-SE, con senso di scorrimento verso SE e gradienti idraulici mediamente bassi. Più in dettaglio, considerando l'area d'intervento, va osservato che i livelli idrici e le direzioni del flusso sotterraneo, risentono fortemente della vicinanza con il fiume Sesia.

Per una descrizione più dettagliata delle caratteristiche dei terreni interessati dall'intervento di adeguamento arginale, definite mediante una specifica campagna d'indagini, realizzata nell'ambito del presente progetto, si rimanda all'Elaborato R.02.03 - - Relazione geologica, geotecnica e sismica.

4.7 Inquadramento archeologico

La valutazione del rischio, considerata come un indice di maggiore o minore probabilità di intercettare evidenze archeologiche, è emersa dalla sistematizzazione dei dati desunti dalle fonti bibliografiche edite e inedite, dalla distanza dei siti d'interesse dall'opera, dal grado d'invasività del progetto e dall'analisi della cartografia storica. Nell'elaborato allegato (Tavola Carta del potenziale archeologico) sono stati quindi georeferenziati i siti di interesse archeologico e storico nel territorio circostante l'area interessata dal progetto e i buffer di rischio lungo il tracciato delle opere.

Sulla base della ricerca esposta emerge come l'area destinata alle opere sia caratterizzata dalla presenza di attestazioni archeologiche databili in età protostorica, romana e

medievale. Il territorio appare frequentato già dall'Età del Ferro, come dimostra il sito individuato nella vicina località dei Cappuccini, a nordovest dell'area in esame, dove è emersa una necropoli a cremazione a pozzetti. Circa 500 m a ovest della fascia destinata alle arginature si sono invece individuati almeno tre siti di età romana, rispettivamente collocati presso la parrocchia della Beata Vergine Assunta, dove sono emerse tombe a incinerazione di I-II secolo d.C., presso la cascina Sapienza, dove nel 1836 si mise in luce una seconda necropoli a incinerazione da porre in relazione con la presenza di una villa rustica romana e a sud di via Lamporo, dove nel 1997 sono stati individuati reperti di epoca romana e medievale in giacitura secondaria.

Nelle immediate vicinanze (circa 30 m) dell'area di cava da cui si preleverà il materiale per l'innalzamento degli argini il presente studio ha evidenziato la presenza di un sito d'interesse di incerta datazione, ma probabilmente di età romana: alla destra idrografica del fiume Sesia, in regione Maulina, tra 1977 e 1983 si è documentata una complessa struttura di regimazione idrica su pali in legno estesa per circa 30 m lungo la sponda, frammenti di embrici romani, alcuni pali con l'estremità inferiore appuntita e protetta da lamine in ferro e una punta di lancia in ferro di fattura storica.

L'attuale via Prarolo - S.P. 4, prossima alle opere in progetto, ricalca infine il percorso di un antico tracciato stradale presente sulla cartografia storica, presumibilmente diretto alla Cascina Cantarana e al vicino castello di Prarolo, dunque di probabile origine medievale: il castello di Prarolo, che fu costruito per conto dell'Abbazia benedettina di S. Stefano, compare infatti per la prima volta in un documento del 1398 ma alcune strutture ne tradiscono l'origine al secolo precedente.

Considerati pertanto la natura geomorfologica del luogo, il profilo archeologico del territorio, la breve distanza dalle attestazioni rinvenute e le caratteristiche delle opere in progetto, si è stabilito di assegnare agli interventi il seguente indice di rischio: un indice di rischio relativo MEDIO per l'argine che verrà sopralzato e per il nuovo tratto di argine rettilineo affiancato alla S.P. 4. (che presuppongono scavi di ammorsamento con profondità limitata rispetto al piano campagna, circa 50 cm) e un indice di rischio relativo MEDIO-ALTO per l'area di cava, interessata da scavi più consistenti, profondi fino a 3 m, e più vicina all'attestazione archeologica rinvenuta lungo la sponda del fiume Sesia.

OPERE	Indice di rischio relativo
Argine che verrà sopralzato e nuovo tratto di argine rettilineo affiancato alla S.P. 4.	MEDIO 6
Area di cava	MEDIO-ALTO 7

5 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

5.1 Studio delle alternative

Nell'ambito della presente progettazione si sono analizzate diverse soluzioni progettuali per la realizzazione del nuovo argine.

Nelle successive figure si riportano le possibili alternative studiate al tracciato di progetto dell'argine.

Una prima alternativa è nel tratto a monte dell'affiancamento alla SP4. La soluzione originale prevista da AIPO prevedeva il taglio dei campi agricoli lungo una linea spezzata al fine di ridurre la lunghezza dell'argine. Si è valutata come migliorativa la soluzione prevista dal progetto che insiste su un rilevato arginale esistente. Ciò sia al fine di non frammentare troppo il tessuto agrario esistente (l'eccessiva frammentazione renderebbe alcuni terreni di fatto non riutilizzabili), sia per ridurre i volumi di terreno necessari alla realizzazione dell'argine stesso, essendo già presente un rilevato. La lunghezza della soluzione prevista è di circa 80 m maggiore, ma si ritiene accettabile a fronte delle migliorie suddette.



Figura 17. In blu l'alternativa analizzata e poi scartata nel tratto a monte dell'affiancamento alla SP4.

Un'ulteriore alternativa analizzata rappresenta lo spostamento dell'argine al di fuori dell'area di discarica inerti, come rappresentato nella successiva figura. La maggior lunghezza di poco meno di 1 km rende tale alternativa irrealizzabile, se non sconvolgendo il quadro economico. Inoltre la realizzazione dell'argine non pregiudica l'accesso e la normale gestione della discarica di inerti, essendo previste delle modeste rampe per sormontare l'argine in corrispondenza del cancello d'ingresso. La natura dei rifiuti presenti nella discarica, inerti, è tale che non si ravvisa una particolare necessità di impedirne l'allagamento; si sottolinea peraltro come l'area si presenti già di per sé rialzata rispetto al territorio circostante e dunque interessata solo dagli eventi di piena maggiori.



Figura 18. In blu l'alternativa, analizzata e poi scartata, nel tratto presso la discarica.

Un'ulteriore possibile soluzione alternativa è la modalità di realizzazione dell'arginatura nel tratto lungo la SP4. Si potrebbe prevedere il semplice rialzo del muro della strada per circa 50 cm. Tale soluzione ha tuttavia degli svantaggi:

- Il nuovo rialzo verrebbe ad insistere su una struttura esistente, che non sempre si presenta in ottime condizioni,
- Le acque meteoriche di dilavamento della sede stradale andrebbero ad allagare la strada durante le piogge per l'assenza di scolo sul lato rivolto verso nord,
- In caso di incidente si danneggerebbe l'argine e occorrerebbe procedere a verifica delle strutture ogni qualvolta avvenga un urto sulle strutture.



Figura 19. In blu l'alternativa consistente nel sopralzo del muro esistente presso la SP4, analizzata e poi scartata.

5.2 Soluzione di progetto

Tutto l'argine nel tratto dalla confluenza del Rio Cervetto in Sesia sino all'argine esistente poco a monte dell'autostrada A26 è stato rilevato topograficamente al fine di identificare le quote del terreno esistente. Sulla base del modello idraulico predisposto all'avvio della fase progettuale è stato possibile ricostruire il profilo di piena al variare del tempo di ritorno per il fiume Sesia nell'area di interesse. Tale profilo, relativamente al tempo di ritorno di 200 anni ($Q=5550$ mc/s), è stato confrontato con le quote arginali esistenti ricavate dal rilievo topografico. Si è anche tenuto conto del franco di sicurezza di 1 m, ritenendo accettabili tutti i tratti di argine ove la quota del profilo idrico per TR 200 è inferiore di almeno 1 m rispetto alla quota del terreno esistente. Quest'analisi, svolta nel dettaglio per tutto il tratto dalla confluenza del Rio Cervetto in Sesia sino all'argine esistente poco a monte dell'autostrada A26, ha permesso di identificare come critico il tratto di argine presente da 150m a valle dell'ex riseria sino a poco a monte dell'autostrada. Nel tratto tra l'ex riseria e la SP4 è già attualmente presente per buona parte del tratto una strada campestre che funge da argine in grado di contenere la piena con TR 200 anni senza franco idraulico. Solo per un breve tratto di circa 120 m, riportato nella successiva figura, l'argine si riduce di

dimensione e le quote del terreno sono tali da non consentire il contenimento del profilo di piena, anche senza considerare il franco idraulico.



Figura 20. In rosso il tratto di terreno attualmente non in grado di contenere la piena TR 200 anni. In viola i tratti in cui le quote del terreno sono superiori di meno di 1 metro rispetto alla quota di piena TR 200 anni (assenza di franco idraulico adeguato).

L'intervento in oggetto prevede dunque l'adeguamento in quota del tratto di argine esistente localizzato a valle della frazione Cappuccini. L'intervento sarà eseguito previa pulizia dalla vegetazione interferente, compresa la rimozione delle ceppaie ed il trasporto a discarica del materiale non riutilizzabile. Seguirà lo scavo di scotico, con gradonature di ammassamento, per la preparazione del piano di posa e la compattazione di un nuovo rilevato che sarà costituito da terra omogenea e di medio impasto, costipata in strati successivi di 30 cm. Il sopralzo arginale è previsto di modesta entità e generalmente inferiore ad 1 m in quanto, come detto, per buona parte del tratto l'argine è già attualmente in grado di contenere la piena TR 200 anni, senza garantire tuttavia il rispetto del franco idraulico di 1 m. Si è scelto di effettuare il rialzo arginale tenendo generalmente ulteriori 10 cm di margine rispetto al franco idraulico, per compensare eventuali assestamenti futuri. Contestualmente al sopralzo arginale, saranno riprofilate le esistenti rampe che collegano i terreni adiacenti alla sommità dell'argine, in maniera da garantire l'accessibilità ai campi. Il materiale per la formazione dell'argine sarà ricavato da un'area demaniale posta in destra idraulica del fiume Sesia, in prossimità al futuro argine, al fine di minimizzare i disagi dovuti al trasporto delle terre e i costi associati. L'area scelta per il reperimento del terreno da utilizzare nella formazione degli argini è attualmente adibita ad arboricoltura e si trova su un pianoro rialzato di poco meno di 2 m rispetto alla piana golendale immediatamente limitrofa al fiume Sesia ed è facilmente accessibile grazie alla presenza di una strada campestre, che sarà da ripristinare al termine dei lavori. Preventivamente agli scavi saranno avviate procedure di bonifica di eventuali ordigni bellici sull'area di coltivazione. Tale attività sarà prevista in due fasi: nella prima si analizzerà lo strato superficiale di terreno fino a 100 cm di profondità dal piano campagna e si procederà all'eliminazione delle masse ferrose presenti secondo le previste procedure.

Seguirà la bonifica bellica di profondità mediante trivellazione svolta per ricercare, individuare e localizzare ordigni o masse ferrose interrate ubicate a profondità superiori.

L'area di coltivazione prevede successivamente la realizzazione di uno scotico superficiale del terreno agrario, oltre che la rimozione delle alberature e della vegetazione presente, comprese le ceppaie ed il trasporto a scarica del materiale non riutilizzabile.

A seguito della conclusione dei lavori di scavo si procederà alla rinaturalizzazione dell'area. Dato che si è previsto l'abbassamento delle quote del terreno, si prevede che tali aree non possano più essere adibite ad arboricoltura. Per questo motivo si realizzerà un'area palustre, al fine di favorire l'insediamento di specie vegetali e animali. Le scarpate saranno soggette a piantumazioni di talee al fine di consentire l'insediamento di specie riparie e nello stesso tempo evitare problemi di erosione.

Le sezioni tipologiche identificate per il nuovo argine sono variabili a seconda del tratto in maniera tale da adeguarsi all'eterogeneità dei luoghi. In sostanza fanno riferimento a due categorie: la prima è relativa al sopralzo arginale nel tratto ove l'argine è già presente e si sviluppa nel territorio agricolo, la seconda è invece relativa al tratto in affiancamento alla SP4, ove attualmente non esiste l'argine e dunque l'opera in progetto prevede un'altezza maggiore (circa 2.5-3 m dal piano campagna). A sua volta le due categorie di sezioni tipologiche si dividono in tre sotto categorie, che mostrano delle differenze contenute le une dalle altre.

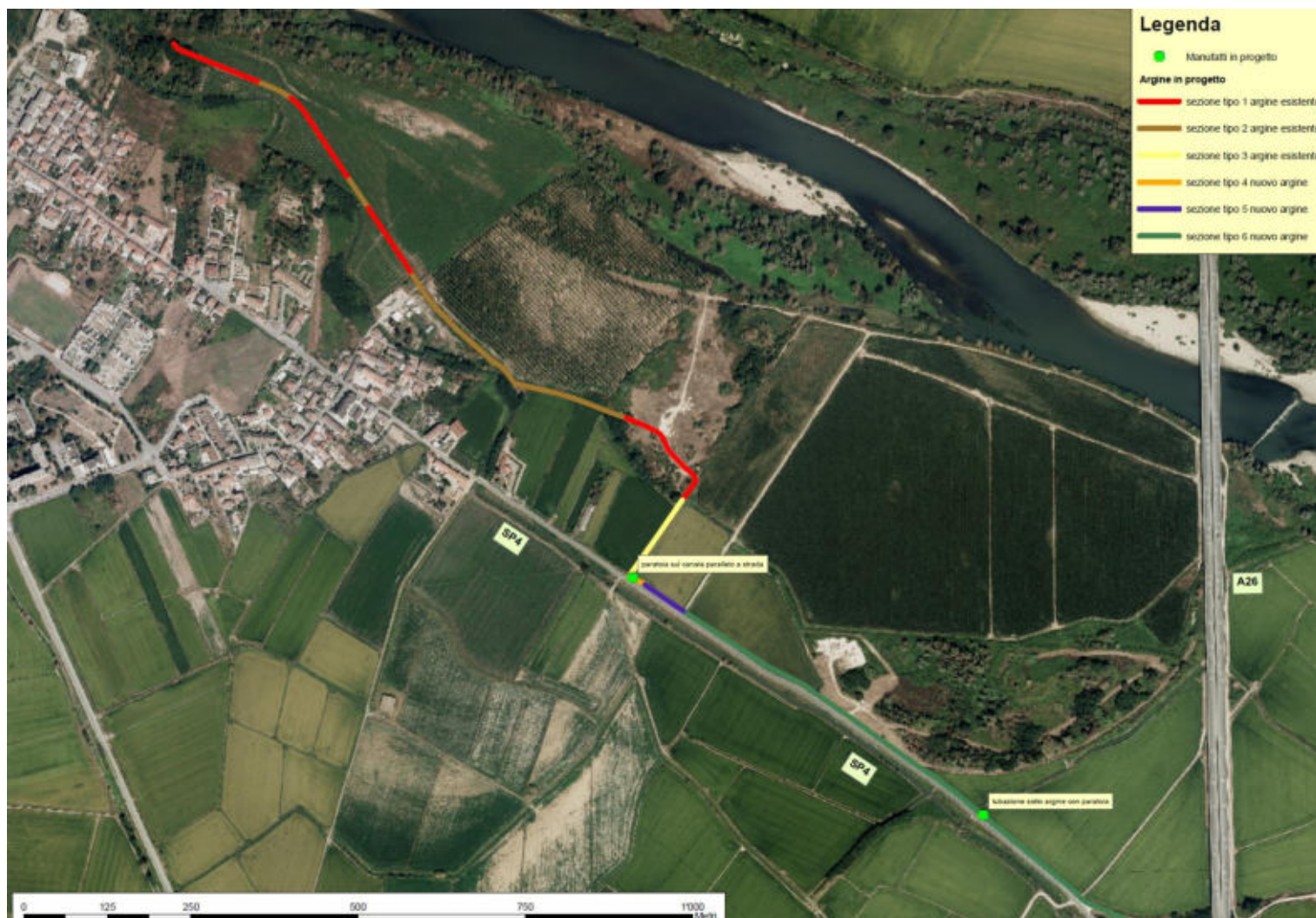


Figura 21. Suddivisione in sezioni tipologiche del tracciato.

La sezione tipologica 1 infatti prevede il ringrosso arginale sia sul lato fiume che sul lato campagna ed in sostanza l'asse del nuovo argine coinciderà con l'asse dell'attuale rilevato. Sul lato rivolto verso la campagna è prevista la realizzazione di un canale di drenaggio ed infiltrazione delle acque di scolo provenienti dalle aree contigue. Tale sezione si applica in tutti i casi in cui gli spazi disponibili attorno all'argine esistente sono ampi e non vi sono problematiche particolari.

In taluni casi l'allargamento deve invece avvenire esclusivamente sul lato fiume e dunque si fa riferimento alla sezione tipologica 2. È questo il caso ad esempio in cui l'argine esistente si presenta limitrofo alla Roggia Molinara di Prarolo: l'allargamento verso il lato campagna comporterebbe necessariamente anche lo spostamento della roggia, ritenuto peggiorativo sia dal punto di vista paesaggistico - ambientale, sia che sotto l'aspetto dei costi. L'allargamento verso sinistra avviene anche per un lungo tratto ove sul lato verso la campagna è presente una recinzione e un'area adibita a deposito.

La sezione tipologica 3 invece prevede l'allargamento esclusivamente sul lato campagna e si riferisce esclusivamente al tratto di strada campestre rettilinea che si diparte dalla SP4. In questo caso il terreno esistente mostra quasi 1 m di quota di differenza tra il lato

campagna, caratterizzato da quote maggiori, e il lato fiume. La realizzazione dell'argine sul lato destro comporta dunque un minor volume di materiale per la sua realizzazione.

La seconda categoria di sezioni tipologiche è quella relativa all'affiancamento alla SP4, che si presenta in rilevato. La sezione tipologica 4 prevede l'addossamento dell'argine al rilevato della SP4, che è costituito in questo caso da una scarpata vegetata. Al piede del rilevato è attualmente presente un canalino irriguo che andrà ricostruito al termine dei lavori. Tra l'argine e la strada andrà realizzato, come anche nelle successive sezioni, un canalino per lo scolo e l'infiltrazione delle acque meteoriche che interessano parte della piattaforma stradale. Tale sezione si sviluppa per poche decine di metri, in quanto a fianco alla SP4 è generalmente presente nel tratto interessato dalle opere un muro di contenimento.

La sezione tipologica 5 è del tutto analoga alla precedente, con l'unica differenza che la SP4 presenta un muro di contenimento sul lato rivolto verso la campagna. L'aspetto esteriore dell'arginatura sarà del tutto analogo a quello della sezione precedente. Non si è prevista la demolizione del muro in quanto comporterebbe la parzializzazione della strada durante l'esecuzione delle opere e peraltro non potrebbe che diminuire il grado di sicurezza dell'opera.

La sezione tipologica 6 è del tutto analoga alla 5 e non prevede la realizzazione del canale irriguo, in quanto esso attualmente non è presente. Al contrario della sezione 5, che ha uno sviluppo di circa 50 m, questa tipologia copre l'intero tratto in affiancamento alla SP4. È da sottolineare come tale sezione interessi anche l'area adibita a discarica di inerti, che risulta attualmente delimitata da una recinzione metallica plastificata. A seguito della realizzazione dell'argine, si procederà al ripristino della rete metallica plastificata sul lato verso il fiume e al riposizionamento in opera del cancello di accesso all'area e dell'impianto di videosorveglianza.

Occorre evidenziare come lungo la SP4 siano presenti diverse strade di accesso alla campagna: dato che si prevede il rialzo dell'argine, conseguentemente si procederà alla realizzazione di rampe di accesso al fine di consentire il transito dei mezzi. Tutte le strade che si dipartono dalla SP4 saranno chiuse mediante sbarre di accesso, al fine di evitare il transito di mezzi non autorizzati sull'argine.

Di corredo all'arginatura infine il progetto prevede due manufatti di regolazione su canali irrigui. Nel tratto in cui l'argine si affianca alla SP4 è difatti presente un canalino irriguo alimentato dal campo ad ovest. Gli interventi in progetto daranno continuità a tale canale e sarà previsto il posizionamento di una tubazione prefabbricata in c.a. al di sotto del costruendo argine. Il lato verso valle della tubazione sarà regolato da un manufatto in c.a. con una paratoia piana in acciaio inox con tenuta su 4 lati in due versi. Tale paratoia consentirà di evitare che, in caso di piena del fiume Sesia, l'acqua possa interessare i territori oltre l'argine, sfruttando il passaggio libero nella tubazione.

Un altro intervento del tutto analogo verrà realizzato una cinquantina di metri a valle della discarica. In questo caso è presente un canale a sezione trapezia con larghezza del fondo di circa 1.3 m e si prevede l'utilizzo di uno scatolare prefabbricato per il sottopasso, chiuso all'estremità a valle da paratoia della stessa tipologia della precedente, ma di dimensione maggiore. Entrambi i manufatti saranno dotati di parapetti in acciaio zincato a caldo.

6 QUADRO ECONOMICO

Il costo dell'opera è stato determinato in base alla somma dei costi dei lavori e degli oneri della sicurezza e delle ulteriori somme a disposizione per l'esecuzione delle opere, quali gli oneri espropriativi.

L'importo dei lavori previsto è pari a € 636.047,55. Le somme a disposizione dell'amministrazione ammontano a € 463.952,45, comprese le indennità per espropri/frutti pendenti, le spese tecniche e gli imprevisti, stimati in circa il 5% dei lavori. Ne risulta un importo complessivo del finanziamento necessario pari a € 1.100.000,00.

Si rimanda all'elaborato "Quadro economico" per ulteriori dettagli.

6.1 Computo delle opere

Il costo dei lavori è stato determinato in base ad un computo di dettaglio delle singole opere costituenti l'intervento. Per quanto riguarda i prezzi unitari si sono utilizzati principalmente voci ricavate dal Prezzario della Regione Piemonte anno 2020. Per le voci mancanti, si sono utilizzati altri prezzari di opere pubbliche redatti da regioni limitrofe e secondariamente, in caso di assenza di voci simili, si è ricorso a nuovi prezzi, determinati in base ad una dettagliata analisi, riportata tra gli elaborati di progetto.

6.2 Aspetti espropriativi

Il calcolo dell'importo da considerare nelle somme a disposizione dell'Amministrazione per espropri ed occupazioni temporanee durante la fase di esecuzione delle opere è stato eseguito in applicazione del disposto del Testo Unico sulle Espropriazioni, ovvero ai sensi del D.P.R. 8 giugno 2001, n° 327, come modificato dal D. Lgs. 302/2002 e dalla Legge 244/2007 del 21 dicembre 2007 che all'art. 2 commi 89 e 90 ha modificato il comma 1 dell'art. 37 del D.P.R. 327/2001.

Le opere da realizzarsi infatti sono opere pubbliche e pertanto, come disposto dall'art. 2 del D.P.R. 327/2001, l'espropriazione viene condotta in base a tale normativa.

L'elaborazione è stata effettuata sulla base delle planimetrie catastali, sulle quali si è sovrapposto l'intervento al fine di identificare le particelle interessate e l'elenco dei corrispondenti proprietari. Per ciascuna di tali particelle sono state individuate le superfici di occupazione permanente da assoggettare ad esproprio e quelle di occupazione temporanea, necessarie durante la realizzazione delle opere per la movimentazione dei mezzi, l'allestimento del cantiere e lo stoccaggio dei materiali per la realizzazione delle opere.

Le metodologie di calcolo sono specificate nell'elaborato Piano particellare di esproprio.