

MATTIA GIOVANNI AGU'

ACQUA IN VALLE MAIRA E NEL VALLONE DI ELVA:

**Nais, mulini, insediamenti e reti. Indagini e letture tra
conservazione e geomatica**





Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Architettura
per il Restauro e la Valorizzazione del Patrimonio

a.a. 2020/2021

Tesi di Laurea Magistrale

**Acqua in Valla Maira e nel Vallone di Elva:
Nais, insediamenti e reti. Indagini e letture tra conservazione
e geomatica**

Relatore

Prof. ssa Nannina SPANÒ

Correlatori

Prof. ssa Monica NARETTO

Candidato

Mattia Giovanni AGU'

a Francesca
alla mia famiglia e
a tutte le persone che mi sono care

Indice

Inquadramento territoriale

- 1.1** Introduzione Valle Maira, caratteristiche orografie, geomorfologiche e culturali 3
1.2 Inquadramento Valle Maira e Vallone d'Elva 7

Obiettivi e metodologie di analisi

- 2.1** Obiettivi 11
2.2 Strumenti di analisi: le metodologie della geomatica per la costruzione di un apparato conoscitivo del patrimonio 12
2.2.1 Il sistema GIS 16
2.2.2 Sistemi GPS/GNSS e Stazione Totale per il rilievo topografico 20
2.2.3 La fotogrammetria digitale e il sistema LiDAR 24
2.2.4 Fotogrammetria speditiva: 31
2.2.5 GPS GNSS a livello territoriale 33
2.3 Strumenti di analisi: la documentazione storica, bibliografica consultata 35
2.3.1 Gli Statuti della Valle Maira, concessioni e modalità di sfruttamento delle risorse: 38

L'acqua nella tradizione

- 3.1** Differenza tra Alta e Bassa Valle Maira, secondo gli stauti 43
3.1.1 Le figure autorevoli della Valle: il Podestà, i Consoli ed i Sindaci 46
3.1.2 Gli statuti del 1396 49
3.1.3 Gli statuti del 1441 51
3.2 Le macchine ad acqua presenti nella valle Maira 56
3.2.1 Paleoindustrie a "Rouèt o roudoun" 59
3.2.2 Tipologia d'alimentazione alta o bassa 62
3.2.3 Opifici presenti nella valle Maira divisione in base alla destinazione d'uso 69
3.3.1 Il vallone di Elva, analisi produttiva delle borgate: 88

Nais e canali

- 4.1** Localizzazione dei nais e canalizzazioni mediante analisi di DTM e rilievo GPS: 100
4.1.2 uso di ortofoto NIR e banda del visibile per l'individuazione delle canalizzazioni. 103
4.2 Georeferenziazione Cartografia storica: 104
4.2.1 Schedatura della cartografia storica 106
4.3 Regesto delle fonti per la realizzazione della cartografia. 120
4.4 I canali 122
4.4.1 Utilizzo delle canalizzazioni: 132
4.4.2 Canalizzazioni a servizio dei Nais: 136
4.5 I Nais 139
4.6 Schede delle canalizzazioni e dei Nais 143

Il rilievo metrico 3D della borgata attraverso le metodologie della Geomatica

- 5.1** Le operazioni di rilievo metrico 3D. 223
5.1.1 Il rilievo topografico della rete d'inquadramento: 225
5.1.2 Il rilievo di dettaglio dei punti di controllo: 229
5.1.3 Il rilievo di dettaglio dei punti di controllo: 234
5.1.4 Il rilievo da scansione LiDar: 239
5.1.5 Rilievo da fotogrammetria speditiva 244
5.2 Elaborazione delle nuvole fotogrammetriche: 247
5.3 Elaborazione delle nuvole LiDar: 251
5.4 Elaborazione della nuvola fotogrammetrica speditiva: 254

Restituzione degli elaborati

- 6.1** Utilizzi, obiettivi e risultati dalle restituzioni grafiche: 262
6.1.1 Analisi delle coperture della borgata. 264
6.1.2 Analisi dell'edificato della borgata di Molini Allioni 268
6.1.2 Il Batou, oggetto di studio: 272
6.2 Analisi della muratura del DSM e ortofoto: 276
6.3 Restituzione degli elaborati architettonici: 280

Conclusioni - Bibliografia

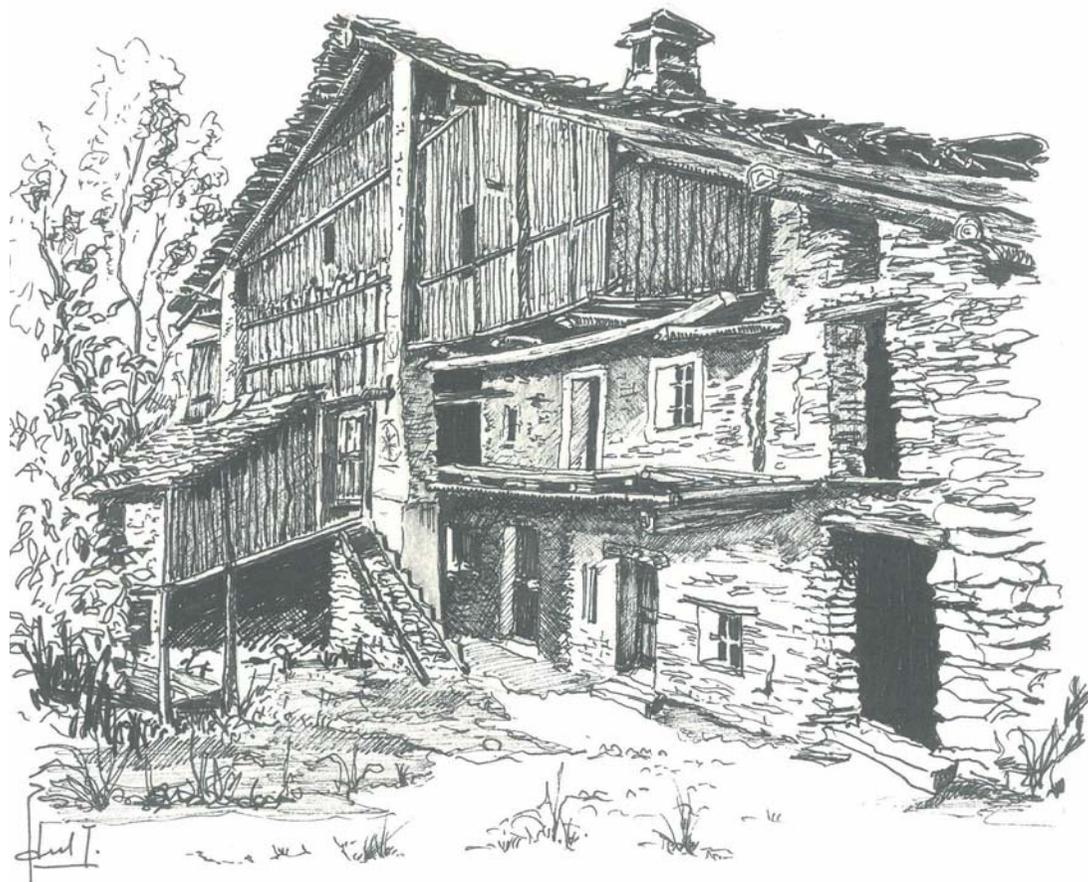
Abstract

Lo spopolamento della montagna ha caratterizzato l'intero arco Alpino. Il principale fattore si può ricercare nei poli industriali nascenti nella pianura. L'area oggetto di studio si focalizza sulla Valle Maira, situata in prossimità del capoluogo della provincia Cuneo, più precisamente sulla zona quasi interamente occupata dal comune di Elva, famoso per i "caviè" e per le pitture di Hans Clemer e chiamata per l'appunto Vallone d'Elva. Si tratta di un'area dalle forti pendenze dovute alla geomorfologia del territorio, ricca di numerosi manufatti architettonici, memoria di un tempo ormai lontano e per la maggior parte dimenticato. Durante lo stage svolto in ambito montano dal team Direct su Elva, che aveva come obiettivo la mappatura dell'ambiente costruito in questa zona, sono state utilizzate le seguenti tecniche di rilievo: fotogrammetria UAV e terrestre e laser scanner terrestre, il tutto supportato da una rete d'inquadramento topografica. In questo elaborato andrò ad analizzare gli aspetti teorici e pratici di queste innovazioni applicandole alla borgata rilevata ed esaminerò le peculiarità architettoniche della parte produttiva, grazie all'elaborazione dei dati ricavati dalle scansioni laser terrestri (TSL). Grazie alla fotogrammetria è stato possibile effettuare i rilievi laddove gli altri strumenti non riuscivano a causa della complessità del sito, pertanto sono state utilizzate entrambe le metodologie al fine di garantire un quadro il più completo possibile. Nella tesi, è anche affrontata l'analisi di una specifica tipologia di elementi che caratterizzano l'arco alpino, e che data la loro diffusione verranno documentati tramite una metodologia speditiva già impiegata in altri ambiti. Tali elementi, ovvero i *nais* (cisterne interrate per la raccolta delle acque) e le canalizzazioni formavano un sistema che consentiva la coltivazione, la produzione e la lavorazione in alta montagna. Lo studio esamina gli statuti comunali dell'alta valle Maira nei quali sono trascritte leggi ed ordinamenti sulla salvaguardia delle canalizzazioni e delle macchine ad acqua, usufruendo della documentazione storica presente negli archivi comunali di Elva. Successivamente andrò ad approfondire lo "stato di fatto" dei *Nais* e delle canalizzazioni, servendomi di documentazione fotografica, rilievi eseguiti con il palmare GNSS e del GIS (sistema informativo territoriale), integrando metodologie proprie dell'ambito della conservazione come l'analisi materica e conoscitiva dei manufatti con le nuove tecniche della geomatica.

Abstract

*The depopulation of the mountain has characterized the entire Alpine arc. The main factor can be found in the emerging industrial centres in the plain. The area under study focuses on the Maira Valley, located near the provincial capital Cuneo, more precisely on the area almost entirely occupied by the municipality of Elva, famous for the "cables" and the paintings by Hans Clemer and called for the precisely Vallone d'Elva. It is an area with steep slopes due to the geomorphology of the territory, rich in numerous architectural artefacts, a memory of a by now distant and for the most part forgotten time. During the internship carried out in the mountain area by the Direct team on Elva, which had as its objective the mapping of the built environment in this area, the following survey techniques were used: UAV and terrestrial photogrammetry and terrestrial laser scanner, all supported by a topographical classification network. In this paper, I will analyze the theoretical and practical aspects of these innovations by applying them to the detected township and I will examine the architectural peculiarities of the production part, thanks to the processing of data obtained from terrestrial laser scans (TSL). Thanks to photogrammetry it was possible to carry out surveys where the other tools failed due to the complexity of the site, therefore both methodologies were used to guarantee a picture as complete as possible. In the thesis, the analysis of a specific type of elements that characterize the Alpine arc is also addressed, and which, given their diffusion, will be documented through a fast methodology already used in other areas. These elements, namely the *nais* (underground cisterns for the collection of water) and the channels formed a system that allowed cultivation, production and processing in the high mountains. The study examines the municipal statutes of the upper Maira valley in which laws and regulations on the safeguarding of water pipes and water machines are transcribed, making use of the historical documentation present in the municipal archives of Elva. Subsequently, I will go to deepen the "state of affairs" of the *Nais* and the canalizations, using photographic documentation, surveys carried out with the GNSS palm-top and GIS (territorial information system), combining the discipline of restoration with the material and cognitive analysis of artefacts and with the new techniques of geomatics.*

Elva. Fraj. Serre. Val Maira.
"Lu Sère d'Elvo". 1637 m.
Maison de Pierre. Casa Dau Pietro.



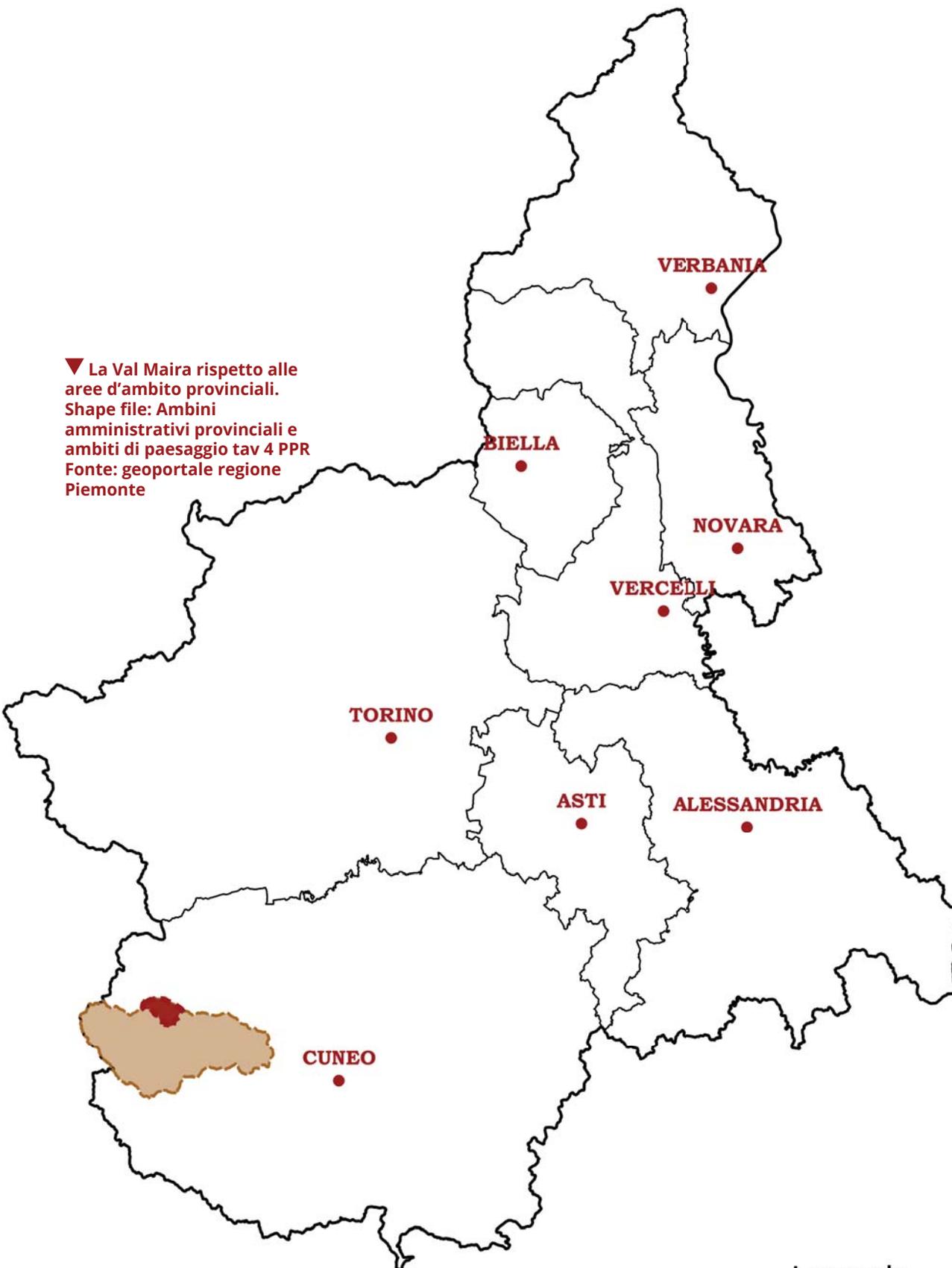
▲Disegni di Paul Terrematte, la Casa della Meridiana, Serre Elva CN
Fonte: Paul Terrematte, Sinfonie di antiche borgate, p113.



01

**INQUADRAMENTO
TERRITORIALE**

▼ La Val Maira rispetto alle aree d'ambito provinciali.
Shape file: Ambini amministrativi provinciali e ambiti di paesaggio tav 4 PPR
Fonte: geoportale regione Piemonte



0 20 40 60 80 km

S.R.:WGS84/UTM 32 N

Legenda

 Elva
 valle Maira

1.1 Introduzione Valle Maira, caratteristiche orografie, geomorfologiche e culturali

Situata nel Piemonte meridionale tra le valli Grana, Stura e Varaita, la valle Maira fa amministrativamente parte della provincia di Cuneo. Di forma allungata, si estende dal confine italo-francese sino alla pianura e prende il nome dall'omonimo fiume che la attraversa, il Maira, il quale confluisce nel Po all'altezza di Carmagnola. Questa porzione di territorio è descritta dalla scheda d'ambito n.52 del Piano Paesaggistico Regionale.

Percorrendo la valle lungo la strada S.P.422, da una prima analisi puramente visiva, riportiamo le seguenti caratteristiche: partendo dal comune di Dronero e sino al comune di San Damiano la valle si presenta più aperta e creste vallive sono più distanti tra di esse con un letto vallivo più ampio. Superando tale comune e sino a raggiungere la frazione di Prazzo Inferiore situata nel comune di Prazzo, l'aspetto della valle muta: in questo tratto il letto vallivo risulta meno ampio, le creste più ravvicinate ed il territorio assume le connotazioni tipiche di una valle fluviale.

Superando ancora il comune di Prazzo, fino a raggiungere quello di Acceglio, ultimo comune della valle, ed in particolare la borgata di Chiappera, la valle presenta nuovamente le caratteristiche della sua parte iniziale. Tutti questi aspetti, vengono più ampiamente descritti nel Piano Paesaggistico Regionale ("Schede di ambiti di paesaggio"¹ che raggruppa il territorio in quattro macrocategorie con aspetti territoriali caratteristici: La prima divisione riguarda quelle porzioni di territorio poste a quote prossime ai 3000 metri s.l.m.

*"Qui il sistema di paesaggi apprezzabili è uno tra i migliori del Piemonte, anche per la presenza di massicci e di guglie che, unite a conoidi detritiche, caratterizzano il territorio"*²

La seconda compresa tra i 1000 e 2000 metri s.l.m., è la più estesa della valle; è caratterizzata da versanti con pendenze medio-elevate, dove scorrono rii laterali, i quali hanno contrassegnato il territorio con il loro passaggio;

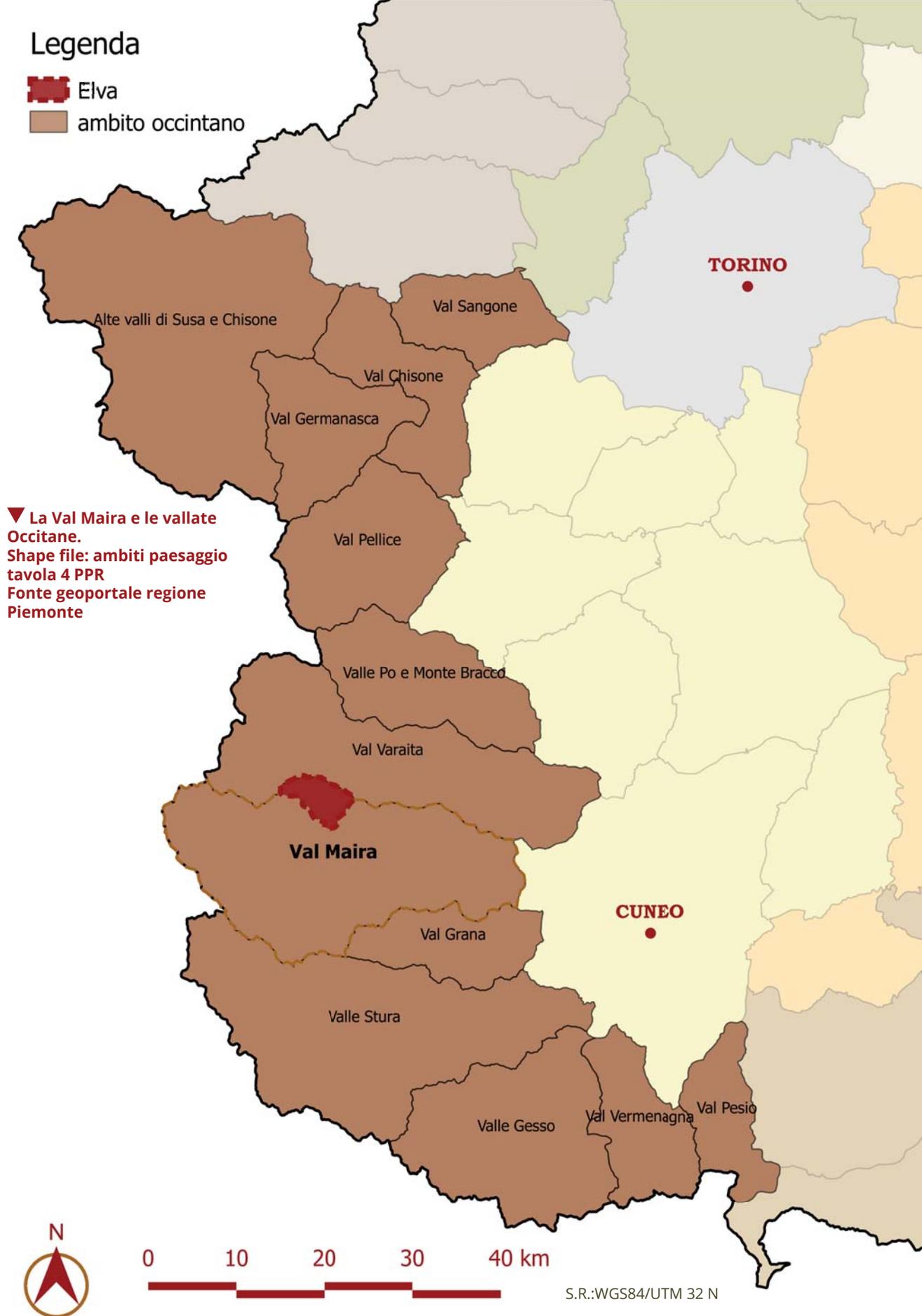
La terza parte è invece costituita da versanti montani, e presenta similitudini morfologiche con la vicina valle Grana, con versanti di medie pendenze e ridotti dislivelli.

La quarta è quella inerente al fondo valle, ovvero l'area territoriale che unisce la valle con la pianura di Cuneo. Emerge una forte presenza di suoli alluvionali, con versanti dal profilo più dolce e meno impervio.

¹ Regione Piemonte, Piano Paesaggistico Regionale. Schede degli Ambiti di paesaggio, p. 352.

² Ibidem

Inquadramento territoriale



Un'altra caratteristica geomorfologica della valle è la presenza di valloni laterali: i più imponenti sono quello di Elva e di Prazzo, ma complessivamente vi sono 16 valloni, alcuni dei quali in passato erano interessati da reti viarie e militari, come la Strada dei Cannoni la quale correndo su un asse nord-sud comprendeva i valloni di Elva, Stroppo e Marmora: attraversava il colle della Bicocca (Elva) passando per il colle di Sampeyre, il colle di San Giovanni (posizionato tra Elva e Stroppo), per Rocca Melaro, attraversava il Maira in prossimità del Ponte della Catena, continuando sull'altro versante di Marmora, arrivando al colle del Mulo per poi discendere infine in valle Stura³

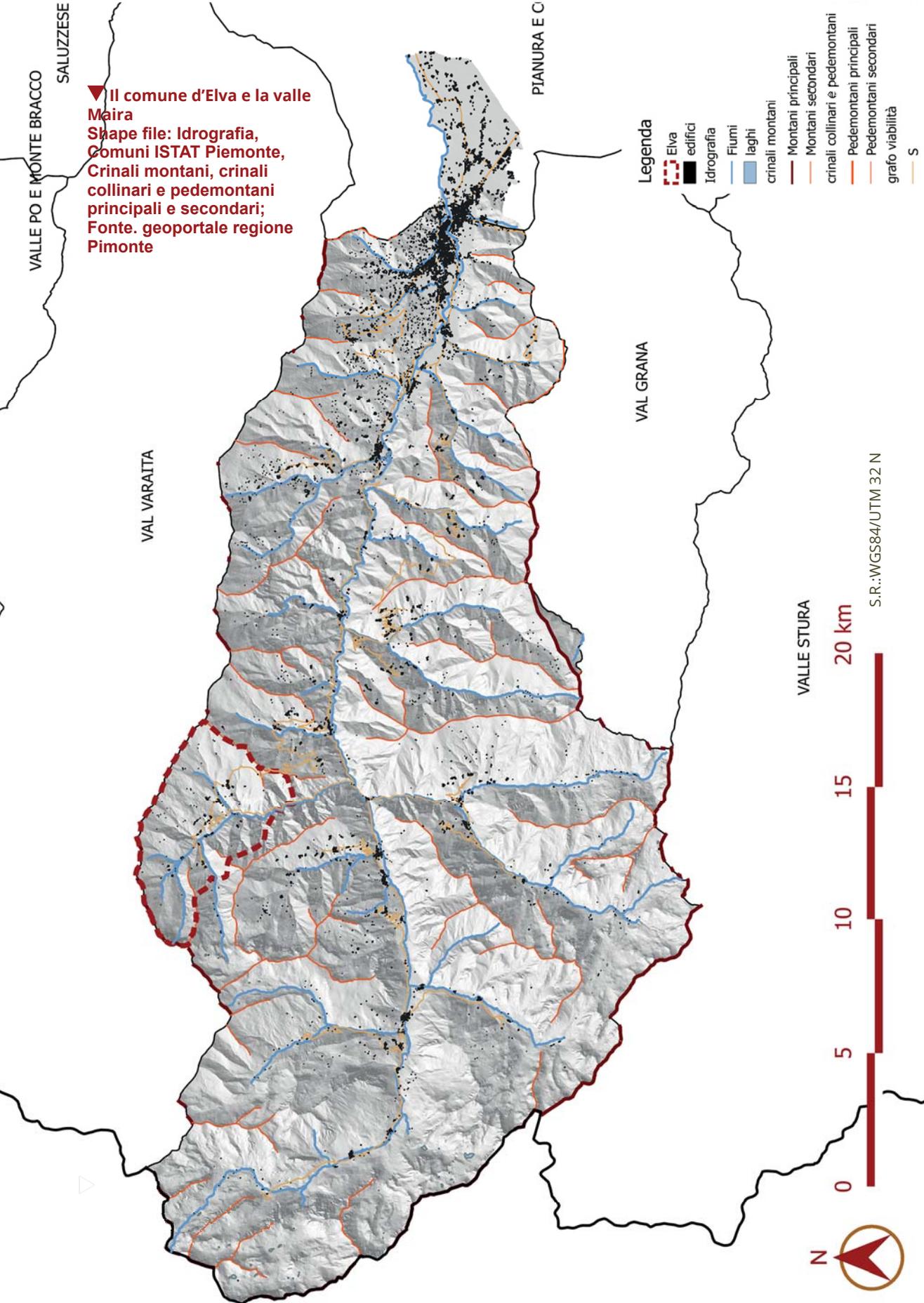
La tipologia insediativa, fatta eccezione per il comune di fondo valle Dronero, si caratterizza da "ruate" ovvero agglomerati urbani, più comunemente conosciuti come Borgate, sparsi sul territorio. La principale caratteristica è che non sempre il capoluogo del comune coincide con la borgata più estesa⁴. Questa tipologia urbana è tipica delle alte valli alpine, dove il clima rigido imponeva un maggiore utilizzo delle risorse territoriali con una predisposizione ad una maggiore convivialità, basti pensare all'accensione del forno comune alla borgata che produceva il pane necessario a tutte le famiglie che vi dimoravano. Tale pratica si svolgeva poche volte durante l'anno, in periodi specifici quando il lavoro nei campi non era eccessivo e quando il clima non era troppo rigido.

La valle Maira si trova nel contesto storico culturale delle Valli Occitane, riconosciuto nel PPR come "*Paesaggio Alpino Occitano*". Questa dicitura fa riferimento a tutte le valli posizionate a sud ovest in Piemonte. Il territorio occitano si estende dai Pirenei in Spagna, occupando il sud ovest del territorio francese e fino a raggiungere la Pianura Padana Piemontese. Territorio di antiche tradizioni, le valli Occitane possiedono una lingua autoctona, ovvero la lingua Occitana o d'Oc, e una propria bandiera.

La nostra valle è stata dominata in primis dai Signori di Busca, e successivamente è passata sotto il dominio del marchesato di Saluzzo, del regno di Francia e del ducato Sabauda.

³ **Pietro Tarozzo, Dimenticata Genesi e oblio della Strada dei Cannoni In Val Maira, rel Antonia Spanò, Monica Naretto, Politecnico di Torino, aa 2019 - 2020, p 3**

⁴ **Regione Piemonte, Piano Paesaggistico Regionale. Schede degli Ambiti di paesaggio, p. 351**



Inquadramento territoriale

1.2 Inquadramento Valle Maira e Vallone d'Elva

I comuni che compongono la Valle Maira sono 12: Dronero, Rocca Bruna, Cartignano, San Damiano Macra, Celle Macra, Macra, Stropo, Elva, Canosio, Prazzo e Acceglio. I 16 valloni laterali sono: Vallone di Pagliero, Vallone d'Elva, Valle di san Michele, Vallone di Traversiera, Valle del Maurin, Valle Autaret, Vallone di Stroppia, Valle d'Aspoi, Vallone del Preit, Valetta, Vallone Marmora, Valle Mansaira, Valle Sella Mulo, Valle Tunetta, Vallone Rochetta, Valle Barletta. I più imponenti come dimensioni sono: Il vallone d'Elva, il Vallone di Marmora, Valle del Preit a Canosio e la Valle di San Michele nel comune di Prazzo.

Il Vallone d'Elva su cui verte lo studio è posizionato geograficamente alla sinistra orografica del Torrente Maira nell'alta valle, il suo territorio comprende 3 comuni: Stropo, Prazzo ed Elva, quest'ultimo posizionato in zona centrale. Un territorio di non facile accesso, caratterizzato da vallate minori come il Vallone Nero, dove discende il fiume Gias Vecchio, che alimentava le antiche macchine ad acqua. A Serre troviamo anche la "parrocchiale" con gli affreschi del pittore fiammingo Hans Clemer di noto valore artistico. Prima dello spopolamento questa valle era ricca di coltivazioni per la sussistenza della comunità. Inoltre gli abitanti per vivere, iniziarono a "occuparsi" di capelli e acciughe commercializzandole nelle altre regioni.

L'accessibilità al vallone era garantita dalla strada Strada Provinciale 104, la quale, attraversa tuttora la zona conosciuta come "l'Orrido d'Elva", un esempio di ingegneria degli anni '50. Il percorso parte da 988 m s.l.m. ed arriva fino alla borgata Serre posta a circa 1600 m s.l.m.; attualmente è chiusa da un'ordinanza provinciale dal 2014 per rischio frane. Per raggiungere il vallone vi sono altre strade: attraverso il comune di Stropo si prosegue per il colle di san Giovanni, passando per le borgate comunali, oppure in alternativa dalla Valle Varaita partendo da Sampeyre e arrivando sino in cima al colle di Sampeyre, punto panoramico di notevole interesse. L'unica, strada percorribile anche d'inverno è quella da Stropo, tortuosa e particolarmente difficile da percorrere.

Come per gli altri comuni della valle la tipologia urbana è la "ruata" o borgata. Sul territorio comunale ne possiamo contare 30, alcune in fase di recupero, altre recuperate, molte abbandonate ed una sola completamente scomparsa. Il territorio è caratterizzato da forti pendenze e a causa dello spopolamento la natura sta invadendo gli edifici, e gli spazi aperti comuni, come effetto di una ormai protratta mancata manutenzione e dell'abbandono.

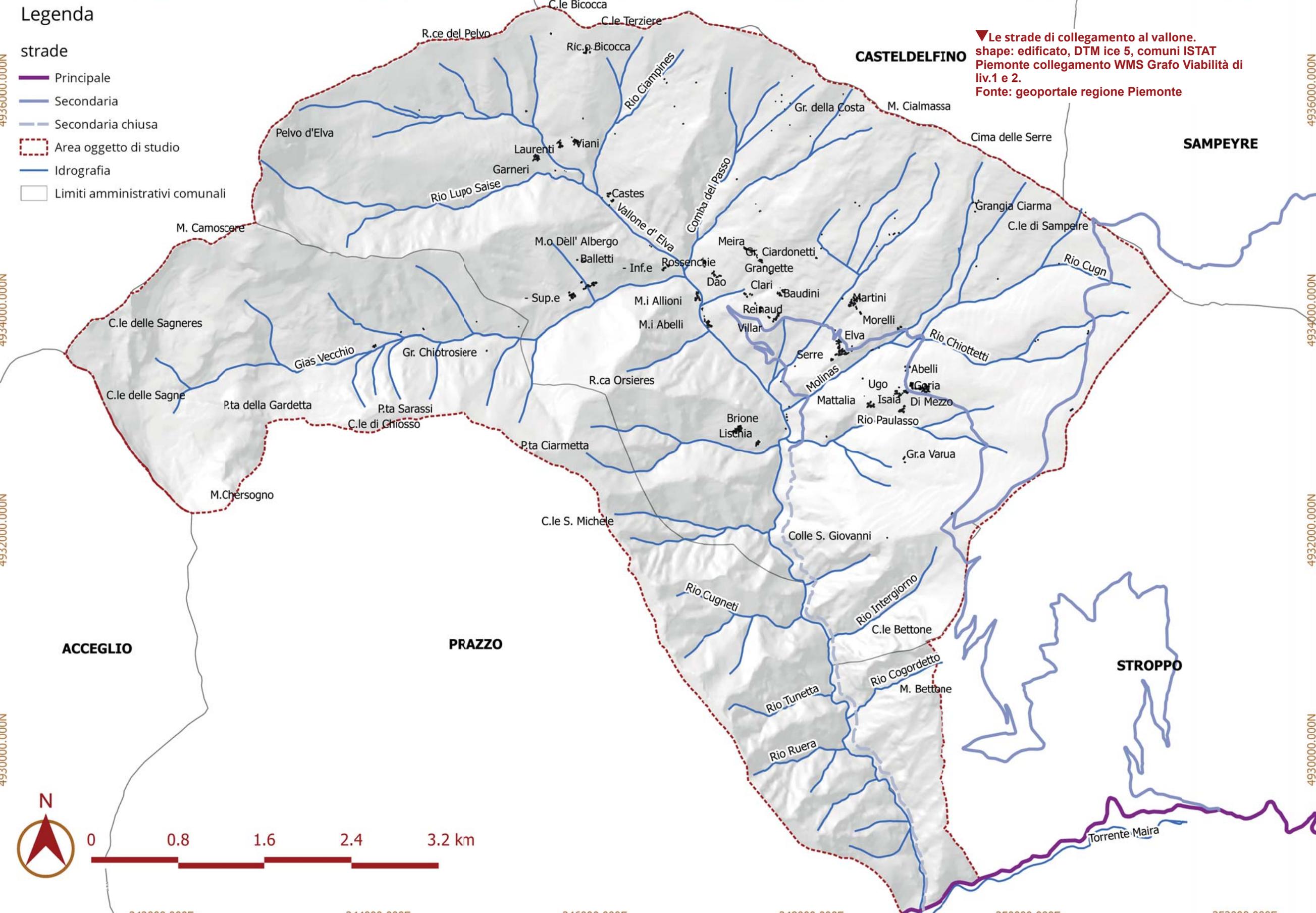
342000.000E 344000.000E 346000.000E 348000.000E 350000.000E 352000.000E

Legenda

strade

- Principale
- Secondaria
- Secondaria chiusa
- Area oggetto di studio
- Idrografia
- Limiti amministrativi comunali

▼ Le strade di collegamento al vallone.
shape: edificato, DTM 1ce 5, comuni ISTAT
Piemonte collegamento WMS Grafo Viabilità di liv.1 e 2.
Fonte: geoportale regione Piemonte



342000.000E 344000.000E 346000.000E 348000.000E 350000.000E 352000.000E



02

OBIETTIVI E METODOLOGIE DI ANALISI

2.1 Obiettivi

Il presente studio si pone l'obiettivo di analizzare e studiare lo scenario produttivo storico per quanto riguarda l'utilizzo delle acque in alta montagna e di conseguenza si focalizza sui seguenti elementi: le canalizzazioni, i Nais ed infine le paleoindustrie, strutture produttive in funzione fino agli '60, prima della grande fuga verso le città. Lo studio viene eseguito utilizzando le metodologie interdisciplinari della geomática e l'analisi conoscitiva tipica del restauro, interpolando, grazie al sistema Gis, i vari dati ottenuti al fine di fornire un quadro di lettura ed analisi degli elementi sopracitati. In conclusione, andremo ad effettuare un approfondimento a livello produttivo della "ruata" o borgata di Molini Allioni, rilevata dal Team Direct durante lo stage estivo del 2019.

L'utilizzo della geomática ha reso possibile un'analisi conoscitiva su vari livelli, d'ambito territoriale fino all'ambito architettonico. Interpolando i dati ottenuti dal rilievo con quelli ricavati dallo studio degli statuti, delle cartografie storiche, della documentazione trovata presso l'archivio comunale di Elva e mediante la piattaforma di documenti storici ad aperto accesso "Gallica" è stato possibile realizzare mappe tematiche che evidenziano il sistema delle acque (Nais e canalizzazioni), connesso alle paleoindustrie presenti nel vallone.

La scelta del sito è ricaduta sulla borgata Molini Allioni in quanto trattasi di una delle principali borgate produttive il cui stato di conservazione permette di riconoscere ancor molti edificati ed elementi identitari.

L'elaborato vuole porre in evidenza la possibilità di riutilizzare questo sistema al fine di favorire un ripopolamento a livello produttivo delle aree alpine abbandonate, ed incrementare allo stesso tempo il turismo, attualmente in crescita in molte comunità montane.

Le fasi principali di questo elaborato sono: la fase di rilievo che consiste nell'acquisizione di dati, e la successiva fase di elaborazione degli stessi, nella quale ricaviamo modelli navigabili tridimensionali, disegni architettonici e cartografie tematiche, che serviranno per le successive analisi connesse alla prospettiva della conservazione e della messa in valore.

Nella prima fase, è necessario adottare determinati accorgimenti affinché il lavoro svolto sia proficuo e porti all'acquisizione di un gran numero di dati, e affinché possa essere facilmente ripreso nelle eventuali successive campagne di rilievo. Ciò è possibile grazie all'utilizzo di metodologie innovative e all'integrazione tra di esse. E' stata scelta la geomática sia per la sua caratteristica di interdisciplinarietà e sia per la sua capacità di consentire l'acquisizione di dati in tempistiche notevolmente ridotte rispetto alle metodologie tradizionali. In questo caso specifico sono stati effettuati il rilievo di un aggregato architettonico storico (l'intera borgata) ed il rilievo ad ambito territoriale con la metodologia di carattere speditivo.

2.2 Strumenti di analisi: le metodologie della geomatica per la costruzione di un apparato conoscitivo del patrimonio⁵

La Geomatica è definita come:

“un approccio sistemico, integrato e multidisciplinare per selezionare gli strumenti e le tecniche appropriate per acquisire in modo metrico e tematico, integrare, trattare, analizzare, archiviare e distribuire dati spaziali georiferiti con continuità in formato digitale.”⁶

Questo approccio multidisciplinare si basa fondamentalmente sull'acquisizione di dati attraverso l'utilizzo di hardware e software che presentano un certo grado di automatizzazione e sulla loro elaborazione per ricavarne delle informazioni metriche e numeriche. Principalmente la Geomatica utilizza, tratta e sperimenta nel tempo metodi e tecnologie atti ad acquisire dati 3D georeferenziati tramite il rilievo metrico 3D. Durante gli ultimi anni lo sviluppo tecnologico ha permesso⁷ di poter disporre di strumenti sempre più innovativi ed efficienti per un'acquisizione dei dati ad accuratezze e precisioni sempre più alte e per la loro elaborazione in maniera sempre più efficace in termini di grado di automazione⁸, velocità e qualità del dato.

Nell'ambito del rilievo metrico la Geomatica presenta numerose possibilità di applicazione che dipendono principalmente dal grado di differenziazione delle metodologie disponibili in base alle necessità: livello di dettaglio atteso, tempistiche, morfologia dell'oggetto da rilevare, posizione dell'oggetto da rilevare. Sono infatti molte-

⁵ **Paragrafo in comune con la tesi in fase di stesura “Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico.” di Philippe Rosset**

⁶ **Maurizio Fea, Mario Angelo Gomasca, Geomatica per la gestione del territorio, Enciclopedia della scienza e della tecnica in Enciclopedia Treccani, 2008**

Fonte: Enciclopedia Treccani <https://www.treccani.it/>

⁷ **Antonia Spanò, Elisabetta Donadio, Filiberto Chiabrando., “Modelli 3D densi tra esperienze didattiche e ricerche di soluzioni fruibili”, Polymnia. Studi di Archeologia n.08, Edizioni Università di Trieste, 2017, pp. 79-80**

⁸ **L'automazione consiste “nell'impiego di un insieme di mezzi e procedimenti tecnici che, agendo opportunamente su congegni o dispositivi, assicurano lo svolgimento automatico di un determinato processo”.**

Fonte: Enciclopedia Treccani <https://www.treccani.it/>

plici i contributi disciplinari⁹ della Geomatica, e ognuno presenta determinate metodologie, tecniche e strumenti che possono essere utilizzati in modo più o meno integrato ai fini del rilievo: topografia, celerimensura, telerilevamento, fotogrammetria, sistemi a scansione, GNSS, GIS. Nel rilievo, la scelta di determinate metodologie a discapito di altre dipende dai risultati attesi del loro utilizzo. Per il rilievo e l'analisi della borgata Molini, sono stati progressivamente utilizzati più sistemi integrati in base al tipo di misurazione e di analisi da condurre. Indicativamente le fasi operative che hanno fatto ricorso agli strumenti della geomatica possono essere suddivise in:

- fase di analisi del territorio sulla base della cartografia storica e attuale;
- fase di rilievo topografico dell'insediamento;
- fase di rilievo metrico 3D del costruito;
- fase di elaborazione dei dati acquisiti e restituzione grafica.

Nella prima fase sono stati utilizzati i sistemi e i software GIS per l'analisi delle caratteristiche del territorio e la comparazione di fonti cartografiche, tramite la loro georeferenziazione in sistema di riferimento noto (WGS84/UTM) all'interno del programma. Per l'analisi territoriale sono stati principalmente usati i dataset (banche di dati georeferenziati in un sistema di riferimento) reperibili nel Geopor-tale della Regione Piemonte, che mette a disposizione un'enorme quantità di dataset contenenti informazioni cartografiche scaricabili e utilizzabili nei software GIS.

La fase operativa del rilievo è consistita innanzitutto nella definizione di una rete topografica che servisse da appoggio a tutte le misurazioni successive, in modo da georeferenziarle al sistema di riferimento unico UTM-WGS84. Per la misurazione dei vertici di questa rete è stato usato il sistema GNSS, Global Navigation Satellite System, termine che indica i sistemi di navigazione satellitare che forniscono un posizionamento geospaziale con copertura globale di un qualsiasi punto sulla Terra. La misurazione dei vertici è avvenuta tramite degli appositi ricevitori GNSS posti al di sopra ai vertici da misurare.

Definita la rete topografica di appoggio, si è proceduto al rilievo dei Ground Control Points disposti sulle superfici oggetto del rilievo: la misurazione di questi punti è necessaria per georeferenziare i dati metrici degli edifici nel sistema di riferimento WGS84. I sistemi usati per la misurazione di questi punti sono stati due: per i punti disposti a terra è stato usato un sistema GNSS particolare che sfrutta dei ricevitori mobili da disporre di volta in volta sui punti da rilevare (Real-Time Kinematic, RTK); per la misurazione dei punti disposti sulle pareti invece è stato usato il rilievo celerimetrico tramite Stazione Totale, strumento che attraverso l'emissione di onde elettromagnetiche direzionate verso i punti ne permette la misurazione di due an-

⁹ **Voce “Geomatica”, in Enciclopedia Treccani, 2008.**

Fonte: Enciclopedia Treccani <https://www.treccani.it/>

goli e una distanza per ciascun punto in modo da poter determinare le coordinate spaziali.

Effettuata la fase di rilievo topografico, si è proceduto con la fase di rilievo metrico 3D del costruito. Sono state usate più metodologie in base al livello di dettaglio da ottenere facendo riferimento agli approcci multi-scala e multi-sensore.

Nel campo del rilievo metrico 3D dell'architettura, la fase di acquisizione e quella di elaborazione dei dati vengono stabilite per rispondere alle esigenze del progetto: dalla definizione dell'assetto geometrico-morfologico all'analisi della forma dell'architettura, fino allo studio dello stato di fatto relativo alla conservazione di elementi, strutture e materiali¹⁰.

Per il rilievo metrico 3D della borgata Molini si è optato per l'utilizzo di più metodologie, in quanto l'obiettivo dell'operazione è stato effettuare analisi a più livelli di dettaglio. Il rilievo si è basato quindi sull'approccio multi-scala e multi-sensore, secondo cui alle diverse scale di dettaglio attese nel rilievo del costruito, corrisponde l'uso di più sensori.

Ogni tecnica presenta dei punti di forza e dei livelli di risoluzione del dato acquisito diversi rispetto ad altre. L'utilizzo di un solo metodo non sarebbe stato infatti esaustivo nell'analisi del costruito. Si è reso necessario integrarne molteplici tra di loro. La combinazione di più tecniche è un approccio operativo frequente nella Geomatica¹¹.

L'approccio multisensore si è basato sull'utilizzo di due sistemi differenti di acquisizione che poi sono stati integrati in fase di elaborazione: uno a sensore passivo, la fotogrammetria digitale, e uno a sensore attivo, il sistema LiDAR (*Light Detection and Ranging*).

Per un rilievo di inquadramento della borgata, è stata utilizzata la fotogrammetria aerea tramite UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*, in italiano comunemente droni), che attraverso l'acquisizione di immagini e la loro successiva elaborazione in software fotogrammetrici dedicati hanno permesso di realizzare delle nuvole di punti orientati nello spazio.

Sempre per il rilievo della borgata sono stati usati i sistemi a scansione LiDAR terrestri che ne comparto terrestre sono anche noti come TLS (*Terrestrial Laser Scanning*), che consistono nell'utilizzo di scanner emettenti impulsi laser in grado di intercettare punti e definirne due angoli e una distanza, come per le stazioni totali ma per milioni di punti: anche in questo caso il dato acquisito consiste in nuvole di punti che rappresentano l'informazione metrica dell'edificio, ma a una scala di dettaglio molto più elevata e con una precisione mag-

¹⁰ A. Spanò, E. Donadio, F. Chiabrando., "Modelli 3D densi tra esperienze didattiche e ricerche di soluzioni fruibili", p. 80

¹¹ Murtiyoso A., Grussenmeyer P., Suwardhi D., Awalludin R., "Multi-Scale and Multi-Sensor 3D Documentation of Heritage Complexes in Urban Areas", in "International Journal of Geo-Information", 17/12/2018, p.2

giore rispetto alla fotogrammetria aerea. Questo sistema è servito ad ottenere delle informazioni di dettaglio sugli elementi costruttivi degli edifici.

Infine, un'ultima tecnica di telerilevamento utilizzata è stata la fotogrammetria terrestre (*close range*): questa è servita per i rilievi di dettaglio su alcuni edifici specifici, e sono state usate delle fotocamere reflex. Nell'ambito della fotogrammetria terrestre è stata effettuata un'operazione di fotogrammetria speditiva per l'acquisizione di dati da integrare a quelli utilizzati in precedenza: in questo caso si è provato ad utilizzare un'attrezzatura meno specifica e *low-cost* ma più accessibile a tutti come la camera dello *smartphone* di ultima generazione, per testarne le potenzialità e verificare se i dati così acquisiti possono essere utilizzati nell'ambito di operazioni di rilievo fotogrammetrico in mancanza di attrezzature più specifiche.

Un'ultima fase di rilievo che è stata effettuata è servita per la misurazione degli ambienti interni, per cui si è optato in un rilievo diretto con distanziometri e rotelle metriche, per realizzare rappresentazioni in pianta da integrare alle informazioni ricavate dal rilievo 3D.

Nei paragrafi successivi verranno esposti i principi di funzionamento delle varie metodologie.

2.2.1 Il sistema GIS¹²

“Un GIS è un potente insieme di strumenti in grado di acquisire, immagazzinare, recuperare, trasformare, analizzare e riprodurre dati spaziali riferiti al territorio.”¹³

Il sistema GIS è stato utilizzato in questa tesi per effettuare delle analisi territoriali basate su carte tematiche e per effettuare dei confronti tra fonti cartografiche storiche e informazioni cartografiche attuali vettorializzate e georeferenziate in un sistema di riferimento comune.

Il termine GIS è l'acronimo di *Geographic Information System*, in Italia inizialmente denominato come SIT (*Sistema Informativo Territoriale*): si tratta di sistemi informativi computerizzati che permettono una serie di operazioni che vanno dall'acquisizione di dati geografici alla rappresentazione grafica delle informazioni spaziali ricavate da quei dati georeferiti. In altre parole, un GIS permette la gestione di dati geografici e spaziali georeferiti che rappresentano oggetti del mondo reale.

Si tratta quindi di un sistema caratterizzato da più componenti, che vanno dalla persona fisica che acquisisce ed elabora il dato, alle banche dati (i *dataset*), agli hardware e software dedicati, e alle procedure applicative per la gestione dei dati all'interno dei software¹⁴.

La gestione e l'organizzazione dei dati geografici all'interno di un sistema GIS avviene tramite la loro georeferenziazione in determinati sistemi di riferimento (SR). Benché in passato i diversi paesi abbiano impiegato sistemi di riferimento nazionali, oggi è adottato come standard internazionale il sistema globale WGS84/UTM: l'Italia è compresa nei fusi 32N (che comprende il Piemonte) e 33N.

In un GIS i dati geografici sono organizzati in mappe che sono il risultato della sovrapposizione di più strati informativi: questi hanno la caratteristica di essere georeferenziati nel sistema di riferimento, e consistono in tre tipi di modelli¹⁵.

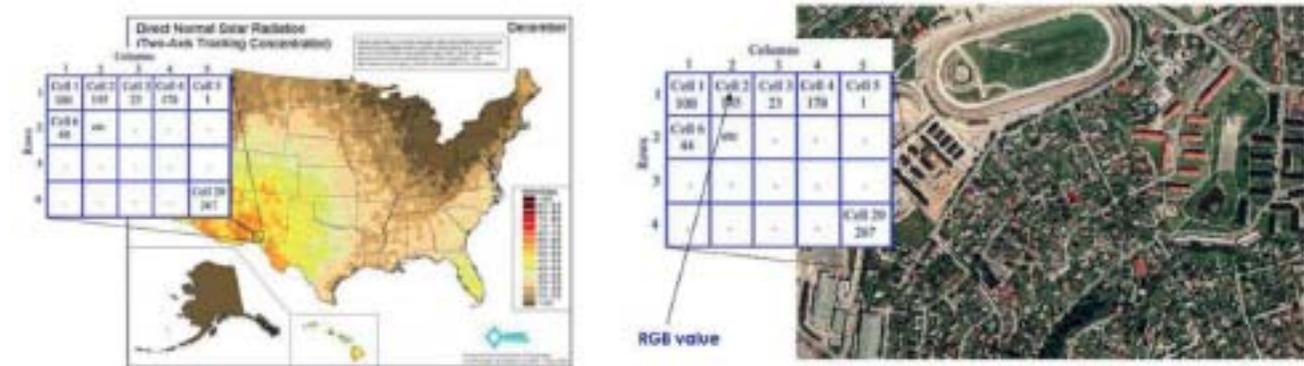
¹² Paragrafo in comune con la tesi in fase di stesura “Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico.” di Philippe Rosset

¹³ BURROUGH, P.A., “Principles of Geographic Information Systems for Land Resource Assessment. Monographs on Soil and Resources Survey, No. 12”, Ed. Oxford Science Publications, New York, 1986

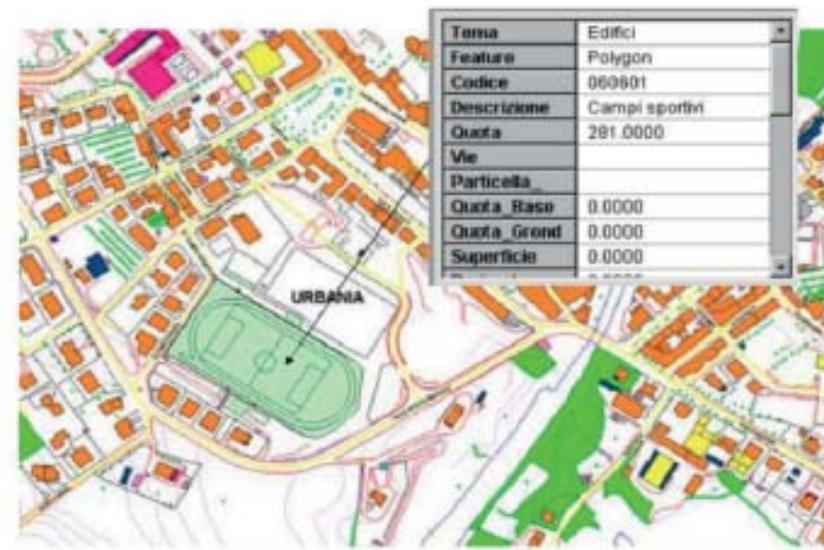
¹⁴ Giovanni Biallo., “Introduzione ai Sistemi Informativi Geografici”, Ed. MondoGIS, 2005

¹⁵ Fulvio Rinaudo. “Dispense “Fondamenti di GIS 2019”, Politecnico di Torino, a.a. 2018/19, pp. 35-42

- Modello *raster*: le informazioni sono rappresentate da matrici rettangolari di *pixel* con un contenuto numerico (un solo valore per ogni *pixel*), che sono facilmente gestibili e manipolabili;



- Modello vettoriale: rappresentano le informazioni territoriali tra-mite punti, linee, poligoni. Ognuna di queste entità è caratterizzata dalle sue coordinate cartografiche, e può essere collegata (relazionata) a degli attributi rappresentanti delle informazioni specifiche: è possibile definire la vestizione grafica delle mappe in funzione del valore di uno o più attributi. La mappa vettoriale può essere scalata liberamente senza una perdita del contenuto informativo.



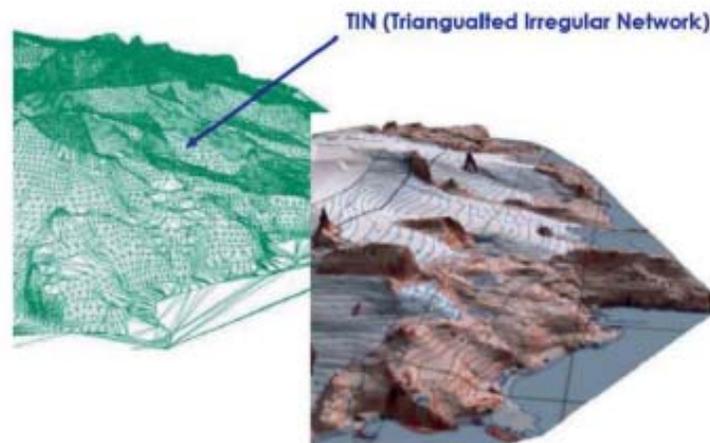
▲ Esempi di mappe raster, con rappresentazione della matrice con il contenuto di ogni pixel: in questo caso, ogni pixel contiene un dato RGB.
Fonte: RINAUDO F., ivi pp.37-38

◀ Esempio di mappa vettoriale con la tabella attributi di un'entità poligonale rappresentante uno stadio: ogni attributo contiene un'informazione specifica, come codice, quota, descrizione,...
Fonte: RINAUDO F., ivi, p. 40

no-nimo di mesh); sono modelli che servono per la rappresentazione 3D delle superfici. Il TIN può essere derivato dai DTM (Digital Terrain Model), rappresentazioni che modellano l'elevazione e l'orografia del terreno. I TIN contengono dei punti che oltre alle coordinate planimetriche contengono anche il dato altimetrico (la quota): questi punti compongono una maglia di piani triangolari che modellano la superficie del terreno.

I due tipi di strutture possono avere finalità di utilizzo differenti.

► **Esempio di mappa TIN, in cui sono visibili i triangoli che rappresentano i piani che modellano la superficie del terreno.**
Fonte: RINAUDO F., *ivi*, p. 42



Per esempio, nell'ambito della tesi la cartografia storica che si è voluta confrontare è stata utilizzata come mappa raster e georeferenziata nel SR adottato per la cartografia regionale. Il procedimento di georeferenziazione dell'immagine raster (rappresentante l'informazione cartografica storica) avviene per trasformazioni geometriche e ricampionamento tramite l'individuazione di punti di controllo omologhi individuati sia nell'immagine raster che nelle carte numeriche vettorializzate odierne con cui si vuole effettuare il confronto. La struttura vettoriale che compone la cartografia odierna digitale e georeferenziata è invece stata utilizzata per effettuare un'analisi del territorio tramite la produzione di carte tematiche descrittive: ogni carta è composta da shapefile organizzati per contenuto tematico (orografia, forma dell'edificato, idrografia,...), che sono dei veri e propri layer che contengono le entità vettoriali (punti, linee, poligoni) organizzate in base alle coordinate spaziali riferite nel SR, e che rappresentano l'informazione dell'oggetto nel mondo reale (un crinale, un corso d'acqua, un numero civico, il perimetro di un edificio,...).

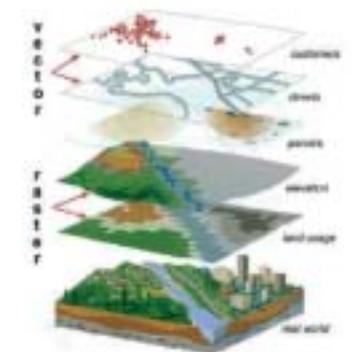
Sono due i metodi per acquisire i dati spaziali geografici da utilizzare nel GIS: una maniera diretta, in cui è l'operatore in prima persona ad acquisire il dato tramite l'ausilio, per esempio, di strumenti come dei ricevitori palmari GPS/GNSS, e una indiretta in cui i dati, già organizzati in *dataset*, sono resi disponibili in piattaforme *web open SDI* (*Spatial Data Infrastructure*) e scaricabili per il loro utilizzo nei

software GIS.

Nell'ambito della tesi i dati geografici sono stati acquisiti principalmente in maniera indiretta, utilizzando i dataset disponibili nella piattaforma del Geoportale¹⁶ della Regione Piemonte: si tratta di un'infrastruttura per l'informazione geografica piemontese integrata che rende disponibile un ampio catalogo di informazioni geografiche raccolte e sistematizzate e che offre vari servizi di ricerca, consultazione e scarico dei dati. Dal 2014, all'interno del Geoportale la base dati di riferimento per la cartografia tecnica del territorio piemontese è la BDTRE (Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti).

Sono stati acquisiti dati anche in maniera diretta: attraverso le acquisizioni fotogrammetriche aeree, è stata generata un'ortofoto planimetrica raster della borgata georeferenziata nel sistema di riferimento WGS84/UTM32N che importata nel software GIS ha permesso un confronto con i dati cartografici dei dataset da una parte, ma anche con la cartografia storica raster.

► **Schema di sovrapposizione dei layer/mappe vettoriali e raster per la rappresentazione del mondo reale.**
Fonte: www.serc.carleton.edu



¹⁶ **Sito del Geoportale della Regione Piemonte.**
Fonte: <https://www.geoportale.piemonte.it>

2.2.2 Sistemi GPS/GNSS e Stazione Totale per il rilievo topografico¹⁷

Il sistema GPS/GNSS permette di identificare un punto sulla superficie terrestre, in qualsiasi momento e in qualsiasi luogo senza il condizionamento delle condizioni meteorologiche, tramite il posizionamento dei satelliti artificiali in orbita intorno alla Terra.

GNSS è l'acronimo di *Global Navigation Satellite System*, termine standard che indica i sistemi di navigazione satellitare che forniscono un posizionamento geospaziale con copertura globale. Il funzionamento di questo sistema consiste nell'acquisizione delle coordinate XYZ di un punto sulla superficie terrestre tramite l'emissione di un segnale da parte del satellite direzionato verso il punto, un apparecchio dotato di antenna che riceve il segnale: per determinare con la precisione più alta possibile le coordinate del punto, si utilizzano le informazioni ricavate da almeno 4 satelliti. Queste informazioni consistono nella misura della distanza tra ogni satellite e il punto tramite il sistema della trilaterazione, calcolata in base al tempo che il segnale emesso da ogni satellite impiega a raggiungere il dispositivo ricevente sulla superficie terrestre.

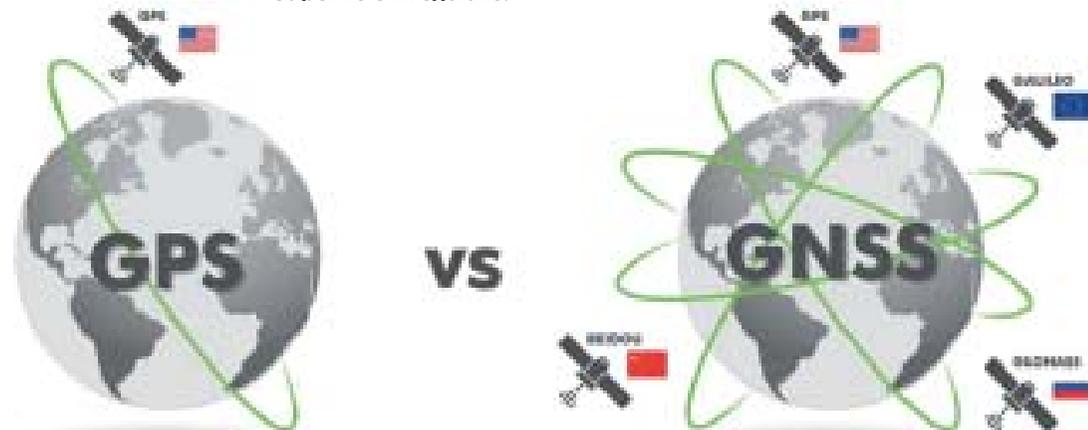
Il GPS, *Global Positioning System*, è stato il primo dei sistemi GNSS ad essere stato realizzato: di proprietà statunitense, ed è tuttora il più usato al mondo era costituito da 24 satelliti artificiali in orbita.

Il GPS utilizza il già citato sistema di riferimento WGS84, il *World Geodetic System (datum)*¹⁸ geodetico globale, sistema di coordinate geo-

¹⁷ Paragrafo in comune con la tesi in fase di stesura "Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico." di Philippe Rosset

¹⁸ Un datum è un modello matematico che comprende l'ellissoide, una superficie matematica regolare per riferire la posizione plani-metrica sul piano cartografico dei punti, e il geoide, che invece è la superficie di riferimento per le quote ed è una superficie irregolare.

▼ Schema dei sistemi satellitari che fanno parte del sistema GNSS: GPS (USA), GLONASS (Russia), BeiDou (Cina), Galileo (UE).
Fonte: <https://www.everythingrf.com>



grafiche geodetico basato su un ellissoide di riferimento) a cui è stata collegata la proiezione cartografica¹⁹ UTM (*Universal Transverse of Mercator*), assunta come standard a livello mondiale che suddivide l'ellissoide di riferimento in 60 segmenti uguali da 6 gradi: questo sistema è basato su un sistema di coordinate cartesiano. Da qui la denominazione del sistema di riferimento utilizzato nell'ambito della tesi WGS84/UTM32N, in cui 32N è il fuso a cui appartiene la zona in esame.

Nell'ambito della tesi, il ricorso all'utilizzo del sistema GPS/GNSS è servito per effettuare il rilievo topografico di due tipi di punti. In primo luogo i vertici della rete topografica di inquadramento: determinare la posizione di questi punti attraverso il sistema GPS/GNSS è servito a riferirli all'interno del sistema di riferimento WGS84, così da potervi anche riferire tutte le misurazioni successive. La misurazione dei vertici è avvenuta utilizzando due ricevitori GNSS fissi, uno per vertice, che posizionati in corrispondenza dell'asse verticale del punto, per un determinato lasso di tempo, hanno potuto registrare i dati necessari al calcolo delle coordinate XYZ in WGS84/UTM.

L'utilizzo di ricevitori GPS/GNSS è servito inoltre alla misurazione dei Ground Control Points disposti a terra, utili per la georeferenziazione dei dati e per l'ottimizzazione dell'orientamento fotogrammetrico delle immagini (acquisizioni fotogrammetriche). Anche in questo caso sono stati usati due ricevitori, tramite una tecnica denominata RTK (Real-time kinematic) che prevede che uno dei due ricevitori sia mobile: il suo uso verrà esposto più nel dettaglio nel capitolo 5.

L'utilizzo del sistema GPS/GNSS nel rilievo topografico rappresenta un'alternativa al sistema tradizionale con Stazione Totale e prisma, e presenta dei vantaggi dal punto di vista sia della tempistica di acquisizione e dell'automatizzazione, i punti RTK hanno precisione centimetrica analogamente a punti celerimetrici.

Prima che il sistema GPS/GNSS iniziasse a essere usato nel rilievo topografico, la Stazione Totale era lo strumento topografico elettronico di riferimento, e tuttora viene comunque ampiamente utilizzato.

La Stazione Totale ha integrato le funzioni di goniometro (strumento per la misura degli angoli) e di distanziometro (misura delle distanze con onde elettromagnetiche): il passaggio dagli strumenti tradizionali come il tacheometro e il teodolite alla Stazione Totale ha influenzato enormemente le procedure di rilievo²⁰, sia per la maggiore precisione ma soprattutto per l'automatismo della registrazione delle misure, memorizzate in una memoria interna e trasferibili su PC per l'elaborazione.

La Stazione Totale serve più precisamente a misurare due angoli, orizzontale (azimutale) e verticale (zenitale), e una distanza inclina-

¹⁹ Una proiezione cartografica è un insieme di regole che consentono di proiettare su un piano cartografico le coordinate dei punti della superficie terrestre.

²⁰ Antonia Spanò "Dispense "Strumenti di misura. Appunti di topografia", Politecnico di Torino, a.a. 2018/19, p.1

▼ Schema dell'approssimazione attuata dall'ellissoide WGS84 rispetto all'irregolarità della superficie terrestre. Fonte: www.support.virtual-surveyor.com



ta (dal punto di stazionamento della stazione al punto che si vuole misurare).

Può essere usata per il rilievo topografico sia dei vertici della rete di inquadramento, sia dei punti di dettaglio e controllo (GCP).

Una stazione totale è formata da tre componenti principali:

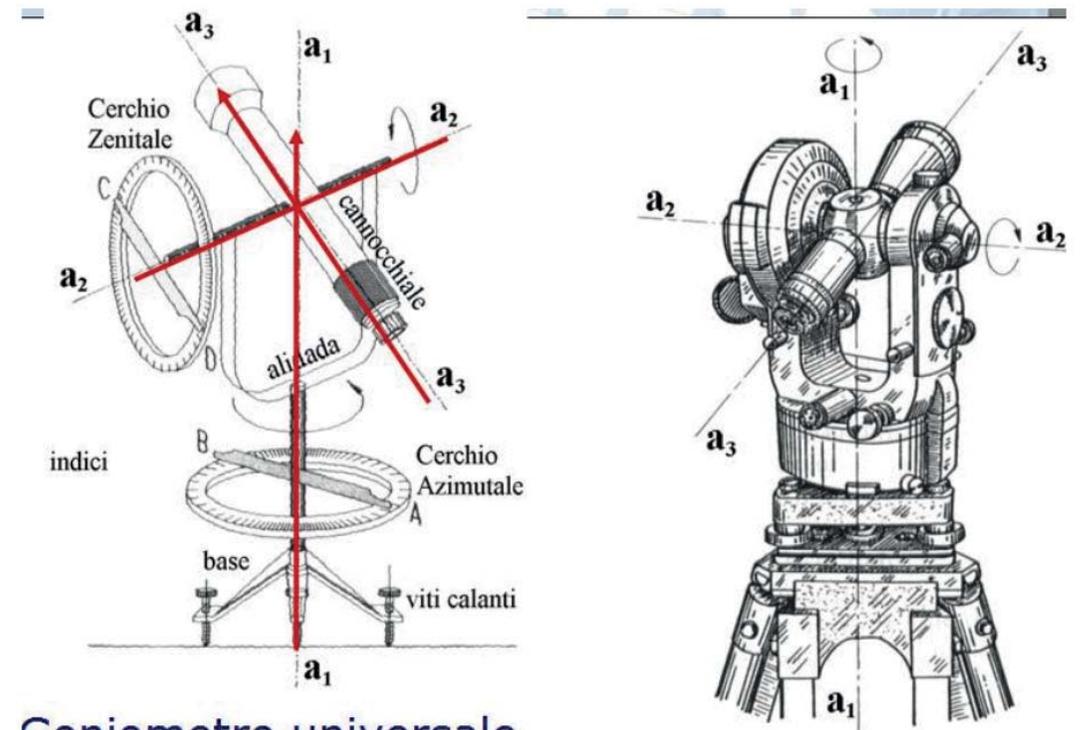
- la *base*, che viene fissata sul supporto treppiede;
- l'*alidada*, dispositivo a U innestato sulla base tramite un perno ruotabile;
- il *cannocchiale*, innestato nell'alidada tramite un perno ruotabile.

Nello schema geometrico dello strumento sono definiti 3 assi coordinati, definiti dalle parti dello strumento:

- un *asse principale* a_1 , verticale, attorno a cui ruota l'alidada;
- un *asse secondario* a_2 , orizzontale, attorno a cui ruota il cannocchiale
- un *asse terziario* a_3 di collimazione.

Questi tre assi definiscono le misure dell'angolo e direzione azimutali e dell'angolo zenitale, da cui vengono determinate le coordinate planimetriche (XY) e la quota (Z) di ciascun punto misurato. Attraverso la Stazione Totale si misurano le coordinate dei punti di dettaglio tramite la metodo celerimetrico. Il procedimento di rilievo celerimetrico con Stazione Totale verrà esposto nel capitolo 5: nell'ambito delle operazioni di rilievo di Molini, la Stazione Totale è stata utilizzata per la misurazione delle coordinate dei Ground Control Points posizionati sulle pareti dei tre edifici da rilevare a una scala di dettaglio maggiore. Questi GCP sono poi serviti per ottimizzare l'orientamento fotogrammetrico e per registrare le diverse scansioni LiDAR.

▼ **Illustrazione delle componenti di una stazione totale e degli assi e cerchi di rotazione che si determinano.**
Fonte: A. Spanò, Dispensa "Topografia. Misura degli angoli", da Workshop "Metodi 3D Imaging and ranging per la documentazione del patrimonio", Politecnico



Goniometro universale



▲ **Orientamento degli angoli e della direzione per la collimazione del punto da misurare nel sistema di riferimento.**

Fonte:
A. Spanò, Dispensa "Celerimensura/ Polari cartesiane", da Workshop "Metodi 3D Imaging and ranging per la documentazione del patrimonio", Politecnico Di Torino, a.a 2018/19, p. 5

2.2.3 La fotogrammetria digitale e il sistema LiDAR²¹

I sistemi GPS/GNSS e le Stazioni Totali sono serviti per la misurazione dei vertici della rete di inquadramento e per i punti di controllo (GCP), mentre per il rilievo dell'insediamento e degli edifici si è dovuto ricorrere all'utilizzo di tecniche in grado di acquisire in tempi brevi una grande quantità di dati metrici-numeriche relativi alla geometria del costruito: questi dati consistono nell'insieme di tutti i punti distribuiti nello spazio a rappresentare le superfici e i volumi degli oggetti architettonici. Ognuno di questi punti è posizionato nel sistema di riferimento spaziale tramite l'informazione numerica, ovvero le sue coordinate plano-altimetriche. Uno dei metodi tradizionali per la misurazione delle coordinate dei punti di dettaglio di un oggetto è attraverso il rilievo celerimetrico con Stazione Totale: idealmente con questo metodo si potrebbero acquisire tutti i punti di un oggetto, ma nella pratica è impensabile farlo, specialmente quando l'oggetto da rilevare presenta delle geometrie complesse con un'enorme quantità di spigoli e vertici. Per questo motivo nell'ambito della tesi la Stazione Totale è stata utilizzata esclusivamente per il rilievo celerimetrico dei punti di controllo applicati sulle pareti degli edifici su cui effettuare il rilievo metrico 3D tramite fotogrammetria terrestre.

Per il rilievo metrico 3D dell'enorme quantità di punti che rappresentano la geometrie complesse della borgata sono quindi stati utilizzati, in maniera integrata e secondo un approccio multisensore, due sistemi in cui il processo di acquisizione dei dati metrico-numeriche presenta un grado di automazione elevato: la fotogrammetria digitale terrestre e aerea, e il sistema LiDAR. Si tratta di due sistemi che permettono di elaborare modelli 3D derivanti in entrambi i casi dal dato primario costituito dalle nuvole di punti. La differenza sostanziale tra i due sistemi è il tipo di sensore²²: mentre la fotogrammetria usa sensori passivi, che sfruttando la luce dell'ambiente acquisiscono immagini registrando l'energia elettromagnetica emessa dagli oggetti da rilevare, il sistema LiDAR usa sensori attivi che emettono segnali e che registrano la tipologia di risposta riflessa. L'utilizzo integrato dei due sistemi è ormai molto diffuso e consolidato²³, in quanto ognuno presenta dei punti di forza rispetto agli altri, e il loro utilizzo complementare permette di massimizzare la resa.

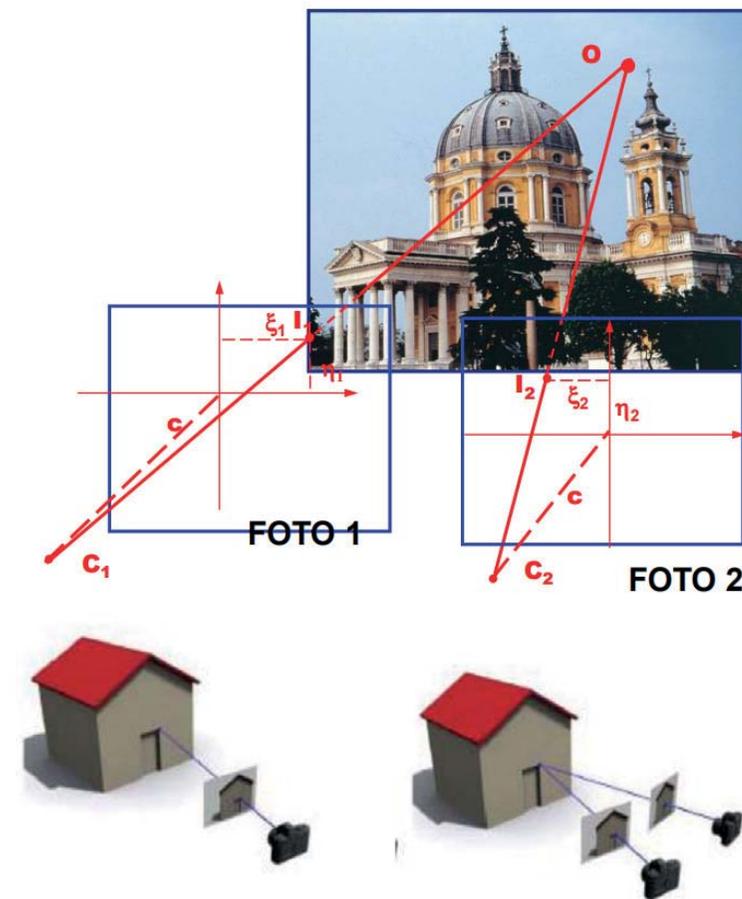
²¹ Paragrafo in comune con la tesi in fase di stesura "Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico." di Philippe Rosset

²² A., E. Donadio, F. Chiabrando., "Modelli 3D densi tra esperienze didattiche e ricerche di soluzioni fruibili", p. 80

²³ Murtiyoso A., Grussenmeyer P., Suwardhi D., Awalludin R., Multi-Scale and Multi-Sensor 3D Documentation of Heritage Complexes in Urban Areas, p. 3-4

La fotogrammetria digitale è una tecnica di telerilevamento²⁴ (*remote sensing*) che permette di ricavare informazioni metriche e numeriche da immagini digitali dell'oggetto di interesse, permettendo di ricostruirne fedelmente la forma tramite l'elaborazione di modelli 3D. Nell'ambito della Geomatica e dell'applicazione nel rilievo architettonico riveste un ruolo di grande importanza, in quanto permette di rilevare un gran numero di punti per una descrizione completa ed esauriente dell'oggetto architettonico²⁵.

Il principio base su cui si basa la tecnica fotogrammetrica è la concezione della fotografia/fotogramma di un oggetto come



◀ Schemi del principio di base della fotogrammetria, con l'utilizzo di più immagini orientate a rappresentare i punti oggetto da rilevare. Fonte: SPANO A., Dispense "Fotogrammetria: Generalità e principi", p.16 (sotto); "Fotogrammetria digitale 3", p.3 (destra), Politecnico di Torino, a.a. 2018/19

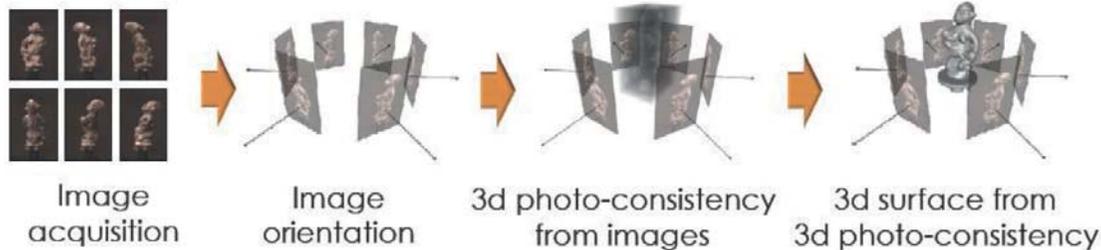
²⁴ Disciplina che permette l'acquisizione a distanza di informazioni quantitative e qualitative di un oggetto senza che lo strumento usato per la misurazione ne entri a contatto.

²⁵ Antonia Spanò "Dispense "Fotogrammetria digitale e scansioni 3D", Politecnico di Torino, a.a. 2018/19, p.3

▼ **Fasi operative del sistema Structure-for-Motion:**

1. **Acquisizione delle immagini stereoscopiche;**
2. **Orientamento dei fotogrammi;**
3. **Stima della possibilità di ricreazione di un modello di punti a partire dai fotogrammi orientati;**
4. **Calcolo modello di punti denso.**

Fonte: A. Spanò, Dispensa "Fotogrammetria digitale 3", da Workshop "Metodi 3D Imaging and ranging per la documentazione del patrimonio", Politecnico Di Torino, a.a 2018/19, p. 19



una prospettiva centrale su cui giacciono le proiezioni 2D (punti immagine) dei punti oggetto 3D dell'oggetto da rilevare²⁶. Dall'intersezione dei raggi proiettanti di più prospettive centrali (fotografie) rappresentanti lo stesso punto oggetto la tecnica fotogrammetrica permette di ricavare la posizione spaziale dei punti rappresentati: in altre parole, il processo fotogrammetrico si imposta sulla misura di punti omologhi ritratti in più fotogrammi²⁷ (di cui alcuni sono corrispondenti ai punti di appoggio misurati a terra). Questo processo di misurazione dei punti omologhi viene effettuato su molti dei punti contenuti nel fotogramma. E' per questo motivo che la fotogrammetria presenta notevoli vantaggi nell'acquisizione di enormi quantità di punti per la generazione di un modello 3D.

Nella fotogrammetria digitale, l'aggettivo "digitale" implica non solamente l'impiego di immagini digitali, ma anche l'automazione dei processi fotogrammetrici tramite l'utilizzo di *hardware*, *software* e algoritmi e processi derivanti da discipline quali la *Computer Vision*, che sfrutta il sistema di *Structure-for-Motion* per la stima della posizione tridimensionale dei punti rappresentati in molteplici immagini e quindi la ricostruzione della geometria dell'oggetto (*Structure*) e la posizione delle prese (*Motion*)²⁸.

Esistono due campi applicativi principali delle tecnica fotogrammetrica²⁹, che sono stati entrambi utilizzati nel rilievo della borgata per

finalità differenti:

- Fotogrammetria aerea: viene usata per il rilevamento del territorio e la produzione di cartografia (ormai prodotta in formato digitale, quindi numerica e gestita tramite GIS). Nella fotogrammetria aerea è comune la produzione di ortofotocarte (dal contenuto informativo fotografico) e i DSM (*Digital Surface Model*, rappresentazioni digitali tridimensionali del terreno). Nell'ambito della fotogrammetria aerea lo strumento più comunemente utilizzato, nel campo del patrimonio paesaggistico e architet-

²⁶ Ivi, p.16

²⁷ A., E. Donadio, F. Chiabrando., "Modelli 3D densi tra esperienze didattiche e ricerche di soluzioni fruibili", p. 81

²⁸ Ibidem.

²⁹ A. Spanò "Dispense "Fotogrammetria digitale e scansioni 3D", Politecnico di Torino, a.a. 2018/19, p. 6-10

tonico, è il drone (UAV, *Unmanned Aerial Vehicles*), su cui sono montate camere avio-trasportate.

- Fotogrammetria terrestre (*close range*): basata sulla rappresentazione da terra di oggetti vicini, e utile nel caso di oggetti non facilmente accessibili o di rilievi da effettuare in tempi limitati. Tecnica che ha trovato un'importante applicazione nel rilievo architettonico. Lo strumento di presa comunemente utilizzato nella fotogrammetria terrestre è la fotocamera digitale.

A Molini l'utilizzo della fotogrammetria è stato utile alle due finalità di scala e di dettaglio della rappresentazione. La fotogrammetria aerea tramite drone è stata utile a produrre un'ortofoto planimetrica georeferenziata di inquadramento della borgata: in questo caso la scala di rappresentazione attesa era compresa tra 1:200 e 1:500, e di conseguenza anche il livello di dettaglio. La produzione dell'ortofoto è servita a definire in maniera accurata le geometrie degli edifici in una rappresentazione planimetrica, e quindi a produrre delle carte tematiche utili sia nella fase descrittiva dell'insediamento ma anche nella fase progettuale. La fotogrammetria terrestre è servita invece per una rappresentazione a una scala di dettaglio maggiore di quattro edifici specifici, per un'analisi degli elementi costruttivi e per la produzione di rappresentazioni in pianta e prospetto. Sono state effettuate due operazioni di rilievo fotogrammetrico terrestre: la prima è servita alla rappresentazione dei prospetti principali dei quattro edifici, ed è avvenuta con l'utilizzo di una fotocamera digitale *reflex*. La seconda è stata effettuata per l'integrazione di altri prospetti che, per conformazione del terreno, presenza invasiva di vegetazione e posizione degli edifici erano difficilmente rilevabili. Questa fase è consistita in un'operazione di fotogrammetria speditiva in cui si sono state utilizzate una fotocamera *reflex* e uno *smartphone* di ultima generazione: l'utilizzo di quest'ultimo è stato un tentativo per testare l'efficacia di sensori montati in dispositivi di ampia accessibilità nel caso di operazioni di fotogrammetria speditiva in mancanza di fotocamere professionali.



▲ **Utilizzo di uno scanner TSL FARO per il rilievo delle architetture.**

(Sinistra)
Fonte: <https://geomatching.com>

Schema di utilizzo di più TSL per il rilievo da più punti di un oggetto.

(Destra)
Fonte: SPANO A., "Dispense "Sistemi a scansione. Acquisizione", a.a. 2018/19, p. 6

Il sistema a scansione LiDAR (*Light Detection and Ranging*), similmente alla fotogrammetria, permette l'acquisizione di un'enorme quantità di punti in maniera altamente automatizzata³⁰. La differenza tra i due sistemi è che mentre il processo fotogrammetrico è *image-based* e rileva il dato spaziale utilizzando punti e raggi omologhi in base all'orientamento degli strumenti di presa in una fase successiva rispetto a quella di acquisizione dell'immagine, il sistema a scansione laser terrestre (TLS, *Terrestrial Laser Scanning*) è *range-based* e determina la posizione spaziale di un punto direttamente durante la fase di presa/scansione tramite un impulso *laser*.

Il sistema LiDAR si basa sull'utilizzo del *laser scanning*, tecnica che similmente alle Stazioni Totali e ai Distanziometri consiste nell'utilizzo di impulsi *laser* (impulsi luminosi artificiali emessi con la stessa frequenza e la stessa fase) direzionati verso i punti da misurare. Gli impulsi *laser* sono emessi da particolari *scanner* 3D che acquisiscono indistintamente la posizione di un'enorme quantità di punti entro un certo raggio (portata di acquisizione): ogni impulso *laser* emesso intercetta la superficie del punto, viene riflesso e ritorna alla fonte di emissione, il centro strumentale dello scanner. La differenza (di tempo, *Time of Flight*, o di fase, con comparazione di fase) tra l'impulso emesso e l'impulso di ritorno consente di determinare la distanza del punto, e quindi, insieme agli angoli, il suo posizionamento nello spazio: gli scanner che si basano su questi su questi due tipi di funzionamento sono definiti *distanziometrici*

Esistono più tipologie di *laser scanner*, sia mobili che fissi, e sia terrestri che aerei: questo permette di effettuare rilievi a più scale di dettaglio, in base al *range* (portata) dello strumento e alla sua precisione.

L'utilizzo del sistema LiDAR, oltre a presentare dei notevoli vantaggi nel rapporto tempistica/quantità di punti acquisiti, propone un ribal-

³⁰ A. Spanò, "Dispense "Sistemi a scansione (LiDAR Technology)", Politecnico di Torino, a.a. 2018/19, p.2

tamento nell'approccio logico-operativo³¹ del rilievo che presenta il vero elemento innovativo rispetto agli altri sistemi: mentre i sistemi più tradizionali (come il rilievo topografico tramite Stazione Totale) generalmente richiedono una procedura in cui bisogna innanzitutto interpretare l'oggetto, individuando e determinando quali siano i punti da rilevare, e quindi procedere con le misurazioni, con il sistema LiDAR si acquisisce indistintamente l'enorme quantità di informazione metrica di tutti i punti intercettati dalle emissioni *laser*, e solamente nella fase successiva di processamento ed elaborazione dei dati si stabilisce quali siano le informazioni da utilizzare e quali siano da scartare. Quindi il sistema LiDAR ribalta l'approccio tradizionale interpretazione-misurazione.

L'unica pianificazione che deve essere stabilita prima delle acquisizioni riguarda il posizionamento degli *scanner*, e soprattutto il numero delle scansioni necessarie: una scansione infatti non è sufficiente a fornire una misurazione globale dell'oggetto, e per questo motivo devono essere previste più scansioni in più punti, con una distribuzione più omogenea possibile. Le nuvole di punti generate da ognuna saranno unite in fase di elaborazione.

Uno dei vantaggi del sistema LiDAR è l'acquisizione in modo semi-automatica di nuvole composte da un'enorme quantità di punti su morfologie anche molto complesse³²: per questo motivo il TSL è particolarmente adatto anche per situazioni di architetture rurali di montagna che presentano svariate irregolarità.

A Molini è stato usato un sistema TSL con *range scanner* FARO Focus 3D X330: questo sistema è stato ideato per applicazioni inerenti all'ambito dell'architettura, ingegneria ed edilizia e gli *scanner* utilizzati presentano una facilità e un'intuitività di utilizzo per la loro dimensione compatta e il peso ridotto, oltre all'utilizzo di un *touchscreen* da cui impostare le scansioni³³, fattori che ben si adattano a un contesto montano.

L'utilizzo del LiDAR a Molini Allioni ha permesso di effettuare delle misurazioni sfruttando alcuni vantaggi:

- Innanzitutto effettuare delle misurazioni a una scala di dettaglio elevata su una porzione di costruito composta da più edifici;
- Effettuare le scansioni in tempi decisamente più brevi rispetto a quelli che sarebbero stati impiegati con sistemi di rilievo tradizionali;

³¹ Ivi, p.3

³² A. Spanò, E. Donadio, F. Chiabrando., "Modelli 3D densi tra esperienze didattiche e ricerche di soluzioni fruibili", p. 82

³³ Marco Avena. , "Dalla nuvola di punti all'UrbanBIM Tecniche integrate di rilievo 3D per la generazione di un modello multiscala di città in scenario post sismico. Il caso studio di Norcia (PG)", Politecnico di Torino, a.a. 2019-20, p.66

- Superare le difficoltà di rilievo e di rappresentazione di manufatti architettonici che presentano un alto grado di irregolarità delle forme dato sia dal degrado ma anche dalla natura vernacolare del costruito;
- La possibilità di rappresentazione a una scala di dettaglio molto elevata della morfologia di elementi costruttivi tradizionali presentando non solamente l'informazione metrica, ma anche cromatica e materica.

2.2.4 Fotogrammetria speditiva:

Utile strumento della geomatica è la fotogrammetria, ma quando essa non si appoggia ai GPC con le strumentazioni e metodologie descritte precedentemente, si definisce *speditiva*.

Tale metodo utilizza sensori low cost in close-range ed è stato scelto per via della posizione del mulino oggetto del rilievo.

Esso infatti, innanzitutto, si trova in posizione laterale rispetto alla borgata, in prossimità del Rio Maggiore (o Rio d'Elva), e, data la presenza di vegetazione e di pendii ripidi che non consentono di posizionare le strumentazioni, non è stato possibile utilizzare la metodologia della fotogrammetria classica. Inoltre tale metodologia avrebbe necessitato di un ulteriore vertice della rete topografica e la vicinanza con gli alberi avrebbe potuto disturbare il segnale satellitare e di conseguenza compromettere la precisione del rilievo.

Con la fotogrammetria speditiva è stato adottato un approccio che viene usualmente definito "fusion" di metodi, sostanzialmente si rendono collaborativi ,metodi diversi. Esso consiste nell'individuazione sul modello digitale rilevato dalla nuvola di punti realizzata dalle scansioni TSL della porzione della borgata dove è situato il mulino. Le coordinate estrapolate sono state utilizzate come punti per il corretto orientamento del fotogrammetrico, senza utilizzare marker o altri sistemi di misurazione. Ciò ha consentito di ottenere un modello tridimensionale georiferito.

Siccome non è stato possibile utilizzare i Check Point, per maggior



◀ **Fotografia Mulino presente nella borgata durante il rilievo fotogrammetrico speditivo**
Fonte: Philippe Rosset il 21/09/2020

controllo sulle operazioni si è optato per la comparazione delle nuvole utilizzando il Software Cloud Compare open source.

Essa consiste appunto nella comparazione delle parti comuni della nuvola terrestre LiDar con la nuvola fotogrammetrica e ha fornito ottimi risultati. Il tutto ha dimostrato anche una metodologia più speditiva, consente di ricavare dati attendibili senza dover ricorrere all'utilizzo di una rete topografica.

In alternativa sarebbe stato possibile ricorrere ad ulteriori metodologie, ovvero l'utilizzo delle stadie³⁴ o dei marker.

Queste ultime sono state utilizzate per due casi studio; il caso studio "Ponte" in cui sono state usate entrambe, ed il caso studio "Il Sentiero" in cui invece sono state utilizzate solo le stadie, come riferimento alla misurazione³⁵.

L'inconveniente di queste due metodologie consiste nel fatto che gli elaborati non vengono georiferiti, per cui qualora si effettuassero successive campagne di rilievo occorrerà sempre allinearle con le precedenti.

³⁴ Barre in alluminio o legno numerate utilizzate in topografia insieme alla stazione totale per le misurazioni e l'altimetria.

³⁵ Pietro Tarozzo, Dimenticata Genesi e oblio della Strada dei Cannoni In Val Maira, Antonia Spanò, Monica Naretto, Politecnico di Torino, aa 2019 - 2020, p 219-241

2.2.5 GPS GNSS a livello territoriale

Questa metodologia si basa sugli stessi principi modalità di quella utilizzata per l'inquadramento della rete topografica trattata in precedenza, ma impiegando diversa strumentazione, tanto che la precisione è molto minore, si aggira intorno ai 3-4 metri. Si tratta di un metodo di tipo speditivo che consiste nell'acquisizione di dati in maniera rapida, a discapito della precisione. Inizialmente è stato utilizzato un sensore GPS/GNSS "low cost" integrato nel telefonino di proprietà, ma data la scarsità del segnale telefonico e di conseguenza l'impossibilità di utilizzare la cartografia fornita da Google, si è optato per un sensore più adatto a tale scopo. In questo modo è stato possibile rilevare le canalizzazioni (elementi lineari) ed i Nais (elementi puntuali).

Ho utilizzato tale metodo in quanto è noto risulti efficace in condizioni analoghe, è stato utilizzato dal Team Direct per la mappatura di un tracciato a rischio idrogeologico nelle Cinque Terre³⁶. La guida del posto, il Signor Franco Baudino, ex sindaco del comune d'Elva, mi ha affiancato nella ricerca delle canalizzazioni e dei Nais lungo il territorio del vallone.

E' stato difficoltoso decifrare le tracce sul territorio delle canalizzazioni, alcune confuse dalla rete sentieristica presente, altre dal pascolo



◀ **Fotografia durante il rilievo del tracciato dell'antica strada che collegava le Borgate di Chiosso e Molini rilievo con il GPS/GNSS della Garmin**
Fonte: Philippe Rosset il 21/09/2020

³⁶ Antonia. Spanò, Giulia. Sammartano, Mapping speditivo da sensori mobili per il controllo della conservazione dei valori paesaggistici del territorio, p 43

degli animali sul territorio.

Per quanto concerne i Nais, in alcuni casi non è stato semplice individuarli a causa della loro totale o parziale cancellazione sul territorio.

Con questa metodologia speditiva nel corso di 3 rilievi è stato possibile coprire un'ampia porzione di territorio, grazie appunto alla disponibilità della guida locale: sono stati individuati 18 Nais sparsi nella metà del vallone d'Elva, e 11 canalizzazioni. Inoltre, analizzando i dati spaziali forniti dal DTM Ice su base regionale e le orto foto Aegea del 2018 e le Orto foto Nir del 2010, sono anche stati ipotizzati i percorsi più probabili delle canalizzazioni non rilevate.

Questa strumentazione portatile, dal peso irrisorio, ha permesso un'accurata acquisizione di dati geospaziali. A completamento dei dati si è optato per l'utilizzo di una macchina fotografica di proprietà (Nikon D40), per ottenere una documentazione fotografica. Dalla mappatura dei Nais, possiamo notare come questi manufatti interrati fossero posizionati nel centro della vallata, date le più dolci pendenze. Le canalizzazioni sparse per tutto il vallone avevano molteplici funzioni: alcune alimentavano i Nais e le paleoindustrie, mentre altre portavano l'acqua per irrigazione e per l'abbeveramento del bestiame e ancora per i lavatoi.

L'aspetto applicativo sarà approfondito nei capitoli successivi del presente elaborato.

2.3 Strumenti di analisi: la documentazione storica, bibliografica consultata

Oltre alle strumentazioni utilizzate sono state effettuate delle ricerche sulla documentazione storica presso l'Archivio di Stato di Torino, Sezioni Riunite³⁷, all'Archivio comunale di Elva e tramite il portale di ricerca Gallica. Attraverso le fonti reperite è stato possibile individuare le canalizzazioni e l'apparato tecnico presente nelle macchine ad acqua non più conservate negli edifici. Per mostrare l'apparato tecnico presente nelle macchine ad acqua sono state utilizzate le fonti bibliografiche presenti sul portale Gallica; i due libri utilizzati sono:

"Vittorio Zonca, Novo Teatro di machine et edificii per varie et sicure operationi, con le loro figure tagliate in rame e la dichiarazione e dimostrazione di ciascuna, opera necessaria ad architetti et a quelli che di tale studio si dilettono, 1607"³⁸

"Böckler George André, Theatrum machinarum novum, exhibens aquarias, alatas, jumentarias, manuaris, pedibus ac ponderibus versatiles, plures et diversas molas, 1662"³⁹

Sono state georiferite tre cartografie storiche tramite l'utilizzo del programma open source Quantum Gis, e quelle d'interesse sono:

"Carta topografica della parte occidentale del Piemonte dalle frontiere del Contado di Nizza sino alla Valle di Lucerna e da Cuneo e Saluzzo sino alle frontiere di Francia"⁴⁰ del 1745

"Mappa del Territorio d'Elva Provincia di Cuneo [Catasto Antico Sabauda]"⁴¹ del 1790

Le cartografie dell'Istituto geografico militare: "79 III NE" inerenti all'abito di Celle Macra, "79 III NO" inerenti all'abito di Prazzo, "79 IV SE" inerenti all'abito di Sampèyre e l'ultima la "79 IV SO" inerente all'abito di Bellino, realizzate negli anni '60"⁴².

Le quattro cartografie IGM sono state unite e georiferite e mappano pienamente l'ambito territoriale del vallone d'Elva. Le cartografie storiche riescono a descrivere il territorio e sono state utilizzate nella

³⁷ Tale documentazione è stata fornita da Pietro Tarozzo in quanto abbiamo collaborato come un team insieme al candidato Philippe Rosset, per la realizzazione degli elaborati di laurea.

³⁸ Presso Gallica: www.gallica.bnf.fr

³⁹ Presso Gallica: www.gallica.bnf.fr

⁴⁰ ASTO, Sezione Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche per A e B, Piemonte, 20, 8 e 6.

⁴¹ ASTO, Sezioni Riunite, Catasti, Catasto sabauda, Allegato C. Mappe del catasto antico provenienti dalla Camera dei conti, Circondario di Cuneo, Mandamento di Prazzo, Elva, portafoglio 107.

⁴² Cartografia digitalizzata disponibile presso Lartu del Politecnico di Torino

ricerca delle canalizzazioni scomparse e delle paleoindustrie presenti sul territorio. I Nais, non sono invece stati trovati su alcuna cartografia, e la causa può essere attribuita alla funzione di queste infrastrutture e alla loro proprietà completamente privata.

Nell'archivio comunale di Elva sono stati consultati i seguenti libri:

*"Catasto della comunità d'Elva provincia di Cuneo formato dal regio misuratore Giovanni Giacomo Zoccola l'anno 1792"*⁴³

Questo documento, insieme alla mappatura redatta dallo Zoccola, descrive il territorio comunale di Elva nel periodo di fine XVIII secolo, la mappa è stata utile per la ricerca delle paleoindustrie e dei canali sul territorio comunale.

*"Atti di Lite contro la Comunità di S. Michele Vol Unico"*⁴⁴

In questo documento sono invece citate le varie cause e vicissitudini della diatriba tra i comuni di Elva e di San Michele, risolta poi con la stesura di una mappa dei confini comunali stilata dal Regio Misuratore Giovanni Giacomo Zoccola nel 1788⁴⁵.

*"Progetto Lavori di difesa fondali nel Rio maggiore e difesa frane Molini"*⁴⁶

Quest'ultimo documento riguarda la pratica di costruzione di una scogliera a blocchi per il rifacimento e per la messa in sicurezza dell'argine del Rio Maggiore o D'Elva, come risposta agli eventi alluvionali dell'autunno 2000.

In ultima posizione, ma non per minore importanza, cito le trascrizioni degli Statuti dell'Alta Valle Maira forniti gentilmente dal Cavaliere della Repubblica Allocco Mariano. I quali sono stati utili nella comprensione della tipologia legislativa esistente nei secoli XIV e XV, ma soprattutto dell'importanza che ricoprivano le paleoindustrie e il sistema di canalizzazioni presenti; questi ultimi argomenti sono infatti descritti in una sezione apposita.

⁴³ Presso l'archivio comunale d'Elva consultato il 2 ottobre 2020

⁴⁴ Presso l'archivio comunale d'Elva consultato il 2 ottobre 2020

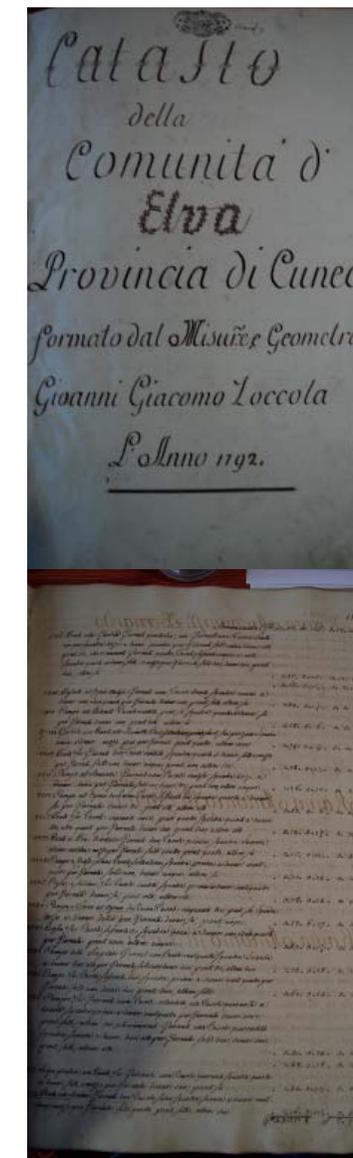
⁴⁵ Ettore Dao, ELVA: il paese che era, l'Artistica Savigliano, 1985, p 62

⁴⁶ Fascicolo presso l'archivio comunale d'Elva consultato il 2 ottobre 2020

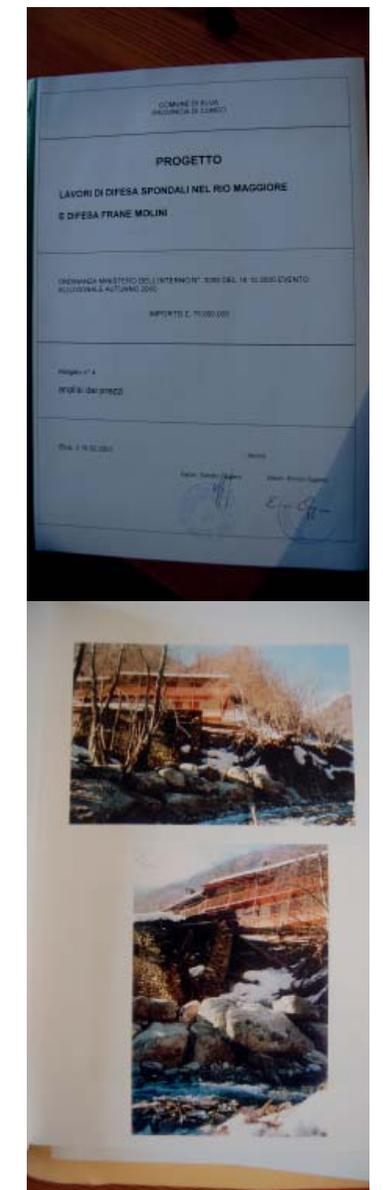
▼Atti di Lite contro la Comunità di San Michele Volume unico archivio Fonte: Archivio comunale d'Elva



▼Catasto della comunità d'Elva Provincia di cuneo fomrmato dal regio misuratore e Geometra Giovanni Giacomo Zoccola 1792 Fonte. Archivio comunale d'Elva



▼Lavori di difesa spondali nel Rio Maggiore e difesa frane Molini Fonte: Archivio comunale d'Elva



2.3.1 Gli Statuti della Valle Maira, concessioni e modalità di sfruttamento delle risorse:

Lo studio degli Statuti dell'alta Valle Maira si basa sulla lettura, trascrizione e traduzione, al fine di ricercare quelle normative che preservano le macchine ad acqua e i relativi canali, insieme ai compiti spettanti al mugnaio, ed è supportato dalla documentazione presente nel libro

"Giuseppe Gullino, *Gli statuti della valle Maira superiore (1396 - 1441)*".

Inizialmente questo territorio era legato al marchesato di Busca, ma nel 1209 passò sotto il dominio di Tommaso I marchese di Saluzzo, di cui divenne parte attiva, rimanendo infeudata ai discendenti di Guglielmo ed Enrico di Busca⁴⁷. Nel 1254 Tommaso I, conte di Savoia, quale tutore del marchese di Saluzzo, confermava agli abitanti della valle Maira superiore le usanze e le consuetudini di cui già godevano sotto il marchesato di Busca.

Tali attribuzioni consistevano nel concedere agli abitanti il diritto di far pascolare liberamente i propri animali e di viaggiare presso tutto il territorio del marchesato senza pagare alcun pedaggio o diritto di pascolo⁴⁸.

Successivamente, dieci anni dopo, nel 1264, Tommaso I marchese di Saluzzo rinnovò queste concessioni agli abitanti della valle⁴⁹. In cambio però esigeva il pagamento dei canoni, i quali erano identici a quelli riscossi dal feudatario precedente, ma corrisposti al nuovo padrone di Saluzzo; essi corrispondevano: in caso di omicidio alla pena di 60 soldi, per quanto riguarda la caccia e la cattura una porzione di orso o stambecco che venisse cacciato e catturato, un terzo di ogni nidiata di Astori⁵⁰, 50 formaggi con forma e consistenza da potersi trasportare ed i diritti di revisione delle cause e dei prezzi⁵¹.

"In Cristi nomine amen. Anno incarnationis dominice millesimo tricentesimo nomagesimo sexto. Indictione quarta et die quinta novembris. Hec sunt capitula et ordinamento vallis Mairane a ripo breixino supra et singulorum locarum atque villarum dicte

⁴⁷ E. Dao, *ELVA: un paese che era*, p24

⁴⁸ Giuseppe Manuel. di San Giovanni, *Memorie storiche di Dronero e della valle Maira, Volume I, Torino, Tipografia subalpina di Marino e Gantin, 1868, p53*

⁴⁹ G.M. di San Giovanni, *Memorie storiche di Dronero e della valle Maira*, p 52

⁵⁰ Pennuti rapaci tipici della parte temperata situata nell'emisfero nord

⁵¹ G.M. di San Giovanni, *Memorie storiche di Dronero e della valle Maira*, p53

*vallis [...]*⁵²

Nel 1396 agli abitanti dei 12 comuni fu permesso di redigere il proprio statuto; sempre nello stesso anno, il 5 novembre, "*nomina quorum sapientum sunt hec (di cui saggi sono questi in nomi)*"⁵³, queste quattro figure, i cui nomi e provenienza compaiono alla fine dell'incipit del corpo legislativo, diedero inizio alla compilazione. Essi provenivano da 4 comuni dell'Alta Valle Maira: Acceglio, Stroppo, San Michele e Celle. In base alla provenienza di queste figure possiamo dedurre che nei 12 comuni vi fosse una sorta di equità rappresentativa dell'intera Alta Valle. Vista la vicinanza tra Elva, il vecchio comune di San Michele, Prazzo e Stroppo, fu una sola persona a rappresentare i quattro comuni sopracitati. Gli Statuti sia del 1396 che del 1441 erano composti da "13 collationes"⁵⁴. Gli statuti del 1441 purtroppo si ritrovano mutili di alcune parti, a causa dell'asportazione di vari fogli. Verso la fine del XVI secolo, siccome i due statuti erano complementari, per colmare le lacune, fu scelto di inserire le norme del 1396. Inoltre nella norma 188 del presente statuto è riportato il nome del marchese Ludovicus mentre nel foglio successivo notiamo il nome di Thomas; in base a ciò e ad altri studi, come ad esempio sulla linguistica, possiamo dedurre quali tra gli articoli fossero quelli dello statuto del 1396. Il testo originale è privo dei fogli I-XLII e fogli XII-XIII -XV e si interrompe nel foglio LXXXVI⁵⁵. Oltre al linguaggio utilizzato, la differenza dei due statuti consiste in un riordino delle normative; tuttavia in entrambi manca il titolo della "Collezione Prima" ed entrambi possiedono il medesimo numero di "Collationes" 13⁵⁶. Attualmente gli statuti si trovano presso l'Archivio di Stato di Cuneo - Dipartimento della Stura.

▼ **Frontespizio dell'edizione a stampa (Torino 1611) degli statuti della Valle Maira Superiore del 1396**
Fonte: Giuseppe Gullino, Gli statuti della Valle Maira Superiore (1396 - 1441), Cuneo, 2008 p 129



⁵² Giuseppe Gullino, *Gli statuti della valle Maira superiore (1394 - 1441), società per gli studi della provincia di Cuneo comunità montana valle Maira, La Ghisleriana, 2008 p 79*

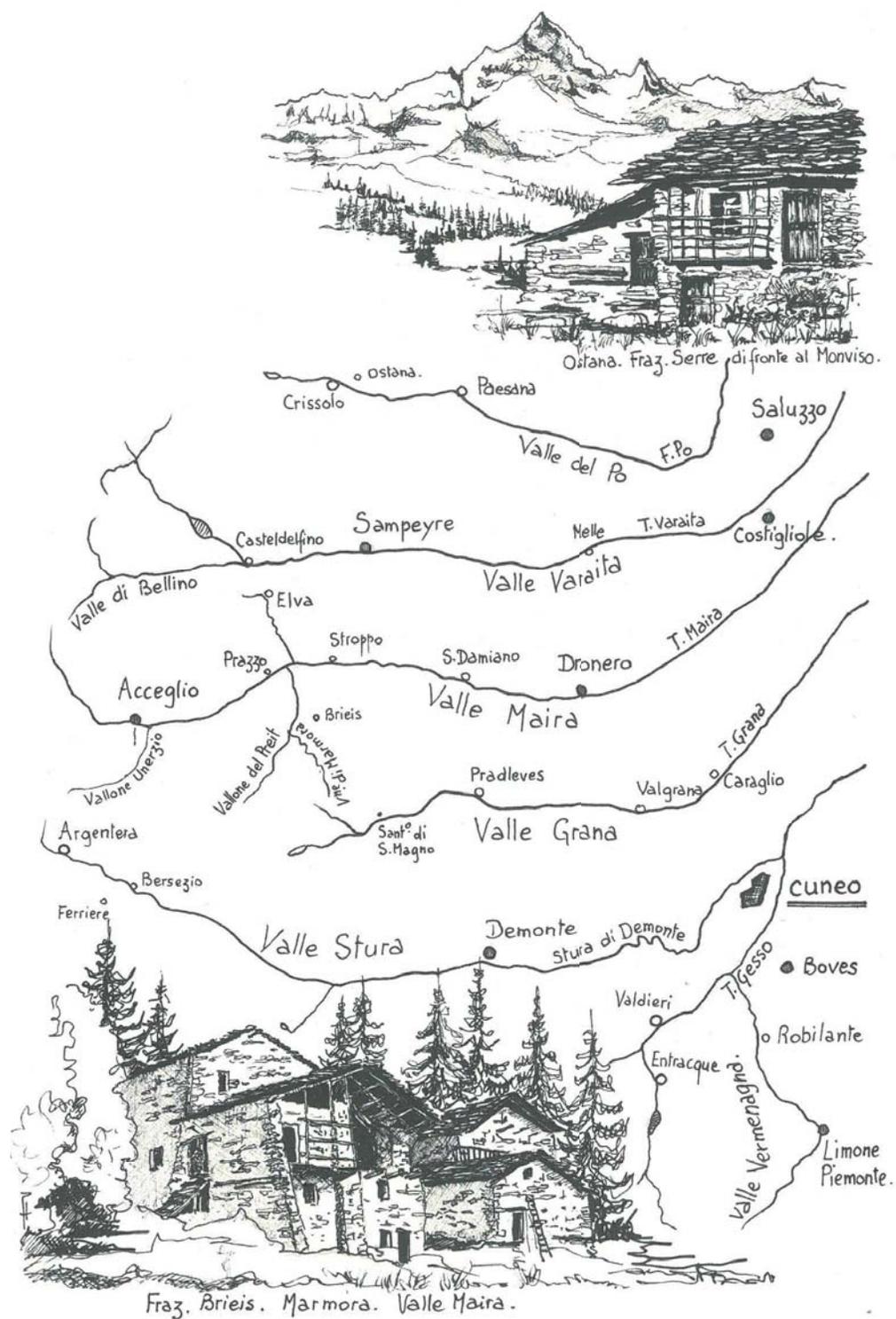
⁵³ Ivi 137

⁵⁴ E. Dao, *ELVA: un paese che era*, p26

⁵⁵ G. Gullino, *Gli statuti della valle Maira superiore (1394 - 1441)*, p

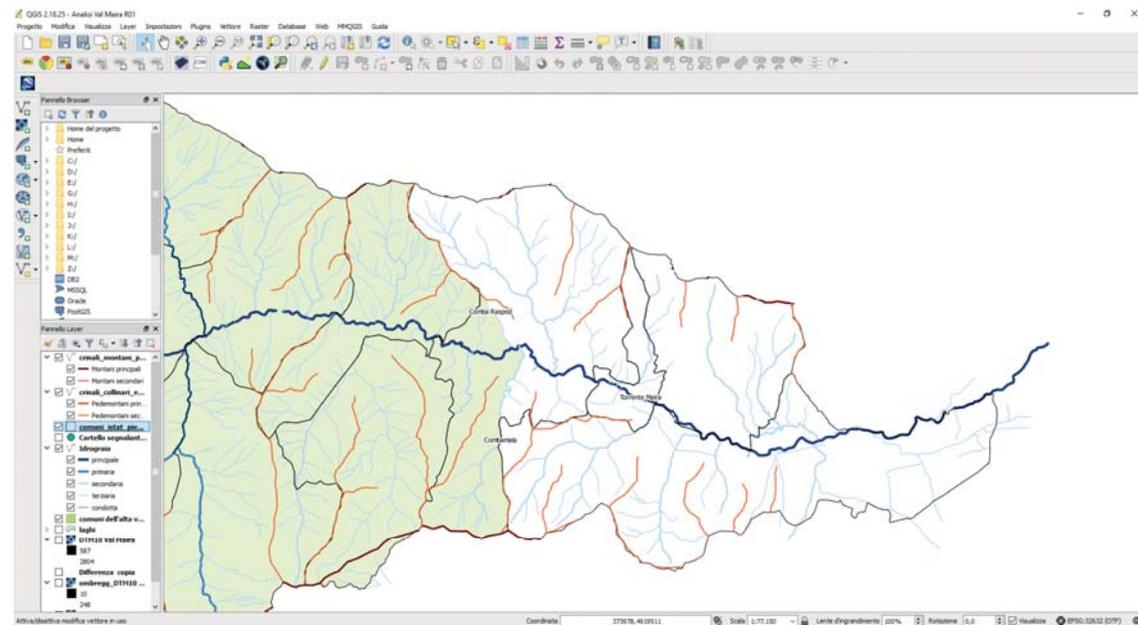
51

⁵⁶ E. Dao, *ELVA: un paese che era* pp 50-51



L'ACQUA NELLA TRADIZIONE

▼ Elaborata con il software Quantum GIS utilizzato per la realizzazione della mappatura tematica, qui è riportato solo il confine ipotizzato, il quale segue le creste montuose e l'idrografia presente.



▼ Estrapolata da Google street View dove è presente il cartello segnalante le antiche porte di Lottulo. Inizio del confine tra Alta e bassa Valle del 1396 e riconfermato nel 1441.



3.1 Differenza tra Alta e Bassa Valle Maira, secondo gli stauti

Durante il periodo di dominazione della Valle Maira da parte del marchesato di Saluzzo, vi era una distinzione molto importante tra Alta e Bassa Valle. Nell'intestazione degli statuti del 1396 una frase chiave denota questa divisione

"Capitula et ordinamenta vallis Mairane a ripo Brexino supra"⁵⁷.

Questa dicitura la ritroviamo anche negli statuti del 1441

"Capitua et ordinamenta vallis Mayrane a rivo Brexino supra"⁵⁸.

Ipotizzando una traduzione, le intestazioni dei due statuti possono essere interpretate in questo modo: "Articoli e ordinamenti della valle Maira dal fiume sopra il Bressino"; questa frase denota una divisione tra la parte sopra al fiume Bressino e la parte al di sotto. Nella ricerca toponomastica sui fiumi non vi è la presenza di tale nome, ma qui ci viene in aiuto Don Ettore Dao:

"L'elezione del Podestà era fatta da cinque uomini sopra del rivo Bressino, il quale scorre alla sinistra del Maira fra S. Damiano e Lottulo..."⁵⁹.

Percorrendo la strada principale fra queste due località si risale al cartello segnalante le antiche porte di Lottulo, individuando l'esatta posizione geografica del punto di suddivisione tra Alta e Bassa valle. Il punto esatto coincide infatti con il cartello; visualizzando una semplice mappa della valle e inserendo le coordinate rilevate del cartello stesso, troviamo l'indicazione di un fiume che scorre il cui nome non è Bressino o Brexino o Brexino, ma Comba Raspad.

Per la realizzazione della mappa tematica, una volta riportate le coordinate del cartello, ho ipotizzato dove si trova il confine seguendo linee delle creste montuose e l'andamento dei fiumi, non avendo altri riferimenti che lo segnalassero.

57 G. Gullino, *Gli statuti della valle Maira superiore*, p 79
 58 Ivi p 159
 59 E. Dao, *ELVA: un paese che era*, p25

▼ La Val Maira confine tra Alta e Bassa valle secondo gli statuti del 1396 e 1441.
Shape file: Idrografia, Comuni ISTAT Piemonte, Crinali montani, crinali collinari e pedemontani principali e secondari;
WMS: ortofoto Aegea 2018.
Fonte: geoportale regione Piemonte

Legenda

- Cartello segnalante le antiche porte di Lottulo
- comuni dell'alta valle

Crinali montan

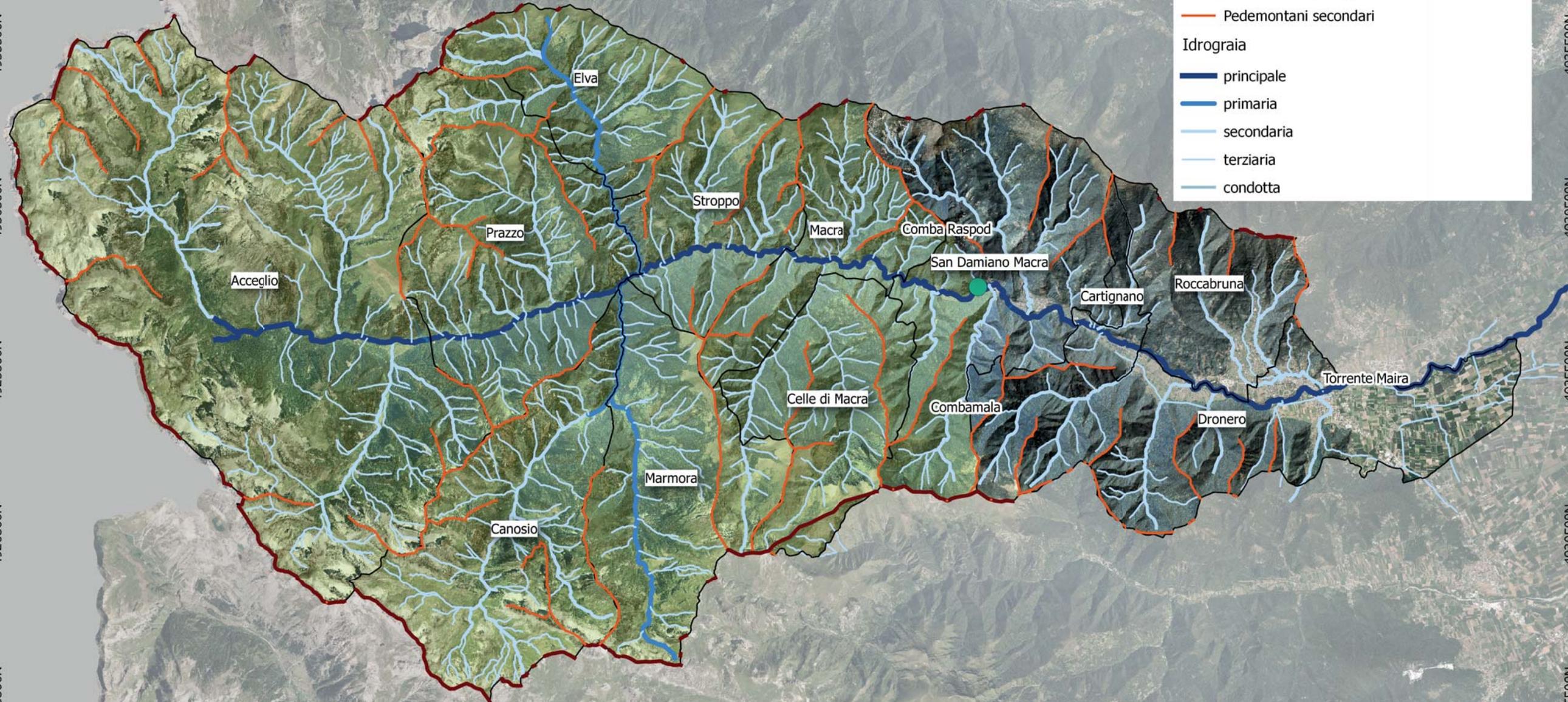
- Montani principali
- Montani secondari

Crinali collinari e pedemontani

- Pedemontani principali
- Pedemontani secondari

Idrografia

- principale
- primaria
- secondaria
- terziaria
- condotta



S.R.:WGS84/UTM 32 N

331000E 336000E 341000E 346000E 351000E 356000E 361000E 366000E 371000E 376000E

4940500N

4935500N

4930500N

4925500N

4920500N

4915500N

4940500N

4935500N

4930500N

4925500N

4920500N

4915500N

3.1.1 Le figure autorevoli della Valle: il Podestà, i Consoli ed i Sindaci

Negli statuti del 1396 sono descritte le modalità di elezione del Podestà, precisamente all'articolo 199 nella numero nove delle Collezioni. Quest'ultimo veniva eletto da 10 figure della valle, più nello specifico 4 erano di Dronero, 1 rappresentava le borgate di San Damiano e Pagliero e 5 rappresentavano i 12 comuni.

Ho ipotizzato che queste figure appartenessero alle famiglie più ricche ed influenti, dato il periodo storico. L'elezione si effettuava l'8 settembre durante la ricorrenza della Natività Vergine. Come detto in precedenza le persone che lo eleggevano erano 10⁶⁰; Qualora uno di questi comuni non avesse mandato il suo rappresentante ad eleggere il nuovo Podestà sarebbe stato multato di Lire 10⁶¹; il risultato elettivo era ristretto ad una terna e al marchese spettava l'obbligo di scegliere una persona tra quest'ultimi. Alla fine dell'elezione la persona scelta si impegnava a giurare fedeltà al marchese ed alla regolamentazione degli statuti. Nell'ottava festa di San Michele, il nuovo podestà si presentava nel comune di Acceglio (l'ultimo comune della valle) dove veniva adulato dai sindaci; tale pratica è spiegata nell'articolo 211 nella Collezione 9. Il compito del Podestà era quello di amministrare la giustizia, sia criminale che civile, occuparsi della manutenzione stradale e difendere i diritti delle chiese, degli orfani e delle vedove⁶². Ma vi erano alcune popolazioni esenti da tale giustizia ed esse erano i 12 comuni: Acceglio, Prazzo, Ussolo, San Michele, Elva, Stropo, Marmora, Canosio, Celle, Alma, Lottulo e Paglieres⁶³. Gli abitanti di questi comuni potevano essere giudicati solamente dal Podestà per reati gravi, quali: omicidio, incendio, furto e guasto. Al termine del suo mandato di durata annuale, nel caso in cui fossero state mosse accuse contro il suo operato o il suo ufficio, il Podestà doveva risponderne al tribunale del marchesato. Egli doveva svolgere questi compiti seguendo gli interessi del marchese, sia quelli dei comuni vallivi. Questo sistema organizzativo si protrasse per 400 anni.

Il Marchese Manfredo IV concesse nuovi privilegi ai futuri podestà

⁶⁰ Ivi p 27

⁶¹ Ivi p 28

⁶² Ivi p 27

⁶³ G. Gullino, *Gli statuti della valle Maira superiore (1396-1441)*, p 12

stà della valle, esattamente il 7 ottobre del 1300. Tali privilegi consistevano: nella retribuzione di lire 20 annue e di 50 lire per ogni malefizio, a carico dei 12 comuni⁶⁴. Inoltre il suo ufficio non dovevano essere composto da cittadini di Dronero e degli altri paesi nelle vallate al di sopra di Caraglio e Busca, ma solamente persone residenti nell'area geografica sita al di sopra del rio Breissino, ovvero nell'Alta Valle. La carica presso gli uffici era biennale, e non vi era la possibilità di rielezione⁶⁵. Durante il suo marchesato, Federico I nel 1329, promise che i territori dell'Alta Valle sarebbero stati dati in feudo al primogenito⁶⁶. Così facendo i 12 comuni si sottrassero ai litigi di potere tra i vassalli del marchesato.

I consoli erano i servitori del podestà e spettava loro l'incarico di segnalare ad egli, al tribunale o ai notai, i crimini più gravi. Essi giudicavano invece i crimini minori.

Per i residenti dell'Alta Valle, il giudizio spettava ai consoli comunali; nel caso di Elva Serre, che era la borgata principale, solo il suo console poteva giudicare un abitante; da qui si denota un cambio di regime rispetto alla Bassa valle. Le modalità di elezione sono indicate negli statuti nella norma numero 182 sempre nella Collezione Nove. Generalmente il numero di questi consoli era 2, salva eccezione per Acceglio che ne possedeva 4⁶⁷.

I Sindaci venivano scelti tra i consiglieri comunali eletti dai capi casa, ovvero i capi-famiglia che detenevano i possedimenti, i diritti sulle acque ed alcuni di essi erano proprietari di mulini. Un esempio è la Famiglia Garnerò che nel 1618 possedeva una delle peste da canapa nella borgata di Molini Abelli; i discendenti della famiglia furono notai, ecclesiastici e capi di quella stessa comunità⁶⁸. Secondo le ricognizioni durante la prima occupazione francese della valle Maira, datate 1549, nella maggior parte dei comuni non esisteva, ciò che oggi chiameremmo municipio o edificio pubblico civile. Il luogo dove si svolgeva l'elezione variava da comune a comune. Ad esempio a Celle si riunivano nel cortile

⁶⁴ E. Dao, *ELVA: un paese che era*, pp27

⁶⁵ G. M. di San Giovanni, *Memorie storiche di Dronero e della valle Maira*, p 78

⁶⁶ Ivi p 106

⁶⁷ Giuseppe Gullino, *Aspetti di vita comunitaria in alta valle Maira alla fine del medioevo (dagli statuti del 1396), società per gli studi della provincia di cuneo comunità montana valle Maira, La Ghisleriana*, 2008, p 9

⁶⁸ Roberto Olivero, *macchine ad Acqua Mulini in Valle Maira, I Libri della Bussola*, 2009, p 17

della chiesa, a Lottulo in un prato privato, a Canosio la chiesa locale era il luogo destinato, a Elva la casa del parroco, a Marmora la casa di Paolo Reineri nella ruata Reineri; soltanto ad Acceglio esisteva un palazzo con la funzione pubblica⁶⁹.

“...Se queste erano le modalità con cui si tenevano le assemblee, possiamo aspettarci che le curie locali fossero allestite semplicemente all'aperto, con un panca per tribunale, o al più in una casa di uno dei sindaci...”⁷⁰

Il ruolo principale del sindaco era la difesa dei singoli o delle famiglie da chiunque agisse a loro sfavore; quando il Podestà saliva in Alta Valle per esercitare il suo giudizio, i sindaci del comune erano obbligati a presiedere, e a prendere la parola in difesa della comunità: potremmo fare un parallelo contemporaneo con il ruolo dell'avvocato difensore. Quando si recavano a Saluzzo per la discussione delle questioni inerenti alla valle, accompagnati da ambasciatori, potevano stipulare patti direttamente con il marchese per l'estinzione dei tributi o per le agevolazioni. Come possiamo intuire questo incarico era assai importante e per ogni comune erano eletti due sindaci, norma 210 dodicesima Collezione, ed essi dovevano contrapporsi alle richieste di favori, norma 52 Seconda Collezione⁷¹.

⁶⁹ Lorenzo Mamino, Paolo Mellano, Claudia Bonardi, Roberto Olivero, *Atlante dell'edilizia montana nelle alte Valli del Cuneese vol. 5: La valle Maira (valloni di Elva, Marmora, Preit, Unerzio, Traversiera)* a cura di Claudia Bonardi, politecnico di Torino, 2009, p 24

⁷⁰ Ibidem

⁷¹ G. Gullino, *Aspetti di vita comunitaria in alta valle Maira alla fine del medioevo (dagli statuti del 1396)*, p14

3.1.2 Gli statuti del 1396

1. (Nessun titolo) essa comprende la figura del podestà, i suoi compiti, il suo giuramento e il procedimento nelle cause civili.
2. “De Consiliis et ad consilia spectantia”, la cui interpretazione verte sul concilio e pertanto sugli ordinamenti inerenti la formazione del concilio, i sindaci ecc. e le “aspettative del concilio”, per cui potrebbe essere paragonabile alle normative della pubblica amministrazione.
3. *De maleficis, ovvero i delitti.*
4. *De campariis, damnis datis in alienis rebus, le guardie campestri e i danni alle cose altrui.*
5. *De molinariis, i mugnai o i mulini.*
6. *De viis reficiendis et aperiendis, ricostruzione e apertura delle strade.*
7. *De pascuis communibus, I pascoli comuni.*
8. *De mensuris et poderibus requirendis, le misure e i pesi.*
9. *De fondis et possessionibus astrictis ad contribusione talearum findarum, le proprietà e il bestiame per calcolare le tasse dovute.*
10. *De officialibus communis et aliis arteriis, i funzionari pubblici e le altre cariche.*
11. *De beccariis e tabernariss, le botteghe o negozi più precisamente i macellai e gli oste.*
12. *(senza nome).*
13. *De renucntacionibus fiendis et aliis extraordinariis, il trattamento di rinuncia e altre note varie.*

Quello di nostro interesse è ovviamente la 5° “De molinariis”: questa raccolta è composta da 12 capitoli dal numero 123 al 135, di cui soltanto i primi quattro interessano attivamente il compito del mugnaio. Queste norme regolamentavano il lavoro svolto dai mugnai come ad esempio:

“123 - quod molinari teneant taliter bealeriam quod aqua non spargat in vias Item statutum est quod omnes molinarii tenentes molendina aliqua a ripo Bressino supra teneantur et debeant taliter re-

*stringere aquam per eius bealeriam quod non damnificet vias vel spargatur in aliquibus locis. Et qui contrafecerit solvat omni vice solidos quinque. Et nihilominus teneatur ut supra et quilibet bone fame inde possit accusare et credatur cum iuramento et habeat tertiam partem banni predicti*⁷²

“123 – I mugnai curino che l’acqua del canale (bealeria) non invada le vie.

In questo statuto i mugnai della valle Maira residenti in Alta Valle, devono controllare che l’acqua non danneggi la via e che non vi sia spargimento di acqua in loco. Chi contravviene a questo pagherà 5 soldi. Tutti devono rispettare quanto sopra descritto e ogni persona buona e onesta, con giuramento pio denunciare e ricavare la terza parte della multa⁷³

“124 - De molinariis

*Item quod molinarii de Mairana se debeant moturare ad pugneriam iustam, de quibus vigintiquatuor facium sestarium et capere pro motura cuciuslibet sextarii grani unam pugneriam rasam et non plus. Et si plus vel minus esset de uno sextario debeant moturare se secundum grani solum ut ad rationem sestarii non capiant plus quam dictum est. Et si contrafecerit solvan bannum omni vice solidorum quinque*⁷⁴.

“124 – I mugnai

Tutti i mugnai della valle Maira devono macinare usando una “pugneria” regolare, corrispondete alla ventiquattresima parte dello staio, e prelevare per la molitura una pugneria rasta per ogni staio di grano. Se la quantità è inferiore o superiore a 1 staio, devono prelevare in proporzione. Chi contravviene sarà multato 5 soldi⁷⁵

“125 - De eodem

Item quod omnes habentes molendinum, paratorium, serram vel batenderium debeant tenere rastrellum fixum in cima canalis. Et si quis contrafecerit solvavat bannum omni vice soli-

⁷² G. Gullino, *Gli statuti della valle Maira superiore, (1396-1441)*, p 108

⁷³ G. Gullino, *Aspetti di vita comunitaria in alta valle Maira alla fine del medioevo (dagli statuti del 1396)*, p 28

⁷⁴ G. Gullino, *Gli statuti della valle Maira superiore, (1396-1441)*, p 109

⁷⁵ G. Gullino, *Aspetti di vita comunitaria in alta valle Maira alla fine del medioevo (dagli statuti del 1396)*, p 28

*dorum trium*⁷⁶

125 – come sopra

Ogni uomo proprietario di un mulino, “mulini parato” i folloni per drappi, sega o battitore (batou) deve tenere fisso in cima al canale un rastrello o griglia. Chi contravviene sarà multato di soldi tre.

“126 - De eodem

*Item quid teneatur molere ei qui prius venerit et granum portaverit ad molendum quam alteri, nisi esset magis et evidend causa necessitatis. Et qui contrafecerit solvan bannum omni vice solidorum quinque*⁷⁷

126 – come sopra

Inoltre chi era venuto per primo, e il grano di coloro che andranno a macinare al mulino è tenuto a lui che a chiunque altro, salvo evidenti nei casi di necessità. E chiunque contravvenga al divieto sarà multato di cinque soldi.

Dalle norme sopracitate, si deduce quanto e come il mulino fosse prezioso per l’economia della valle, parallelamente alle canalizzazioni annesse, ed essendo parte più fragile del sistema necessitavano essere mantenute in funzione e riparate in caso di bisogno.

Le successive norme della Collezione Cinque non vengono citate in quanto non riguardavano i mugnai, ma bensì i danni alle cose oppure agli animali da cortile.

3.1.3 Gli statuti del 1441

1. (Nessun titolo) essa comprende la figura del podestà, i suoi compiti, il suo giuramento e il procedimento nelle cause civili.

2. De Consiliis et ad consilia Expentantibus, rubrica la cui interpretazione sarebbe sul concilio, quindi gli ordinamenti che sono inerenti formazione del concilio, sindaci ecc. e le “aspettative del concilio” per cui si potrebbe intendere come le normative della pubblica amministrazione.

⁷⁶ G. Gullino, *Gli statuti della valle Maira superiore, (1396-1441)* p 109

⁷⁷ Ibidem

3. *De maleficis. Ovvero i delitti.*
4. *De campariis et dampnis datis in rebus alienis, le guardie campestri e i danni alle cose altrui.*
5. *De molinariis, i mugnai o mulini.*
6. *De viis reficiendis et aperiendis, ricostruzione e apertura delle strade.*
7. *De pascuis communibus, i pascoli comuni.*
8. *De mensuris et poderibus recercandis, le misure e i pesi.*
9. *De fondis et possessionibus astrictis ad contributionem talearum findarum, le proprietà e il bestiame per calcolare le tasse dovute.*
10. *De officialibus communis et aliis arteriis rubrica, i funzionari pubblici e le altre cariche.*
11. *De bechariis et tabernariss, le botteghe o negozi, più precisamente i macellai e gli oste.*
12. *De notariis et satisfactione ipsorum et aterminatoribus et rebus stimatis, i notai e le attività notarili ed estimativa.*
13. *De renunciationibus fiendis et aliis extraordinariis, il trattamento di rinuncia e altre note varie.*

In questo statuto la collezione delle norme sui mulini è più ristretta, poichè come detto in precedenza, si tratta di una risistemazione.

Esse iniziano con la norma 136 e finiscono con la 139:

“136 - Quod molinarii teneant taliter bealeriam aptatam quod aqua non expargat in viam rubrica.

Item statutum est quod omnes molinarii tenentes molandina aliqua a rivo Bressino superius teneantur et debeant taliter restringere bealeriam seu aquam per quos bealeriam ita quod non dampnificet vias vel expargat in aliquibus viis. Et qui contrafecerit solvat bannum omni vice solidorum quinque et michiolominus teneatur ut supra et quilibet homo bome fame inde possit accusare et credatur cum iuramento et habeat terciam partem banni predicti”⁷⁸

“136 - Tutti i mugnai tengano il canale preparato in modo tale che l'acqua non esca in strada.

Così è stabilito che tutti i mugnai che possiedono un mulino presso il rivo Bressino superiore sono obbligati e devono limitare il canale oppure la strada attraverso il canale, così che non si danneggino le strade o non esca l'acqua su altre strade. E chi contravviene, ripaga il debito ad ognuno con uno scambio di cinque soldi. E si ricordi quanto sopra. Qualsiasi uomo di buona reputazione possa perciò accusare e sia creduto sotto giuramento e abbia la terza parte della suddetta ammenda.”

Questa norma, molto simile se non per certi versi uguale alla norma 123 del precedente statuto del 1396, evidenzia come i canali e le strade erano di importanza fondamentale: i primi per il trasporto della forza motrice per le ruote delle paleo-industrie (acqua), le seconde per il trasporto delle merci lungo il territorio. Infatti lungo la rete stradale, tramite l'uso di muli e slitte, potevano essere trasportati i prodotti grezzi da lavorare oppure quelli finiti e naturalmente tutti i beni per la comunità.

“137 - De odem

item statutum est et ordinatum quod omnes molinarii de Mayrana debeant se molturare ad pugneriam iustam, de quibus virgintiquatuor facium sestarium, et capere pro moltura cuiuslibet sestarii unam pugneriam rasam et non plus. Et si plus vel minus esset de uno sestario debeant se molture secundum solutionem ut ad ractionem sestarii non capiant plus quam dictum est. Et qui contrafecerit solvat bannum omni vice solidorum quinque”¹³⁷⁹

“137 - come sopra o stessa collezione

Parimenti è stabilito e ordinato che tutti i mugnai della valle Maira debbano macinare nella giusta misura (manciata = unità di misura). Con le quali si facciano 24 sestari e si prenda per le macinazioni una manciata “pulita” di un qualunque sestario e non di più. E chi contravviene, ripaga il debito ad ognuno con uno scambio di cinque soldi.”

Anche qui la differenza con la precedente normativa è quasi irrisoria: viene descritto il compenso dei mugnai, che veniva pagato con parte della produzione; non doveva però consistere nel prodotto grezzo, ma nel prodotto lavorato finito. Molto rilevanti le sanzioni previste nel caso in cui il mugnaio si fosse comportato in modo disonesto ed avesse “preso” più di quello ciò di cui aveva diritto.

"138 - De odem rubrica

*item staturum est et ordinatum quod omnes habentes molin-
dinum, paratorium vel serram aut batenderium debeant tene-
re rastellum fixum in cima canallis et qui contrafecerit solvant
bannum omni vice solidorum trium."*¹⁴⁸⁰

"138 - come sopra o stessa collezione

Parimenti è stabilito e ordinato che tutti coloro che possiedono un mulino paratorio oppure giara o affollone (gualcheria) debbanotene-
re in cima al canale un rastrello, griglia fissato. opuscolo intergativo
E chi contravviene, ripaga il debito a ciascuno in cambio di tre
soldi."

In questa norma, identica alla precedente, possiamo notare l'im-
portanza di posizionare un semplice rastrello in cima al canale al
fine di evitare le ostruzioni dello stesso o il danneggiamento delle
ruote; come vedremo successivamente vi sono parti fragili per le
due tipologie di mulini ad acqua.

"139 - De odem rubrica

*item statutum et ordinatum quod omnes molinarii teneantur
molere ei vel illi qui primus venerit et granum portaverit ad mo-
lendum quam alteri, nisi esset magna et evidens causa necessi-
tatum et qui contrafecerit solvat bannum omni vice solidorum
quinque"*¹⁵⁸¹

139 - come sopra o stessa collezione

Parimenti è stabilito e ordinato che tutti i mugnai deb-
bano macinare per sé o per chi sarà andato di persona e
avrà portato il grano al mulino, come per un altro, qualo-
ra non si ci sia un motivo grande ed evidente di necessità.
E chi contravviene, ripaga il debito ad ognuno con uno scambio
di cinque soldi.

Stessa norma presente anche nel vecchio statuto. Come la pre-
cedente qui non si pretende che il mugnaio macini, lavori esclusi-
vamente il prodotto "locali" ma anche eventualmente quelli degli
"stranieri". La formula "...ad molendum quam alteri,.." può essere
interpretata "come per un altro", e questa dicitura sta a significa-
re che normalmente non era importante chi forinsse le materie
prime, salvo in alcuni casi in cui si rendeva necessario prediligere
la lavorazione dei prodotti locali.

⁸⁰ Idibem
⁸¹ Idibem

In altri statuti invece è presente la distinzione tra prodotti locali e
stranieri, con precedenza a quelli locali⁸².

⁸² R. Olivero, macchine ad Acqua Mulini in Valle Maira, p 12

3.2 Le macchine ad acqua presenti nella valle Maira

Di concezione squisitamente medievale, i mulini non servivano solo per la macinatura del grano, ma in base alle altre funzioni furono realizzate strutture diversificate; in questo capitolo analizzeremo gli usi più comuni dei mulini, dalla semplice macina dei cereali, fino ai più moderni filatoi per la seta.

Con il termine mulino si intendono stabilimenti atti alla macinazione dei cereali, compresa la macchina che esegue tale macinazione⁸³; per i “nostri mulini”, quelli presenti nella valle Maira, sarebbe più opportuno utilizzare il termine paleo-industria, che significa fabbrica o stabilimento proto-industriale. Infatti possiamo affermare che i mulini erano degli arcaici stabilimenti industriali, i quali sfruttavano come forza motrice non solo quella animale ma anche quella naturale, con i mulini a vento e ad acqua.

Le due tipologie sono simili, la prima sfrutta il vento come motore per fare girare le sue pale, la seconda l'acqua, ma entrambi hanno al loro interno un asse, alberi di trasmissione per convertire il moto rotatorio in moto rettilineo alternato, oppure ingranaggi per rallentare il moto rotativo oppure accelerarlo secondo i diversi usi. Non solo si differenziano per funzioni, ma anche in base al luogo dove si trovano e a come è posizionata la loro ruota. Ad esempio, sul corso di un grande fiume possiamo trovare i mulini galleggianti posizionate su barche o chiatte⁸⁴, vi sono mulini con ruote posizionate verticalmente oppure orizzontalmente, ruote con cassette o palette, mulini alimentati dall'alto oppure dal basso.

Quando pensiamo ad un mulino potremmo pensare ad un quadro o ad un'immagine, alla scena di mulini fiabeschi, con i loro sgargianti colori e le loro enormi ruote alimentate generalmente da un placido fiume inserito in un contesto boschivo oppure rurale.

⁸³ Voce “Mulino”, in *Enciclopedia Treccani*, 2008.

Fonte: *Enciclopedia Treccani* <https://www.treccani.it>

⁸⁴ Bracco Giuseppe, Alliaud Giuliana, Barghini Andrea, A. Benedetto Stefano, Bonardi Maria Teresa, Chierici Patrizia, Comba Rinaldo, Mandracci Vera Comoli, Dal Verme Annalisa, Marchis Vittorio, Palmucci Quaglino Laura, Peyrot Ada, Rocchia Rosanna, *Acque ruote e mulini a Torino*, Volume I, Archivio storico della città di Torino, 1988 p 18

Prediamo ad esempio il quadro di Vincent Van Gogh

“Mulino ad acqua a Gennepe”⁸⁵.



Possiamo notare il mulino con la sua ruota alimentata, se provassimo a classificarlo sarebbe un mulino di terra, alimentato ad acqua dal basso, con una ruota ad asse orizzontale con tipologia a palette. Se disponessimo anche di una pianta interna dell'edificio, sapremmo con certezza se si tratta di un mulino per la macinatura oppure di un mulino per la forgiatura. Tuttavia dall'esterno l'edificio risulta totalmente anonimo, e non ci rivela il tipo di lavorazioni svolte al suo interno: l'edificio è l'involucro, ovvero il contenitore di tutti quegli apparecchi tecnologici necessari per le lavorazioni, quali ingranaggi, organi di trasmissione, conversione del moto ecc.

Nella valle sono presenti cinque tipologie di macchine ad acqua:

1. Per macinare, conosciuti in maniera generica come mulini;
2. Per pestare, come le peste da olio e le peste da canapa (i Batou);

⁸⁵ Vincent Van Gogh, *Mulino ad acqua a Gennepe*, olio su tela, si presume del 1884, Museo Nacional Thyssen-Bornemisza Madrid Spagna.

▲ **Mulino ad acqua a Gennepe.**
Fonte: Vincent Van Gogh, *Mulino ad acqua a Gennepe*, olio su tela, si presume del 1884, Museo Nacional Thyssen-Bornemisza Madrid Spagna.

3. Le segherie ad acqua;
4. Le officine per la lavorazione dei metalli, i magli per battere e le forge ad acqua (quest'ultima poco utilizzata)
5. I filatoi ad acqua e le macchine per infeltrire i capi, detti anche mulini paratoi o folloni;

Questi macchinari avevano in comune l'uso dell'acqua come forza motrice, trasportata da canalizzazioni sparse lungo il territorio; nei paragrafi successivi saranno analizzati più nel dettaglio.

3.2.1 Paleoindustrie a "Rouèt o roudoun"

Mulini verticali oppure orizzontali in occitano "rouèt e roudoun". Le Paleoindustrie ad acqua possono essere distinte in due grandi categorie: quelle con l'asse orizzontale e quelle con l'asse verticale. La differenza sostanziale risiede nel fatto che le prime necessitano di ingranaggi a ruote dentate, mentre le seconde no.

I mulini con asse verticale sono i più semplici. La loro struttura è composta dalla ruota a pale o cassette (cucchiai) alimentata da un getto tangenziale, collegata direttamente con un albero verticale alla macina o ad un altro macchinario, come ad esempio il batou o pesta da canapa, il/la quale gira alla medesima velocità della ruota sottostante⁸⁶. Come detto in precedenza, la loro struttura semplice garantisce una maggiore efficienza, grazie appunto al collegamento diretto con la ruota sottostante.

Per la realizzazione di un mulino con asse orizzontale la faccenda è più complessa. La ruota ed il suo albero sono appoggiati su due fusi in metallo infissi all'estremità, a loro volta adagiati su due cunette a supporto e successivamente su due cuscinetti metallici. Di maggior attenzione è il supporto posto dall'altra parte del canale (secondo fuso) che garantisce la stabilità della ruota, senza la quale tutto il meccanismo cesserebbe di funzionare. Questi cuscinetti sostengono la ruota e si caricano della forza dell'acqua che agisce sulla ruota stessa, proseguendo verso l'interno dell'edificio la parte finale dell'asse della ruota presenta un'ulteriore ruota dentata i cui pioli sono disposti perpendicolarmente alla ruota esterna. Questi trasmettono il moto ad un ingranaggio chiamato "cilindro scanalato", le cui scanalature permettono il reinserimento dei pioli; questo ingranaggio prende il nome di "ruota a lanterna" o "pignone"⁸⁷. Esso, nel caso di un mulino da macina, è connesso ad una mola superiore il cui funzionamento è analogo al mulino con asse verticale. L'utilizzo di questi ingranaggi ha reso possibile il trasferimento del moto rotativo da orizzontale a verticale. Questa struttura più complessa richiede l'utilizzo di più alberi, di conseguenza più ruote dentate e cuscinetti. Quest'accoppiamento può servire a far girare la macina diversamente dalla ruota esterna alimentata, ciò non era fattibile con il mulino verticale.

Per quanto riguarda il mulino verticale, è possibile ottenere una

⁸⁶ Emanuela Genre, *Chi va al mulino... acque mulini e mugnai delle valli piemontesi*, Neos edizioni, 2017, p30

⁸⁷ B. Giuseppe, *Acque ruote e mulini a Torino*, p 20

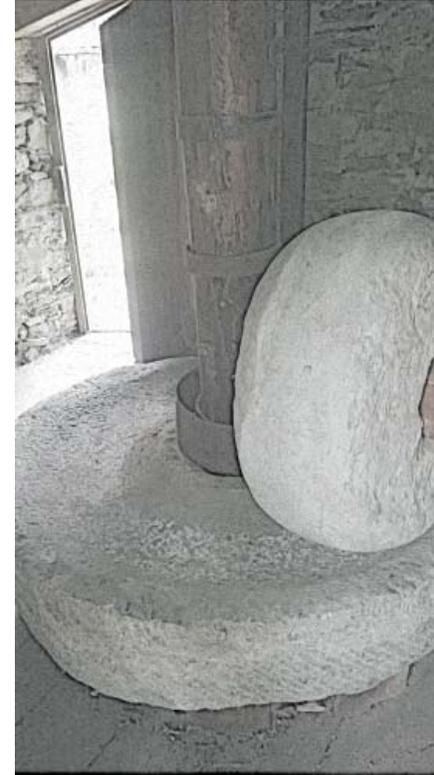
macina più veloce, oppure più lenta in base alla tipologia del cereale, aumentando o diminuendo il flusso d'acqua sulla ruota sottostante.

Con il mulino detto ad asse orizzontale ciò non è necessario: la velocità di rotazione è regolata dalla grandezza del pignone.

Nella Valle Maira abbiamo diversi esempi di mulini, sia con ruota orizzontale che verticale come ad esempio: ad Acceglio nella borgata Chiappera abbiamo un mulino con una coppia di macine a ruota orizzontale⁸⁸, oggi ristrutturato con al suo interno un'attività turistica tipo affittacamere. A Prazzo Inferiore troviamo invece l'esempio di un mulino a sega idraulica con la ruota verticale⁸⁹.

Anche la manutenzione richiesta era differente: i mulini con la ruota verticale erano più delicati, poiché la ruota era esposta alle intemperie e alla variabilità delle stagioni, soprattutto in montagna dove i cicli di gelo e disgelo sono più intensi⁹⁰. In quelli orizzontali invece la ruota era più protetta, in quanto posta all'interno dell'edificio e di conseguenza il deterioramento del legno era meno accentuato; precisiamo però che dal punto di vista architettonico gli edifici dei mulini verticali od orizzontali non presentano evidenti differenze, salvo la visione della ruota sul fronte.

⁸⁸ R. Olivero, *Macchine ad Acqua Mulini in Valle Maira*, p 39
⁸⁹ *ivi* pp 40
⁹⁰ E. Genre, *chi va al mulino... acque mulini e mugnai delle valli piemontesi*, p 30



◀ **Pesta da canapa Borgata Rabiera Prazzo (CN). In quest'immagine possiamo vedere il pesta canapa a ruota orizzontale posta in una camera in basso o al piano seminterrato. Questa peste da canapa è stata restaurata circa 10 anni fa ed è curata dal "Museo della canapa e del lavoro femminile" a Prazzo**



▼ **Segheria a Bagnolo Piemonte (CN) val'Infernotto frazione Villar, in quest'immagine vediamo una segheria ad acqua con la ruota verticale ad alimentazione dall'alto. Oggi restaurato dall'architetto Saverio Isola ed ospita lo studio dello scultore Hilario Isola.**



3.2.2 Tipologia d'alimentazione alta o bassa

Dopo aver illustrato brevemente le ruote e i diversi meccanismi andiamo ad illustrare l'alimentazione dei mulini ad asse verticale; l'alimentazione della ruota è sempre tangenziale.

Per le ruote ad asse orizzontale vi sono due tipologie di alimentazione: dall'alto e dal basso.

L'alimentazione dal basso sfrutta il pendio del canale e la forza dello scorrimento dello stesso, non vi è un salto, ma l'acqua scorrendo nel canale imprime la forza alla ruota. Per questa tipologia di alimentazione servono ruote più larghe per avere un maggior contatto. Infatti la peculiarità di questi mulini sta nelle pale delle ruote che si allungano in senso assiale.

Le ruote alimentate dall'alto si differenziano per un minore spessore assiale, oltre che per una differente conformazione della ruota che da palette passa a cassette; necessitano di un dislivello o salto idraulico e vengono mosse dal peso dell'acqua contenuta all'interno dei cassette: la forza peso consente il movimento della ruota.

Intorno al 1750, in Inghilterra, John Smeaton effettuò diversi esperimenti per comprendere i rendimenti delle due tipologie di alimentazione. Sulla base dei suoi esperimenti empirici, data la sua esperienza nella riparazione e progettazione delle ruote per i mulini, riuscì a dimostrare che le ruote alimentate dall'alto potevano raggiungere rendimenti del 60%⁹¹ ed inoltre sviluppavano una maggiore potenza.

In questo periodo anche in Francia ebbero inizio gli studi di Idraulica, ma diversamente rispetto all'Inghilterra che utilizzava un approccio più pratico che teorico negli studi, si sviluppano numerose teorie adatte a spiegare i meccanismi fisico-matematici che regolano questa scienza. Importante svolta si ottenne nel 1767 quando Jean-Charles de Borda⁹², ebbe l'intuizione di curvare le palette del mulino ad asse verticale alimentato tangenzialmente. Si sviluppò così la prima concezione di turbina; successivamente

⁹¹ B. Giuseppe, Acque ruote e mulini a Torino, pp 36

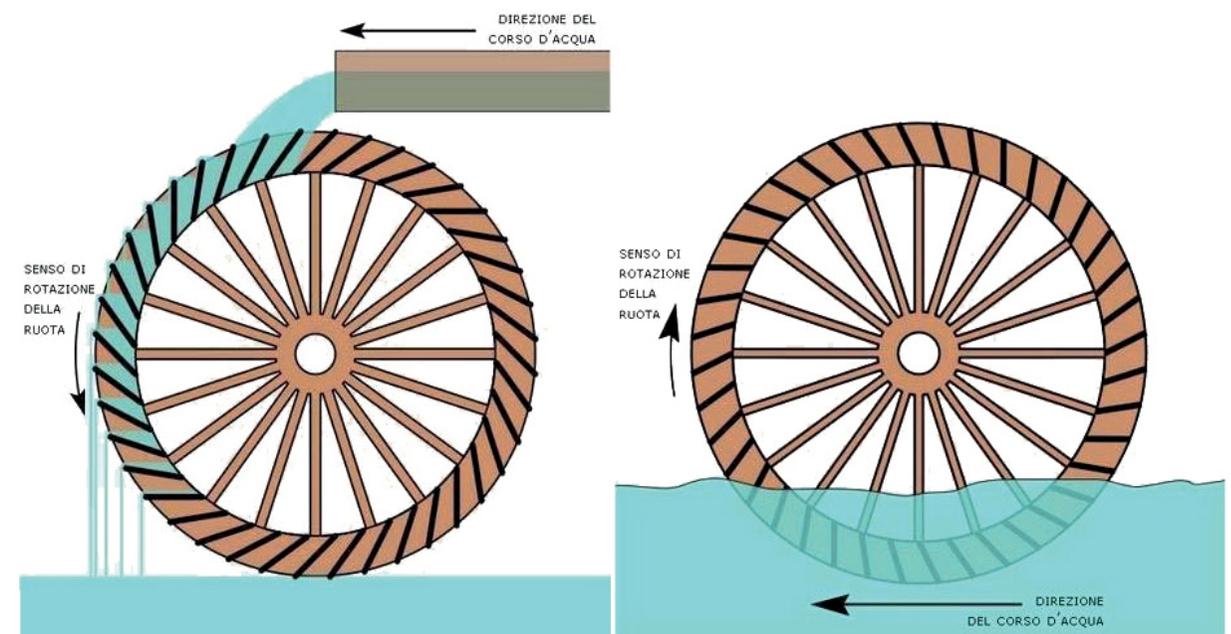
⁹² J.C. De Borda entrò giovane nell'esercito francese poi si trasferisce in marina dove arrivò al ruolo di "capitaine de vaisseau", effettuò studi importati sulla resistenza dei fluidi all'artiglieria e sulle pompe idrauliche. Enciclopedia britannica <https://www.britannica.com> ultima consultazione il 31/08/2020

Jean Victor Poncelet⁹³, applicò gli studi del De Borda su di una ruota alimentata dal basso; in base alla curvatura delle palette riuscì ad ottenere rendimenti dell'ordine del 60-70% dimostrando che la teoria di Smeaton era da perfezionare⁹⁴. Questa tipologia di ruota ebbe successo in tutta Europa, tant'era che anche a Torino si pensò di installare queste macchine per i mulini della Madonna del Pilone, un mulino settecentesco su impianto nuovo. Inizialmente i mulini presenti sul Po, in prossimità di Madonna del Pilone, erano di tipologia natante, convertiti poi in terragni nel 1775-79. La prima macchina terricola posta a Madonna del Pilone

⁹³ J.V. Poncelet partecipò alla campagna di Russia di Napoleone nel 1812 ma fu abbandonato creduto morto, matematico ingegnere che a dato il suo contributo nello sviluppo della geometria descrittiva. Nel 1815 al 1825 si occupò di ingegneria militare applicando la matematica al miglioramento di turbine e ruote idrauliche. Enciclopedia britannica sito internet <https://www.britannica.com> ultima consultazione il 31/08/2020.

⁹⁴ G. Bracco, Acque ruote e mulini a Torino, p 39

▼ Schema generico dell'alimentazione dal di sopra, salto idrostatico, e alimentazione dal di sotto scorrimento del canale. Come possiamo notare le due ruote gireranno in senso contrario una in senso orario (quella alimentazione dal basso) e l'altra in senso antiorario (alimentazione dall'alto).
Fonte: www.haudonpoge.gq



fu una ruota Noira⁹⁵. Successivamente si amplia la costruzione con nuove ruote idrauliche fino al 1842, quando vi si inserì una pesta da canapa⁹⁶.

Come esempio nella Valle abbiamo due mulini: il primo con una ruota verticale alimentato da un canale di adduzione in lamiera che utilizza il pendio per il salto idrografico e quindi un'alimentazione dall'alto; esso si trova in località Alma nel comune di Macra, al suo interno vi erano collocate due macine e la pesta da canapa con mola folle; è denominato Mulino Mattalia⁹⁷.

A San Michele di Prazzo è situato invece il secondo mulino, sul Rio San Michele o Rio Crosia lungo un canale, inizialmente in legno e poi ricostruito in cemento; sono presenti due ruote verticali: la prima di dimensioni più ridotte alimentava un maglio a testa d'asino per la lavorazione del ferro, la seconda in ferro con palette in legno alimentava una coppia di macine. Oltre ad edifici isolati, erano presenti anche complessi di mulini come ad esempio il complesso di "Mulini di Ponte Maira", posto ad Acceglio nella borgata Ponte Maira; esso era alimentato da un unico canale che prendeva l'acqua direttamente dal torrente Maira; tutti i mulini del complesso (quattro) possedevano ruote orizzontali⁹⁸.

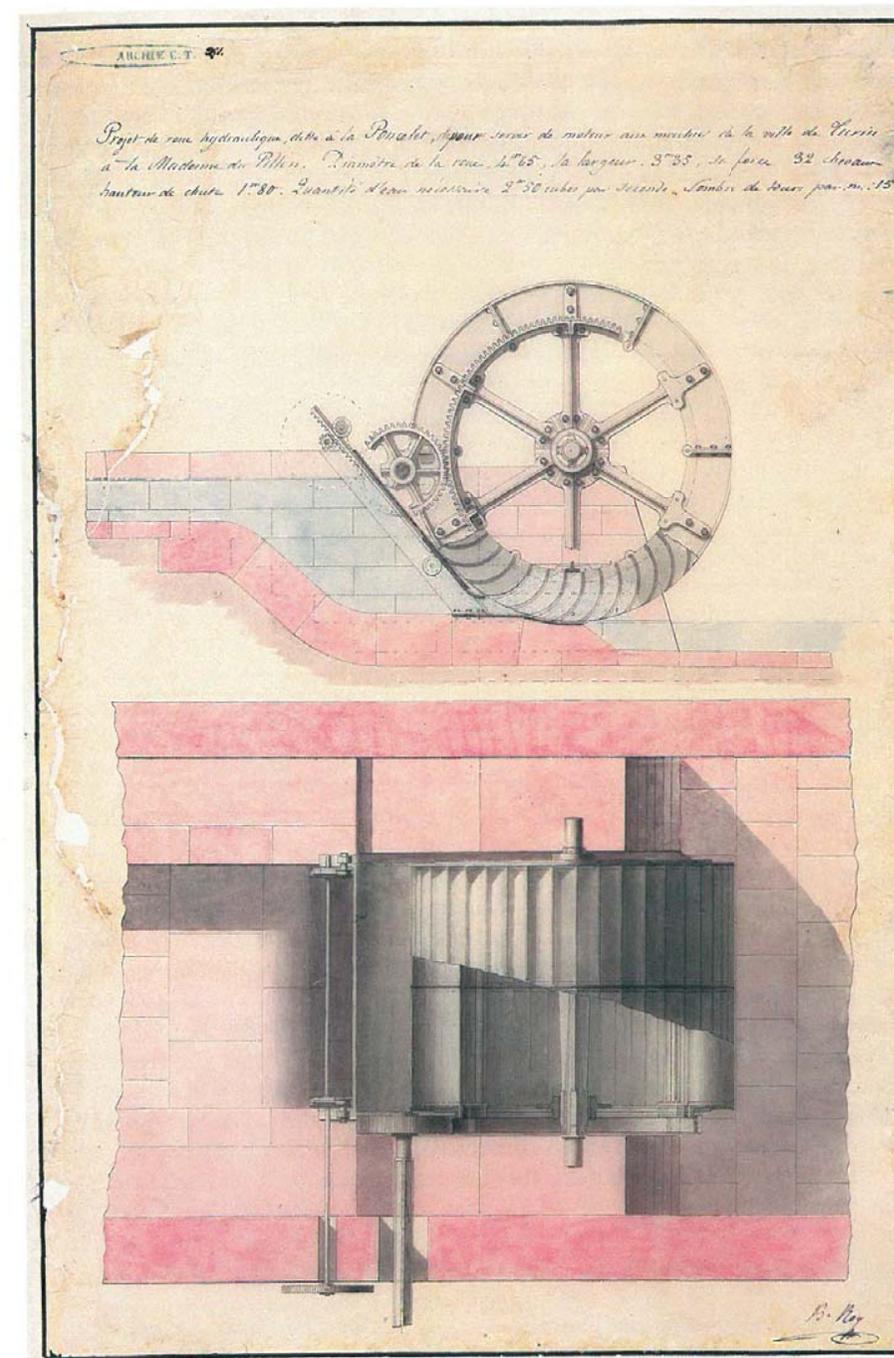
⁹⁵ Una delle macchine idrauliche più semplici è la pompa idraulica, questa macchina permetteva la movimentazione delle acque da un punto ad un altro. Il meccanismo di base non richiedeva l'uso di trasmissioni o ingranaggi per il funzionamento. Questa macchina si compone da due ruote, la prima è immersa nel canale presenta pale e garantisce la forza motrice. La seconda dotata di recipienti per il trattenere dell'acqua è collegata alla prima tramite un unico asse. La prima trasmetteva il moto rotatorio alla seconda quest'ultima sulla cima svuotava i recipienti all'interno di un canale posto ad una diversa quota. In Italia conosciuta col nome di ruote Norie, ebbero maggiore sviluppo nel mondo arabo a causa dell'orografia del terreno principalmente pianeggiante e senza forti dislivelli, e queste stazioni servivano per convogliare l'acqua nei canali da utilizzare per l'irrigazione delle colture. Altra macchina per il pompaggio, leggermente più complessa, prende il nome di pompa a catena. Questa macchina utilizzava una ruota collegata ad un'asta verticale la quale trasmetteva il suo moto a piccole ruote le quali sorreggevano una catena formata da corda con attaccati recipienti in coccio, questi una volta raggiunta la sommità si svuotavano. Quest'ultima macchina più adatta ed usata ad attingere ai pozzi. G.Bracco, acque ruote e mulini a Torino p da 18 a 19.

⁹⁶ I canali di Torino, www.icanaliditorino.it, consultato il 21-10-2020

⁹⁷ R. Olivero, Macchine ad Acqua Mulini in Valle Maira, p 48

⁹⁸ Ivi p64-65

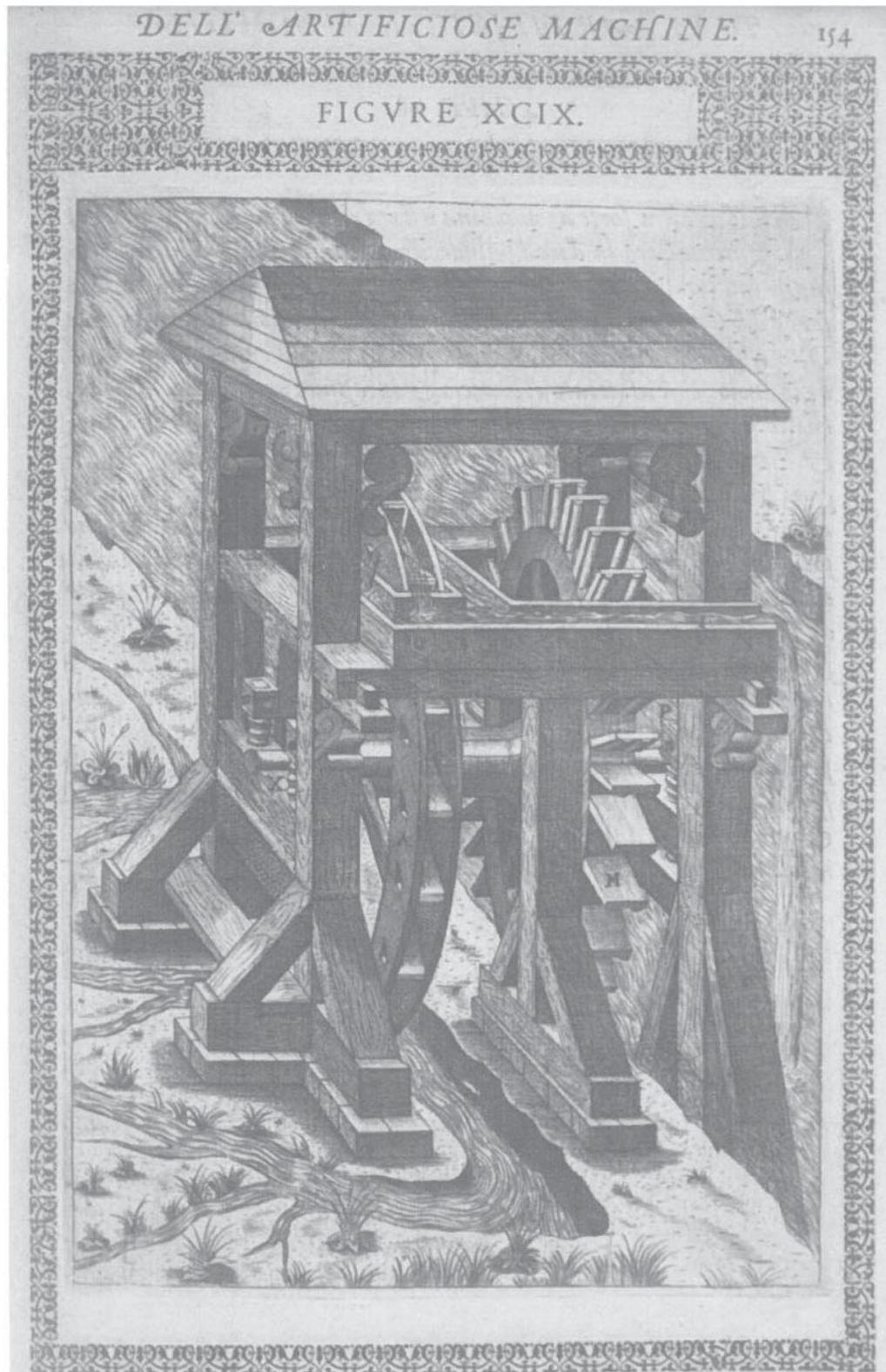
Questo, di Acceglio, può essere un esempio di come poteva apparire il complesso inerente alla borgata di Molini Abelli e il complesso di Molini Allioni.



◀ Disegno della sezione e pianta per l'inserimento di una ruota a Poncellet da posizionarsi nella nuova macina nei mulini di Madonna del Pilone. Fonte: G. Bracco, ruote acqua e mulini a Torino volume 1 p 41, e *Projet du roue hydraulique ditte a la poncelet, pour servis de moteur aux moulin de la ville de Turin à la Modonne du Pilon* di Benjamin Roy, disegno a penna e acquerello, 1844, descrizione iconografica G. Bracco, acque ruote mulini a Torino volume 2 p 203

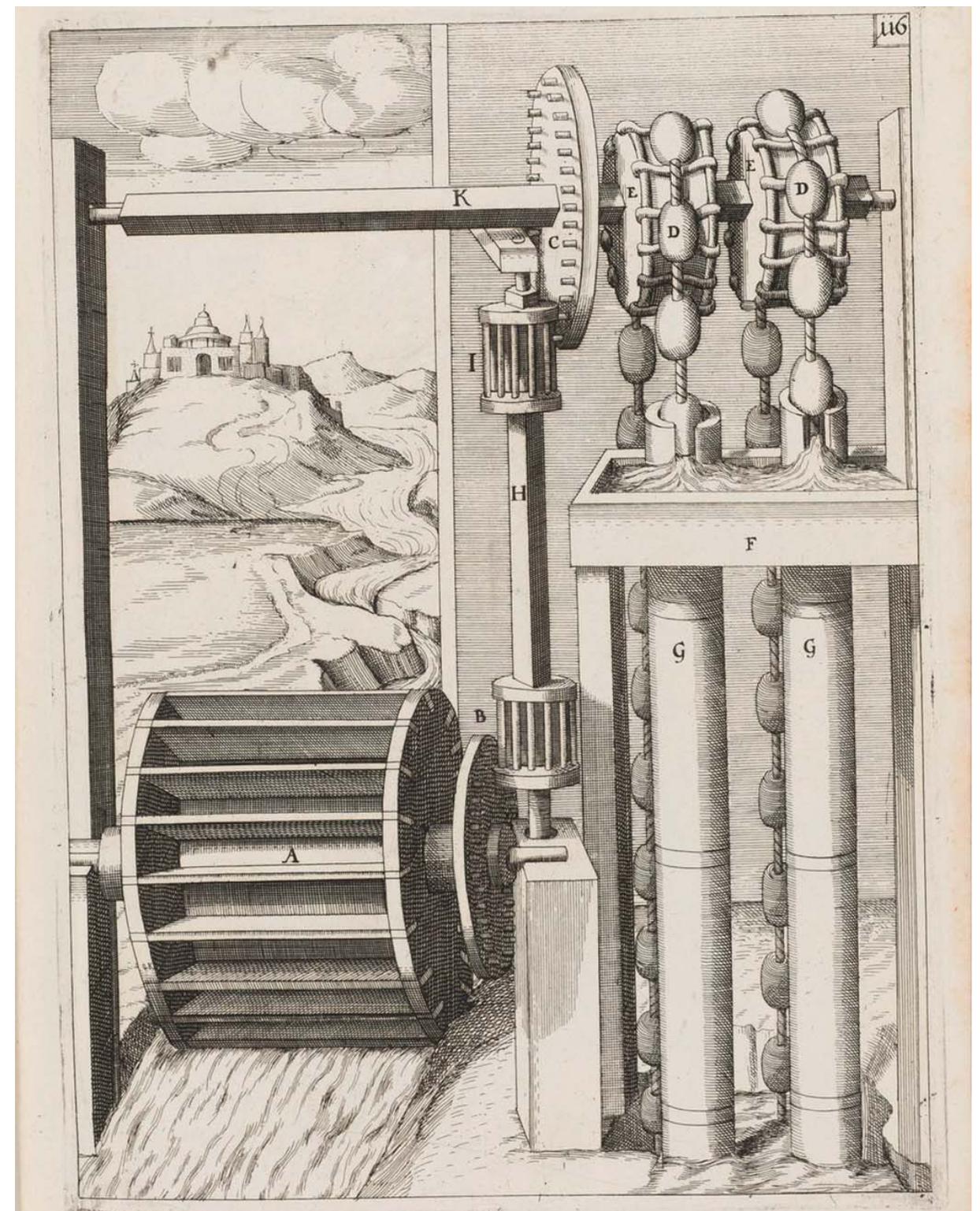
▼ Schema Rota Noira composta da due ruote con un unico albero di trasmissione, utilizzata per l'irrigazione dei campi.

Fonte: Agostino Ramelli, *Le diverse et artificiose Machine del capitano Agostino Ramelli...* Nelle quali si contengono varij et industriosi movimenti, degni di Grandissima Speculazione, per Cavarne beneficio infinito in ogni sorte d'operatione. Composte in lingua italiana et Francese, Parigi, casa autore, 1588 descrizione iconografica G. Bracco, acque ruote mulini a Torino volume 2 p 217



▼ Schema Rota Noira a pozzo o catena, composta da una ruota e una catena con unico albero di trasmissione, utilizzata per estrazione acqua da depressioni o pozzi.

Fonte: Böckler George André, *Theatrum machinarum novum, exhibens aquarias, alatas, jumentarias, manuaris, pedibus ac ponderibus versatiles, plures et diversas molas*, 1662, ricavato dal motore di ricerca storico gallica (www.gallica.bnf.fr)





◀ **Benché l'immagine riguarda un Mulino di modeste dimensioni in pianura senza l'edificio contenitivo dei macchinari, possiamo vedere in maniera generale il funzionamento di tale macchina per la macinazione cerealicola.**

Fonte: Vittorio Zonca, Novo Teatro di machine et edificii per varie et sicure operationi, con le loro figure tagliate in rame e la dichiarazione e dimostratione di ciascuna, opera necessaria ad architetti et a quelli che di tale studio si dilettono, 1607 reperito sul motore di ricerca gallica www.gallica.bnf.fr

3.2.3 Opifici presenti nella valle Maira divisione in base alla destinazione d'uso

Mulini per macinare:

I mulini per la macinazione possono essere considerate le prime macchine ad azionamento ad acqua, essi servivano per la polverizzazione e frantumazione dei cereali quali grano, mais, orzo e sorgo. Questa operazione, come spiegato in precedenza, era possibile grazie all'acqua come carburante per fornire la potenza meccanica, ma la lavorazione vera e propria era fornita dalle macine in pietra. Le più antiche erano composte da due blocchi in pietra posti uno sopra all'altro dei quali uno era fisso e l'altro mobile. Quindi uno scorreva sopra l'altro frantumando il chicco e ricavando così la polvere che veniva raccolta e stoccata dal mugnaio. Data la sua natura di polverizzatore la macina doveva essere composta da materiale estremamente duro come le pietre in porfido, granito, arenaria ecc. Il loro trasporto in epoca medievale avveniva tramite chiatte lungo i fiumi e le principali vie di comunicazione come la maggior parte delle merci in quel periodo. La realizzazione delle macine era compito di artigiani specializzati: i Molari. Queste figure abbozzavano le macine conferendone la forma a disco e la scanalatura, mentre per gli aggiustamenti ed il loro posizionamento in sede interveniva il mugnaio. La struttura della macina è composta da due parti: una macina superiore attiva, ed una inferiore o dormiente. In antichità la macina era costituita da un unico blocco lapideo, successivamente col progredire della tecnica si ottennero macine saldate da più blocchi di pietra con cerchiature a caldo sigillate con il cemento. Per alcuni casi il cuore della macina è costituito da pietre meno dure e adatte alla prima rottura del chicco, mentre all'estremità sono collocate pietre con una durezza maggiore per la sua polverizzazione. La superficie interna, dunque quella a contatto con il chicco, presenta delle scanalature le quali erano utili in quanto permettevano una maggior entrata dei chicchi all'interno della macina, una maggior rottura e, grazie alla forza centrifuga, all'espulsione del lavorato: la farina.

La macina dormiente è la più antica delle due; siccome la superiore è l'unica a compiere un moto si usura più rapidamente e quando non ha più lo spessore desiderato si sposta al di sotto quindi

diventa dormiente; al suo posto si inserisce una nuova macina.

“Durano dai 35 a 40 anni e dopo che hanno girato a lungo tempo e quando, il loro spessore si è considerevolmente diminuito si tagliano di nuovo per dare alla loro superficie una figura opposta a quella che avevano onde a farle servire ancora per anni”⁹⁹.

Cadolini nella sua opera “Architettura pratica dei mulini” descrive con chiarezza la struttura di un mulino.

“Le macine sono disposte così: la macina dormiente od il fondo è adagiata sul tavolato del ponte (..) è vi è fissata fermamente coll'intelaiatura. Il palo che si eleva attraverso il foro aperto in mezzo alla predetta macina, e la sua testa è abbracciata da un collareto saldato in essa, entro cui senza poter vacillare da alcuna banda gira liberamente(...) Il palo, mobile ed a piombo, regge sulla cima la macina girante, ossia il coperchio, o mola corritoja con un traversa che la tiene imperata, e con una conveniente marra o di ferro; può quindi rotare sul fondo, ben inteso che il palo sia elevato in che la corritoja non si aggravi troppo sul fondo stesso(..)”¹⁰⁰.

Tutto il meccanismo delle macine era inserito in una cella detta di molitura, la quale era costruita in muratura oppure in legno, frontalmente era chiusa da sportelli lignei; questa cella (o scatola lignea) aveva il compito di non disperdere la farina macinata nell'ambiente sia per la pericolosità infiammabile, sia per non sprecare il prodotto ottenuto dalla lavorazione.

Le macine sono collocate su di un soppalco in legno: un esempio lo ritroviamo nel Vallone di Elva nel Mulino dell' Alberg o Mulino Raina¹⁰¹. In questo mulino, la cui ruota esterna è ancora visibile, è stato ricavato un museo, visitabile su prenotazione con all'interno le macchine e gli strumenti di lavorazione cerealicola.

Nell'immagine presente all'inizio di questo paragrafo notiamo delle lettere: esse servono come didascalia nell'immagine, ad esempio la lettera “D” e la lettera “E” indicano il pignone e la lan-

⁹⁹ Ivi, p 56

¹⁰⁰ Cadolini, Giuseppe. L'architettura Pratica Dei Mulini Trattata Con Metodi Semplici Ed Elementari Desunti Dal Neumann E Dall'Eytelwein Unitovi Un Ragguaglio Sulla Teoria Delle Ruote Idrauliche, Sulla Fabbricazione Delle Ruote Metalliche, E Sui Perfezionamenti Dell'arte Di Macinare Libro Primo. Milano: Spese Dell' Editore, 1835, p 16

¹⁰¹ Chiamato così perché i proprietari erano la famiglia Raina

terna, mentre la lettera “A” indica la ruota. In alto vediamo la ramoggia con la macina scoperta; la macina esegue il vero e proprio lavoro di macinazione mentre la tramoggia serve per l'inserimento dei cereali all'interno della macina.

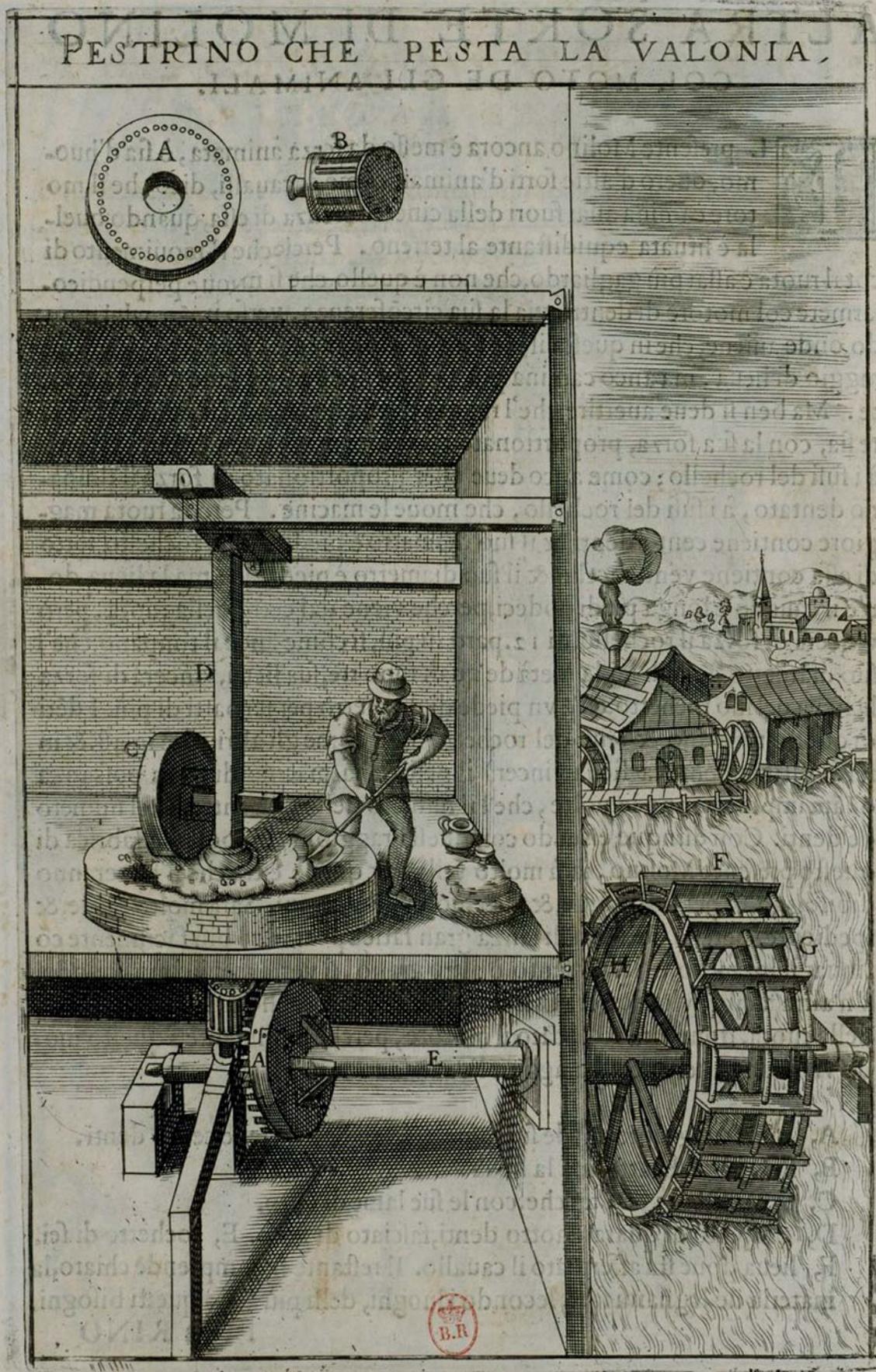
▼ Nella immagine sottostante vediamo il mulino della riviera posto a Dronero, il quale è stato recuperato e riporato alle sue antiche funzioni di macina, notiamo le tre ruote poste a diversi livelli così da non intralciarsi nella rotazione, la sua alimentazione dall'alco comprende una canalizzazione separate alla fine per portare l'acqua alle ruote sottostanti.
Fonte: www.mulinodellariviera.com



▼ Nella immagine sottostante vediamo i macchinari interni attualmente utilizzati per la fase di macinatura
fonte: www.mulinodellariviera.com



PESTRINO CHE PESTA LA VALONIA,



Obiettivi e metodologie di analisi

◀ Benché in questa immagine vediamo una pesta di valonia o vallon Vediamo lo schema del mulino per pestare o battere: la canapa, le noci le olive o la vallonea. Quest'ultima è una ghianda per ricavare il tannino per la lavorazione delle pelli.
Fonte: Vittorio, Zonca, Novo Teatro di machine et edificii per varie et sicure operationi, www.gallica.bnf.fr

Mulini per pestare, i Batou:

Altra tipologia di macine sono le: "peste da olio" e "peste da canapa", di forma simile alle macine; presentano ruote in materiale lapideo monoblocco. Quest'ultime sono posizionate non orizzontalmente ma verticalmente, sono sempre collegate all'albero di trasmissione del movimento rotativo, ma anziché girare rotolano eseguendo un movimento circolare all'interno di un piano anch'esso in pietra o legno indurito. La differenza dalle peste da canapa a quelle da olio sta nell'asta raschiatrice presente soltanto nelle seconde, la cui funzione consiste nel riposizionamento del materiale una volta schiacciato, così da ripetere la fase di schiacciamento. Quest'ultima macchina esiste ancora oggi nei frantoi che utilizzano la pietra, oviante non è più alimentata dall'acqua, ma da potenti motori elettrici; eccetto questa discrepanza con l'antico, è rimasta invariata. Anche la macina a grano in pietra è rimasta la stessa, ma con una diversa fonte energetica. Di particolare interesse è la pesta da canapa o *batou*, il quale serviva non soltanto per pestare la canapa ma veniva utilizzato anche per la pestatura delle mele per il sidro¹⁰². Questa macchina scomparve con la perdita di coltivazione della canapa ad uso tessile; a Prazzo si trova il "Museo della canapa e del lavoro femminile", il quale ha recuperato un batou con ruota ad asse orizzontale con annessa canalizzazione, situato nella borgata Rabiera a San Martino di Prazzo. Questi mulini servivano nella preparazione del tessuto a base di canapa, dopo la macerazione in acqua, si realizzavano delle trecce di sfilacciatura che successivamente venivano poste nel batou per essere pestate così da far fuoriuscire la resina. Dopo il passaggio della pesta venivano girate a mano per far pestare l'altra parte. Oltre alla canapa in queste macchine veniva pestato anche il lino¹⁰³, sempre per lo stesso motivo di realizzazione dei tessuti.

¹⁰² Testimonianza orale signor Mariano Allocco del 02/10/2020
¹⁰³ E. Dao, ELVA: un paese che era, p 223

Nelle immagini presenti in queste pagine è raffigurato il mulino Batou a scopo museale restaurato circa 10 anni fa situato nella borgata Rabiera nel comune di Prazzo, con la canalizzazione funzionante, l'edificio si sviluppa su due piani adagiandosi sul versante vallivo in prossimità del rivo di San Michele. Al piano inferiore si accede al vano contenete la ruota orizzontale.



Obiettivi e metodologie di analisi

◀ **Schema del funzionamento di una segheria ad acqua automatica.** Questa macchina permetteva sia il funzionamento della lama ma anche il movimento del tronco in avanti cosicché si segasse in maniera automatica all'operatore spettava la collocazione e trasporto del tronco. Nelle lettere "E" ed "F" è rappresentata la biella manovella. Fonte: Böckler George André, *Theatrum machinarum novum, exhibens aquarias, alatas, jumentarias, manuarias, pedibus ac ponderibus versatiles, plures et diversas molas*, 1662, ricavato dal motore di ricerca storico gallica www.gallica.bnf.fr

Segheria ad acqua:

Il taccuino di Villard De Honnecourt datato nel 1250, uno dei primi trattati di ingegneria¹⁰⁴, presenta un esempio di macchina azionata ad acqua per la lavorazione del legname; il suo funzionamento permette la conversione del moto rotatorio in moto alternato così da azionare la sega. Ciò avviene grazie ad un ingegnoso dispositivo che prende il nome di biella manovella, una manovella circolare con aggancio disposto eccentricamente rispetto all'asse centrale di rotazione, come avviene con l'albero motore di un autovettura, anche se in questo caso il moto alternato dei pistoni viene trasmesso alle bielle collegate all'albero motore che lo converte in moto rotativo.

La ruota è collegata ad una sega posta verticalmente collegata ad un albero a biella; un'ulteriore evoluzione del macchinario spinge il tronco verso la sega in maniera automatica, cosicché esso possa venire segato senza l'intervento dell'operatore. Questa ruota idraulica fu disegnata dall'ingegnere francese Villard de Honnecourt, che con un commento la descrive:

*"pa chu fait une sciore soir par se soie"*¹⁰⁵

La prima macchina era azionata da un sistema a "balestra", successivamente si è giunti al sistema "biella manovella". Inoltre, visto il posizionamento di queste strutture lungo i principali corsi d'acqua, venivano utilizzate come rete di trasporto dei tronchi; lo stesso fiume Maira era utilizzato a tale scopo ed i proprietari delle segherie avevano un orario prestabilito per ritirare i tronchi; allo scadere del tempo essi divenivano automaticamente di proprietà del turno successivo¹⁰⁶. Per il recupero dei tronchi dal fiume vi era uno speciale strumento, un arpione su un manico lungo¹⁰⁷ per agganciare i tronchi dal fiume e trasportarli a riva o nei pressi della macchina ad acqua.

In valle, intorno alla metà del settecento, erano presenti delle macchine per la lavorazione del legno, per la precisione a Strop-

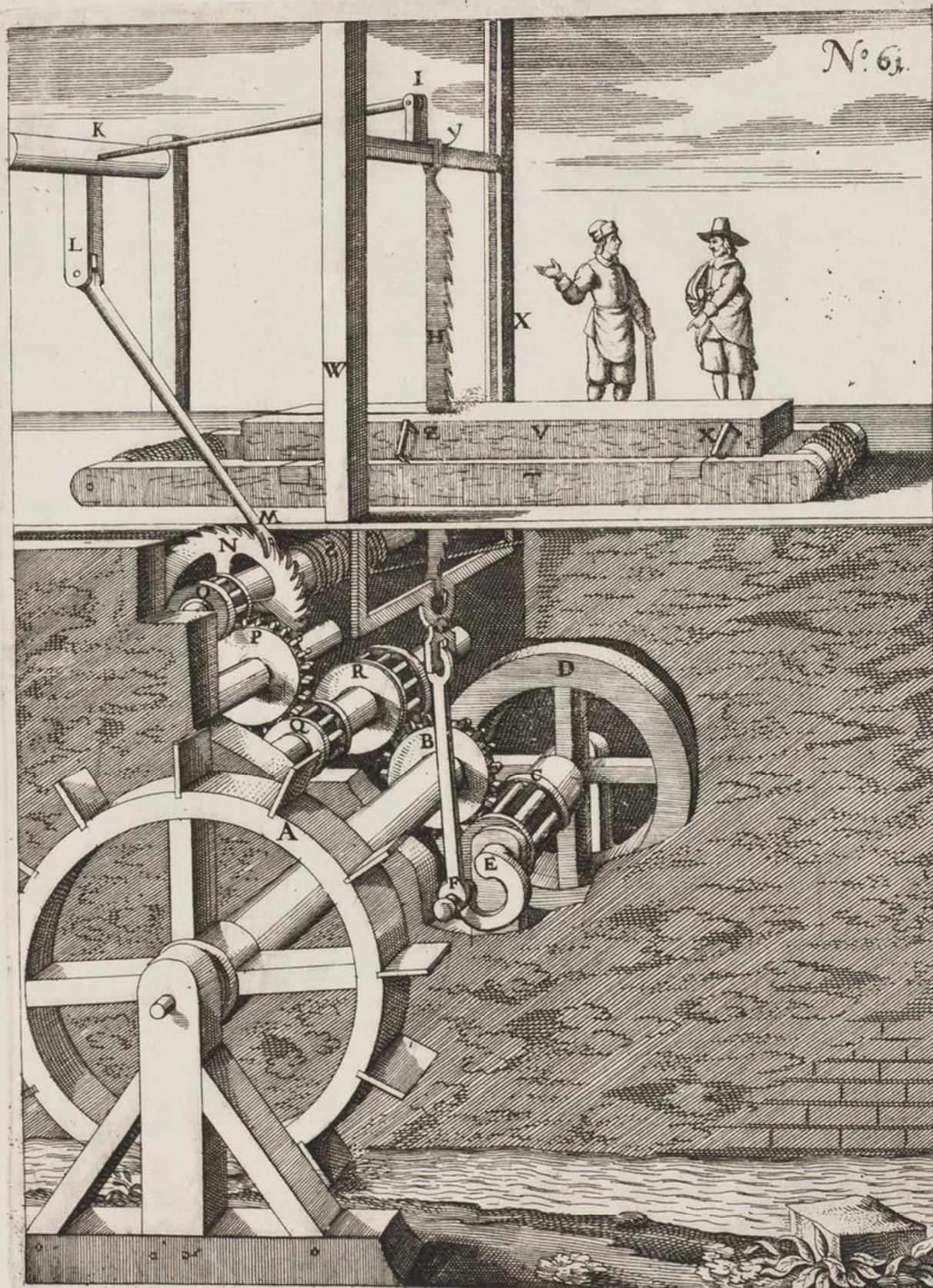
¹⁰⁴ G. Bracco, *Acque ruote e mulini a Torino*, p 22

¹⁰⁵ Ivi p 23, 24. La cui traduzione: "In questo modo si fa una sega che seghi da sola".

¹⁰⁶ Testimonianza orale signor Mariano Allocco del 02/10/2020

¹⁰⁷ L'agner strumento da lungo manico

Fonte: <http://www.bluesurferband.com/basilico/publicazioneanger/angerhome.html>



po, Prazzo e Dronero¹⁰⁸. Successivamente, sotto il dominio francese, si ottenne una più precisa documentazione con i censimenti delle attività produttive¹⁰⁹. Alla lista dei comuni precedenti se ne aggiungono due: San Damiano e Cartignano¹¹⁰, situati nella Bassa valle.



▲Segheria a Bagnolo Piemonte (CN) val'Infernotta frazione Villar, in quest'immagine vediamo una segheria ad acqua. Oggi restaurato dall'architetto Saverio Isola ed ospita lo studio dello scultore Hilario Isola.

108 R. Olivero, Macchine ad Acqua Mulini in Valle Maira, p 22
 109 Ivi p 23
 110 Ivi p 25



▲Apparato meccanico della Segheria a Bagnolo Piemonte (CN) val'Infernotta frazione Villar

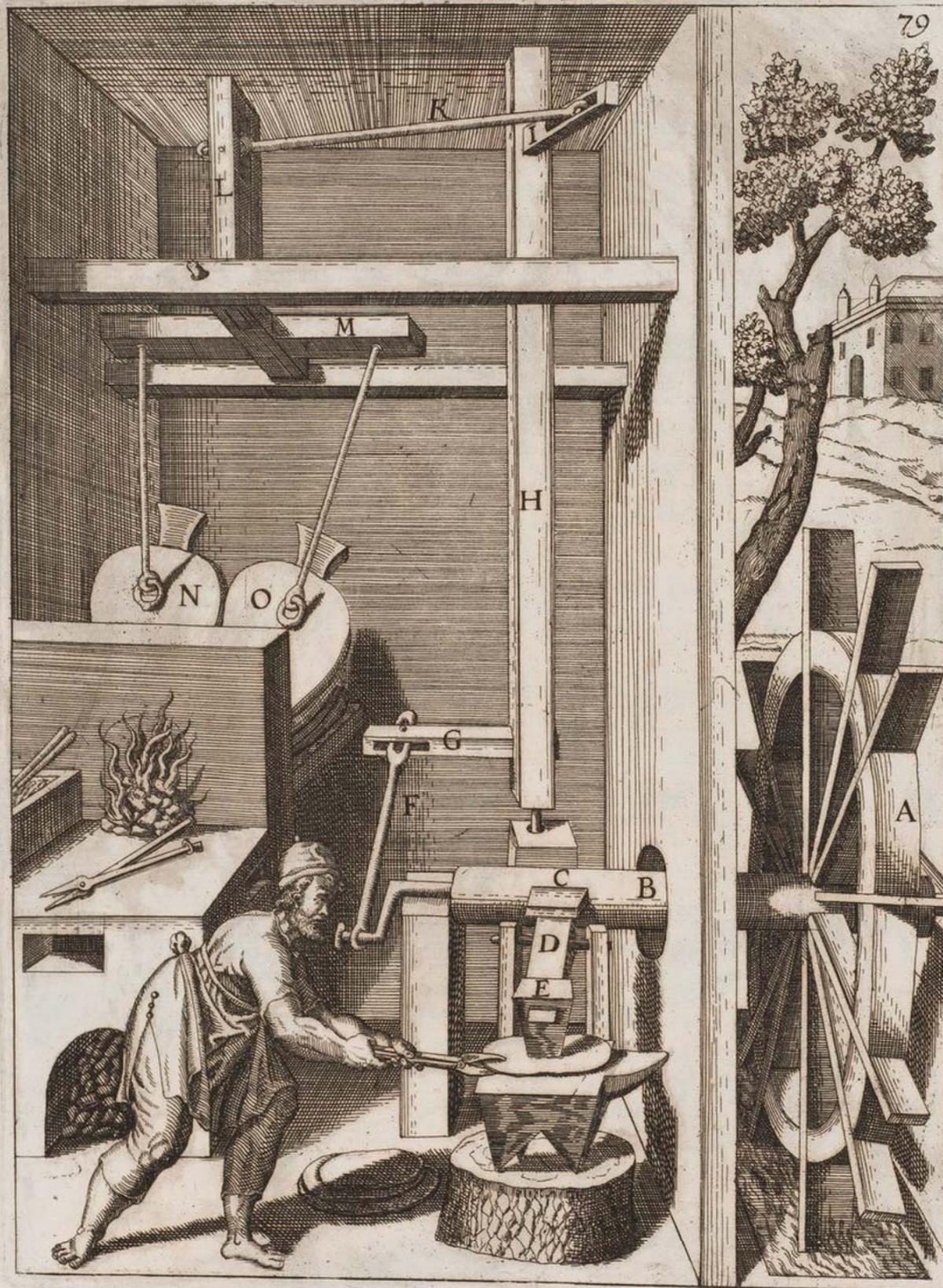


▲Segheria ad acqua di bagnolo, ha operato fino al 1989 con Tino Maurino fabbricatore di cofani mortuari, edificio seicentesco di proprietà del Barone professore architetto Aimaro Oreglia Isola proprietario del castello di Bagnolo Piemonte, anticamente veniva utilizzato per la produzione di quegli oggetti lignei a servizio del "baronato" di Bagnolo.
 Fonte: www.lastampa.it

Obiettivi e metodologie di analisi

◀ Schema di funzionamento della macchia ad acqua per la lavorazione dei metalli.

Fonte: Böckler George André, *Theatrum machinarum novum, exhibens aquarias, alatas, jumentarias, manuaris, pedibus ac ponderibus versatiles, plures et diversas molas*, 1662, ricavato dal motore di ricerca storico gallica (www.gallica.bnf.fr)



Forgia e Maglio per la lavorazione metallurgica:

Altre macchine ad acqua erano i mulini a mortai per la carta, da miniera, e utilizzati come martellatori automatici per la lavorazione dei metalli. La loro struttura era formata da un albero di trasmissione con delle sporgenze le quali sollevavano un manico alla cui estremità si trovava un elemento metallico simile al meccanismo di produzione musicale del carillon. Queste macchine servivano: come mortai nelle miniere per la polverizzazione dei minerali estratti, nelle forgie come martellatori o magli, nella lavorazione della carta come macchine per la frantumazione delle fibre vegetali, per la lavorazione della corteccia da cui si ricavava il tannino, utile nella fase di conciatura delle pelli, e nelle polveriere per la frantumazione delle sostanze minerali compositive della polvere nera¹¹¹.

L'aspetto interessante è l'impiego di questi macchinari nelle forgie: veniva sfruttato il moto oscillatorio per azionare i mantici che a loro volta alimentavano le forgie: dall'acqua, creare il fuoco...

Mentre nelle altre macchine la ruota era di dimensioni abbastanza notevoli, nei magli la ruota aveva dimensioni più ridotte. Troviamo degli esempi a Macra e altri comuni della valle Maira ma anche al di fuori, lungo tutte le altre valli del cuneese.

Alcuni esempi possono essere la fucina del Villar a Bagnolo Piemonte¹¹², il martinetto a San Michele di Prazzo, nella bogata Castiglione il mulino e martinetto di Castiglione (edificio polifunzionale maglio e macina)¹¹³, il martinetto Vallata situato a San Damiano nella borgata Vallata¹¹⁴.

¹¹¹ G. Bracco, *Acque ruote e mulini a Torino*, p 72 a 74

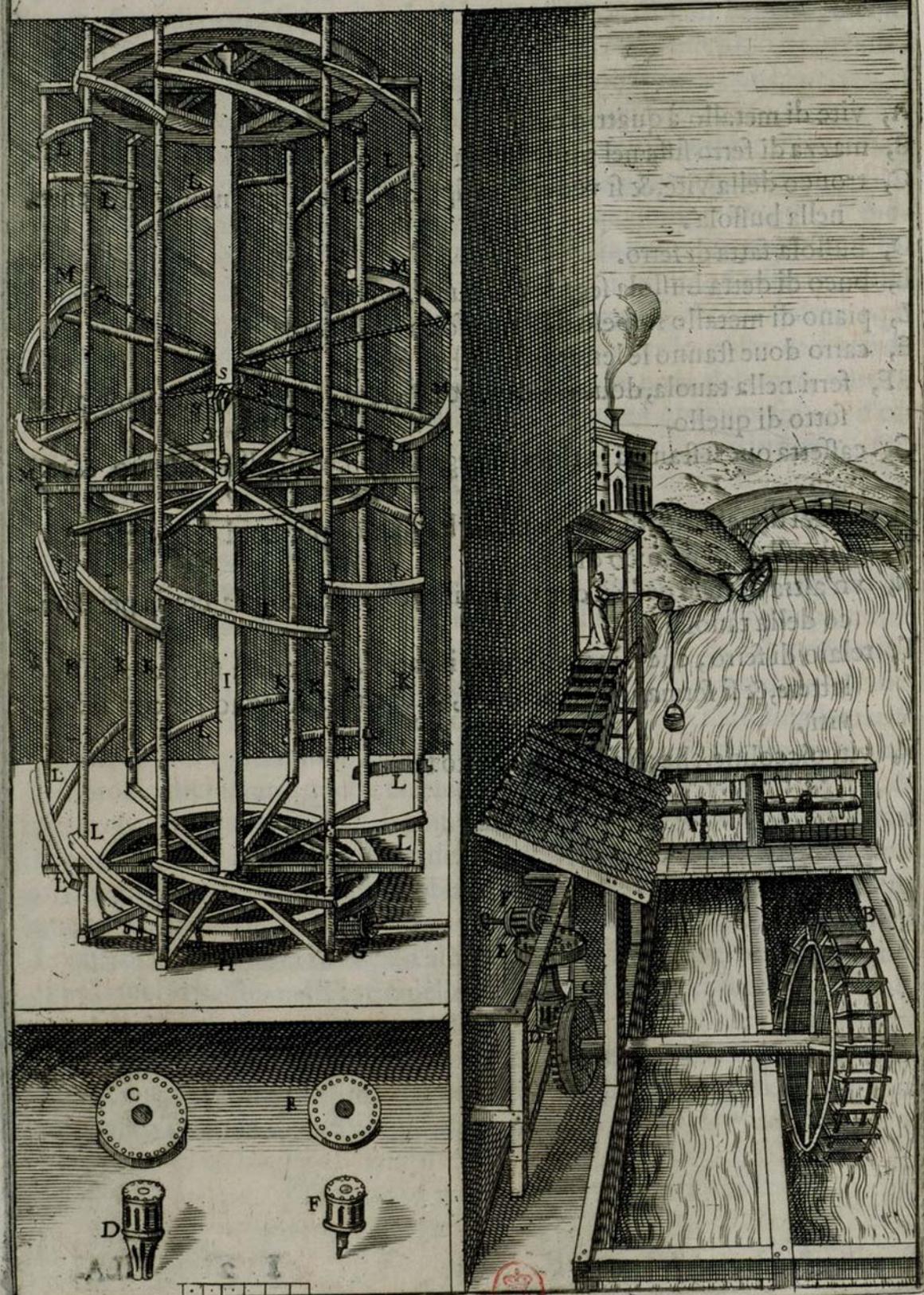
¹¹² Patrizia Chierici, *Fabbriche, opifici, testimonianze del lavoro*, Celid, 2004, p163

¹¹³ R. Olivero, *Macchine ad acqua mulini in Valle Maira*, p 68 -

69

¹¹⁴ Ivi p 82 - 83

FILATOIO DA AQVA. I.



Obiettivi e metodologie di analisi

◀ Schema del funzionamento di un filatoio ad acqua, la parte più importante è l'orditoio capace di filare e arrotolare il filato per irrobustirlo.

Fonte: Böckler George André, *Theatrum machinarum novum, exhibens aquarias, alatas, jumentarias, manuaris, pedibus ac ponderibus versatiles, plures et diversas molas*, 1662, ricavato dal motore di ricerca storico gallica www.gallica.bnf.fr

Filatoi ad acqua e macchina per infeltrire i capi:

I mulini per la seta arrivarono in Piemonte nel 1272 da Bologna, e furono costruiti per la prima volta secondo l'idea inventiva di Francesco Borghesano di Barga nella Lucchesia¹¹⁵. La complessità della macchina fa sì che sia un vero e proprio orditoio, il quale accoppia per torsione più fili per produrre il cosiddetto filato che serve, grazie ai telai, per costruire i tessuti. Per la lavorazione della seta si parte dal baco; per comprenderne la lavorazione dobbiamo descrivere brevemente il ciclo vitale di questa creatura. Inizia come bruco e dopo essersi nutrito a sufficienza inizia la fase di crisalide, quindi ricopre il corpo con un unico filo, creando così il bozzolo per la trasformazione in falena. Quando la crisalide termina la trasmutazione, l'insetto per poter uscire dal bozzolo secerne una sostanza che distrugge il bozzolo stesso. Per questo motivo gli allevatori uccidono la crisalide. Questa prima fase nei filatoi è di competenza degli operai che uccidono l'insetto tramite l'immersione in acqua bollente. Successivamente il bozzolo viene srotolato e avvolto su bobine le quali vengono sistemate sulla macchina filatrice¹¹⁶. Nelle macchine antiche, era possibile variare la torcitura sostituendo degli elementi detti stelle nella macchina stessa. Questi filatoi rappresentano uno dei primi strumenti di produzione industriale.

Le macchine con dimensioni minori potevano essere azionate a mano¹¹⁷. Questa macchina non filava solo la seta ma tutte le fibre tessili (seta, lino, canapa...).

Un altro strumento azionato dalle ruote era il *paratoium*, nome latino di una macchina di epoca medievale che serviva ad infeltrire i panni di lana battendoli in modo alternato in vasche piene d'acqua. In principio il martello era azionato da un albero eccentrico, in seguito la sua evoluzione si spostò dalla orizzontalità alla verticalità ed infine la macchina assunse la forma di un pendolo.

"(..)Il martello in questo caso è oscillante attorno ad un perno, da cui pende, ed attorno al quale ruota mosso da un sistema di eccentrici. Il profilo inferiore della slitta, il quale viene a contatto con i panni, è a scalini e agisce sui tessuti sia per compressione,

¹¹⁵ G. Bracco, *Acque ruote e mulini a Torino*, p 14

¹¹⁶ Prezzi salute www.prezzisalute.com. Consultato il 06-09-

2020

¹¹⁷

G. Bracco, *Acque ruote e mulini a Torino* p 65

◀ Schema di funzionamento della macchia ad acqua per infeltrie i drappi i mulini paratoi o folloni.

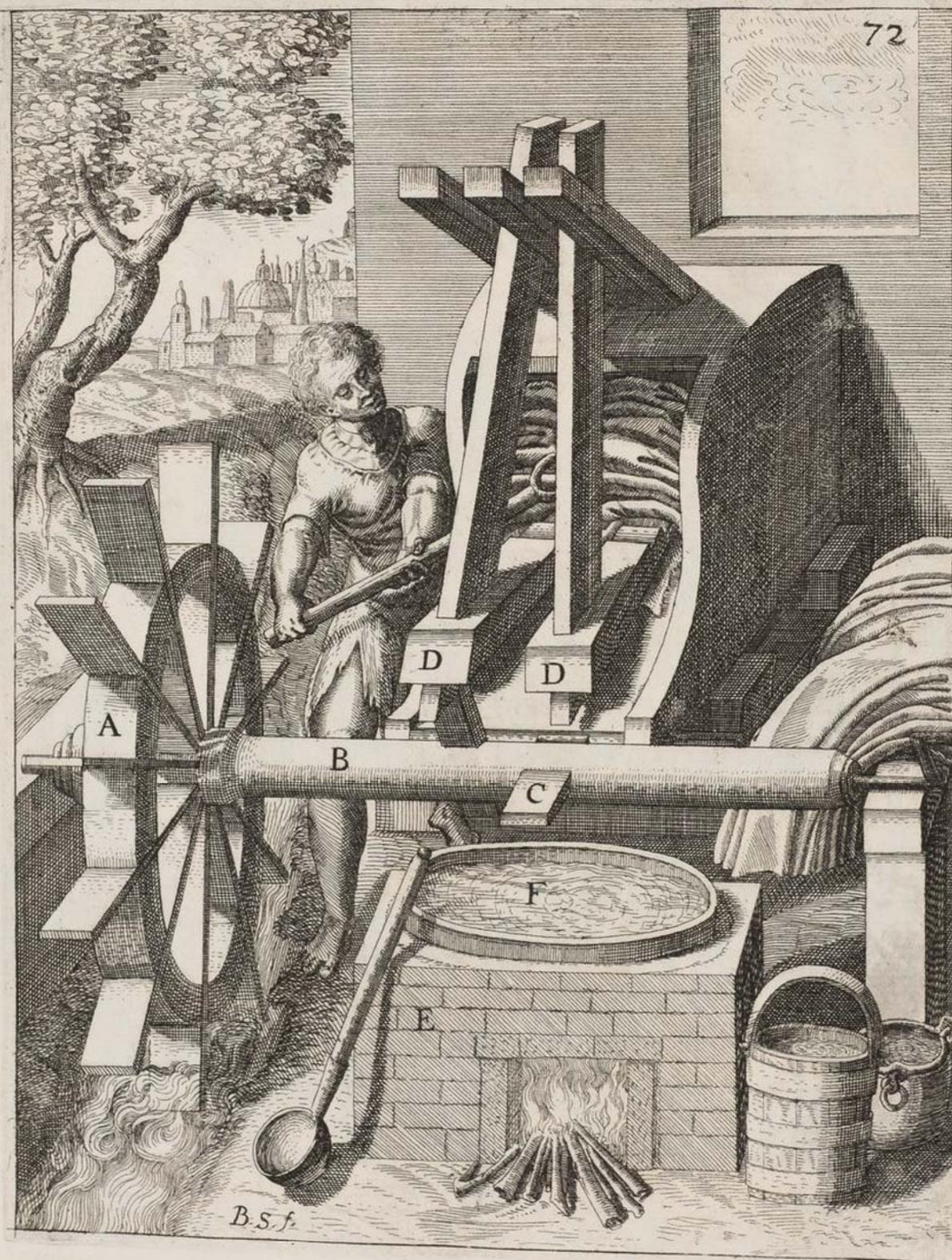
Fonte: Vittorio, Zonca, *Novo Teatro di machine et edificii per varie et sicure operationi*, (www.gallica.bnf.fr)

*sia con l'azione di stiramento*¹¹⁸.

A Macra, presso il letto della "Bealera Marchisa", si formò un centro industriale nel 1783 con filatoio da seta¹¹⁹.

Il più vicino, ma esterno alla valle Maira, è il filatoio di Caraglio, oggi utilizzato come Museo della filatura.

In questo capitolo abbiamo accennato a come le ruote idrauliche potevano essere utilizzate dall'uomo per compiere fatiche e lavori; ovviamente non vi è una lista completa di tutte le macchine che potevano usare la forza dell'acqua come forma di energia. Le macchine idrauliche si differenziavano per la loro tipologia e dimensione; a volte era possibile che all'interno dello stesso edificio si potessero svolgere più funzioni: ad esempio nel mulino di Macra il maglio per le forge e la macina erano posizionati in due locali separati ma all'interno dello stesso. La differenza maggiore rispetto alle grandi paleoindustrie di pianura consiste nel fatto che gli edifici di montagna sono più diradati sul territorio e di dimensioni contenute, per cui le grandi macchine ad acqua come i filatoi venivano costruite dove ciò era possibile. Nella borgata di Molini Allioni, benché fosse una delle borgate più produttive del vallone di Elva, non troviamo questi macchinari a causa della costruzione eccissivamente impegnativa e dell'occupazione di grandi risorse e materiali; inoltre per giustificare la costruzione di una macchina filatrice ad acqua erano necessarie grandi produzioni di filato, ed in alta montagna i quantitativi non erano così elevati in quanto si cercava di sfruttare al meglio il territorio per l'auto sostentamento, pertanto, come vedremo nel paragrafo successivo, nel Vallone non erano presenti molte paleoindustrie.



¹¹⁸ Ivi p 68

¹¹⁹ Rinaldo Comba, *Mulini da Grano nel Piemonte medievale società per gli studi storici della provincia di Cuneo, società per gli studio storici archeologici ed artistici della provincia di Cuneo, 1993, p 95*

▼ In queste due immagini vediamo il filatoio di Caraglio, oggi ospita la fondazione del Filatoio Rosso che si impegna alla sua valorizzazione e recupero, cedendolo al comune di Caraglio in comodato. In alto la parte interna del filatoio in basso l'esterno
Fonte: (www.filatoiocaraglio.it) consultato il 12/11/2020



3.3.1 Il vallone di Elva, analisi produttiva delle borgate:

Il comune di Elva, così come i 12 comuni della valle Maira Superiore, presenta delle particolarità interessanti. Queste riguardano la disposizione urbana sul territorio: troviamo infatti ben 30 borgate, sparse su una superficie di 2.617,99 ha. Le borgate sono: Serre, Martini, Baudini, Villar, Reynaud, Clari, Dao, Rossenchie, Grangette, Grange Garneri, Grange Laurenti, Grange Viviani, Castes, Chiosso Superiore, Chiosso di mezzo, Chiosso Inferiore, Baletti, Molini Allioni, Molini Abelli, Molini Giordana (scomparsa), Brione, Lischia, Morelli, Goria Abelli, Goria Superiore, Goria di Mezzo, Goria Ugo, Isaia, Mattalia e Comba; l'ultima composta da un solo edificio.

Il termine borgata, come già accennato, fa riferimento ad un piccolo insediamento rurale costituito da pochi edifici¹²⁰. All'interno della borgata, che se di dimensioni maggiori possiamo definire villaggio (ad esempio la borgata Serre ad Elva), possiamo trovare scuole, luoghi di culto, luoghi per seppellire i propri cari, luoghi per acquistare, per curare ed edifici produttivi, tutta una serie di servizi adibiti alla abitazione permanente¹²¹. Gli edifici produttivi inerenti alla borgata sono: forni da calce, paleo-industrie, stalle, fienili, essiccatoi per le castagne e forni per cucinare.

- Forni per cucinare: costituito da un unico piccolo edificio su un piano comprende una zona dove raccogliere le fascine per l'accensione del forno e la camera di cottura di forma circolare con la volta a tronco di sfera. Può a volte essere inglobato in un edificio su un muro perimetrale. Si accendeva poche volte al mese e veniva utilizzato a turno dagli abitanti della borgata generalmente per la cottura del pane.
- Forni da calce: oggetti cilindrici semi-interrati, servivano per la cottura della calce affinché potesse essere utilizzata in loco per l'edilizia. La forma geometrica è simile a quella di un tronco di cono, con il restringimento verso la parte sommitale e con a lato un'apertura dove si poteva accedere al focolare. Il pietrame di calce più grosso serviva a formare una cupola, mentre le parti più minute venivano poste al di sopra della

¹²⁰ Voce "borgata" in *Enciclopedia Treccani*, 2008.

Fonte: *Enciclopedia Treccani* <https://www.treccani.it>

¹²¹ Luigi Dematteis, *Case Contadine nella Valli Occitane in Itali, priuli & Verlucca*, 2000, p 28

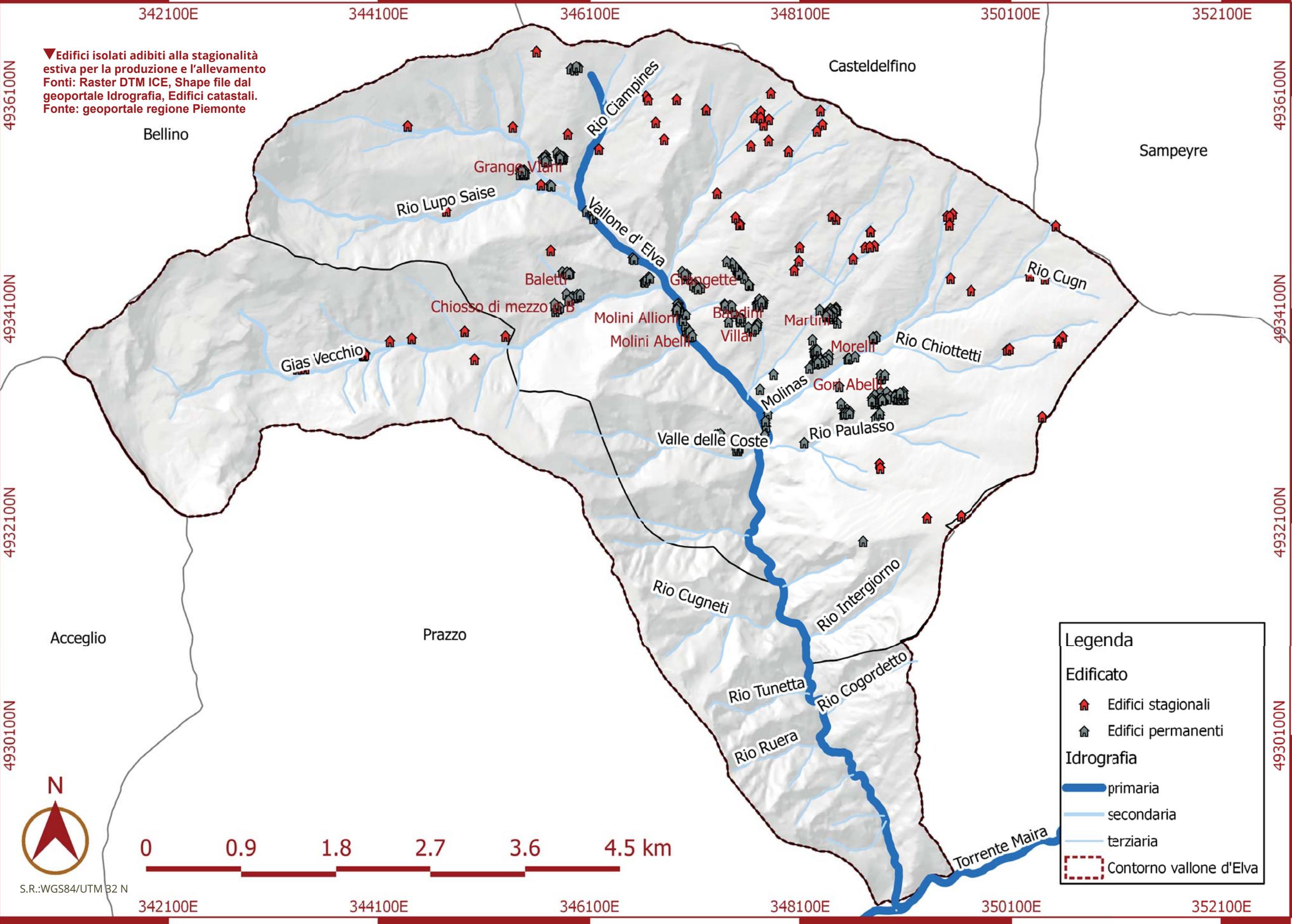
cupola stessa, e al di sotto si accendeva il fuoco. La cottura poteva durare ininterrottamente per alcuni giorni¹²².

- Stalle: le stalle erano il cuore pulsante della borgata, offrivano riparo durante i mesi più rigidi e davano ricovero ad animali e persone. Generalmente sono poste ai piani inferiori, come ad esempio nella borgata di Molini Allioni, Molini Abelli, Chiosso superiore ecc. Questi locali possono essere voltati: in alta montagna abbiamo una volta in pietra mentre in pianura l'apparecchiatura laterizia è quasi sempre a lisca di pesce; nei locali più antichi il solaio poteva essere ligneo, come ad esempio in un edificio situato a Lischia ad Elva. Questi luoghi hanno al loro interno delle canalizzazioni per l'eliminazione delle deiezioni degli animali e vi è la presenza di mangiatoie lignee. All'interno di questo locale lo spazio era ben definito per bovini, vitelli, muli e maiali, mentre le pecore erano ricoverate in una stalla separata. La parte occupata dagli uomini era generalmente pavimentata con un selciato, mentre la parte inerente agli animali era in terra battuta. Il solaio poteva contenere un foro dove controllare gli animali dal piano superiore, che veniva tappato con stracci¹²³.
- Fienili: a queste strutture poste all'ultimo piano dell'edificio si accedeva grazie all'orografia del terreno con rampe di accesso in muratura oppure lignee, vi sono esempi a Chiosso superiore nella via maestra della borgata: questi locali dove il tetto è in legno e ricoperto da lose in pietra, sovrastavano per dimensione l'intero edificio, occupandone tutta la superficie dell'ultimo piano. In Alta Valle questi locali erano interamente rivestiti da muratura lapidea mentre scendendo a quote più basse, verso la Media Valle, una parete, generalmente quella del timpano di facciata, era rivestita con intrecci di rami di nocciolo che permettevano il ricircolo dell'aria. Nella Bassa Valle la parete generalmente era lasciata aperta su un lato, oppure il fienile era direttamente separato dal resto dell'abitazione, in un edificio a parte. A Stroppo il fienile era chiuso da un assito simili al "block bau" tedesco e aveva come sostegno le colonne rotonde. Nella zona di Prazzo si notano soppalchi nei sottotetti per il fieno appoggiati su pilastri. Quest'accostamento di materiali diversi, legno e pietra, fornisce la bicromia

¹²² Luigi Massimo, *L'architettura della valle Maira, Il drago*, 1993, pp 71

¹²³ Ivi pp 66

▼ Edifici isolati adibiti alla stagionalità estiva per la produzione e l'allevamento
Fonti: Raster DTM ICE, Shape file dal geoportale Idrografia, Edifici catastali.
Fonte: geoportale regione Piemonte



342100E 344100E 346100E 348100E 350100E 352100E

4936100N
4934100N
4932100N
4930100N

Bellino Sampeyre

Acceglio Prazzo

342100E 344100E 346100E 348100E 350100E 352100E



0 0.9 1.8 2.7 3.6 4.5 km

Legenda

Edificato

- Edifici stagionali
- Edifici permanenti

Idrografia

- primaria
- secondaria
- terziaria
- Contorno vallone d'Elva

S.R.:WGS84/UTM B2 N

tipica delle borgate della valle¹²⁴. Nelle altre valli, come l'alta Val Varaita, gli edifici erano interamente in pietra per cui non vi era questa bicromia, così come nell'alta val Germanasca nella borgata posta a 1800 "Buod du col" anche qui troviamo edifici interamente di materiale lapideo.

- Essiccatoio: dove crescevano i castagni nelle borgate possiamo trovare l'essiccatoio, ad esempio nella borgata "Balma Boves" posta all'imbocco della valle Po, ad una quota altimetrica di 600-700 m slm. L'essiccatoio era formato da un edificio separato su due livelli: al piano terra si accendeva un piccolo fuoco mentre il solaio del secondo piano era formato dall'intreccio di rami di castagno, larice oppure rari casi di abete. La peculiarità di questa borgata è il riparo dovuto alle rocce, per cui non era necessaria la copertura, infatti l'edificio dell'essiccatoio presenta una copertura a metà, in modo tale che i fumi avessero ampia via d'uscita. Ritornando alla valle Maira, nelle borgate poste a quote più basse l'essiccatoio era separato e generalmente, come nel caso di Cartignano - frazione di Chiaudieres, il forno era inserito all'interno dell'edificio adibito all'essiccazione delle castagne. Tale coltivazione si aggirava sui 500-800 m slm. A volte nelle abitazioni si vedono grandi camini con le cappe contenenti griglie di rami intrecciati: trattasi di piccoli essiccatoi domestici.¹²⁵ Nella borgata di Molini, vista la quota altimetrica gli edifici adibiti a essiccatoi non sono presenti, l'accesso agli edifici è stato difficoltoso o totalmente assente, per cui non sappiamo con certezza se al loro interno possano trovarsi essiccatoi domestici.

Oltre ad edifici situati nelle borgate, vi sono quelle abitazioni stagionali poste a quote più elevate, edifici isolati di dimensioni modeste che servivano come ricovero. Queste "seconde case" servivano come avamposto per lo sfruttamento dei campi coltivati in quota, e per portare al pascolo il bestiame, affinché si potessero utilizzare gli stallatici prodotti per la fertilizzazione del terreno. Questo sistema permetteva uno sfruttamento migliore del terreno da coltivare, senza consumare le zone adibite alla fienagione per gli animali. A volte questi edifici venivano accompagnati da strutture per lo stoccaggio del fieno, separati o in continuità con l'abitazione.¹²⁶ Nel vallone vi sono molteplici esempi di queste

124 Ivi pp 66

125 Ivi pp 71

126 Luigi Dematteis, *Blins l'abitare di una comunità delle Alpi*

strutture che costeggiano la zona più in quota, in prossimità del confine con la valle Varaita, nel territorio esposto a sud.

Benché, come visto in precedenza, gli usi delle macchine ad acqua erano molteplici, la loro disposizione interna ha caratteristiche simili. L'interno è composto generalmente da un ampio spazio dove venivano collocati i macchinari.

La maggior parte dei mulini montani è costituita da solide mura-ture per sopportare al meglio le vibrazioni cicliche dei macchinari¹²⁷; esse sono generalmente addossate su un pendio per proteggere l'edificio dalle piene dei torrenti¹²⁸. In ambito montano raramente si trovano paleo-industrie con ruote verticali, sia per il regime torrentizio dei corsi d'acqua, incostante e frenetico, sia per la motivazione spaziale: una grande ruota verticale non riusciva a girare in zone così inerpicate, per cui era preferita la ruota orizzontale che con poca acqua ma ad alta pressione riusciva a fare girare le macchine. L'inconveniente di ciò consisteva nel fatto che i mulini non potevano staccarsi di molto dai torrenti, infatti bastava un semplice tronco svuotato a permettere all'acqua di entrare al suo interno¹²⁹. Anche per questo motivo non vi sono grandi tracce di canalizzazioni. Queste strutture, essendo zona di ritrovo della borgata durante i giorni lavorativi, avevano un ruolo abbastanza centrale nella società, come le industrie e gli uffici ai giorni nostri. Nel caso in cui la struttura per necessità fosse posta lontano dalla borgata, in zona isolata, al suo interno si trovava anche la zona abitativa del mugnaio, infatti in alcuni mulini, oltre ai macchinari, erano presenti un camino oppure una zona adibita alla cucina; ad esempio il mulino della riviera a Drone-ro¹³⁰ ed il Martinetto Vallata a San Daminano¹³¹. D'altro canto, le strutture situate nelle zone più "centrali" delle borgate erano di dimensione più modesta e non vi erano tracce di camini, come ad esempio nel batou a Molini Allioni e nella fucina presente a Molini Abelli, entrambe nel comune di Elva oppure ancora nel mulino a Chiappera¹³². L'assenza del camino però non giustifica la mancanza della zona di cottura; come testimoniato dal libro di Luigi Massimo "l'Architettura della valle Maira", negli edifici primitivi o

Ocitanea, priuli & Verlucca, 1993, p 50

127 E. Genre, *chi va al mulino... acque mulini e mugnai delle valli piemontesi*, p 23

128 Ivi pp 29

129 Ibidem

130 R. Olivero, *Macchine ad Acqua Mulini in Valle Maira*, p 84

131 Ivi, p 82

132 Ivi p 60

più poveri la cappa con annesso camino non c'era per cui la zona adibita a cucina era semplicemente un pietra contro ad un muro, sovrastata da una catena dove si appendeva il paiolo per cuocere le vivande. Il fumo prodotto passando dalle lose della copertura o attraverso una piccola finestra laterale usciva all'esterno¹³³.

Per quanto riguarda l'architettura, non vi sono differenze rispetto a quella tradizionale di residenza autoctona, i materiali erano quelli reperibili in loco, ovvero pietrame e legno, soltanto le "lose" arrivavano da specifici siti, come ad esempio il "nais" da me mappato numero 18 (N18) in questo caso era stato ricavato un "nais" da una vecchia cava di "lose".

Nel vallone di Elva non vi era la presenza di segherie alimentate ad acqua e neppure la presenza di filatoi: questi due lavori venivano svolti manualmente.

L'economia era basata principalmente sulla lavorazione dei metalli e sulla coltivazione cerealicola, inoltre gli uomini elvesi, nel periodo di ottobre - novembre dopo lo spegnimento dei forni e terminati i lavori in campagna partivano per la raccolta dei capelli, lasciando le donne a badare agli anziani, ai bambini ed al bestiame. Avrebbero fatto ritorno in paese in primavera, verso aprile-maggio. Questo lavoro (definito dei *caviè*) consisteva nell'acquistare i capelli femminili, pulirli e rivenderli per la creazione di parrucchesoprattutto in Francia e richiedeva lo spostamento sino al Veneto, a volte fino all'Appennino Toscano. Tentarono di andare in meridione per i capelli più scuri, ma il loro spessore ne limitava la lavorazione¹³⁴. Il lavoro dei *caviè* è scomparso dalla rosa dei lavori, in quanto le parrucche odierne utilizzano capelli artificiali e capelli umani provenienti dall'India ricavandoli dai templi indù¹³⁵.

Un altro mestiere praticato ad Elva era quello dell'acciugaio, figura più caratteristica di Celle Macra: si partiva in tarda estate, dopo la semina del grano, si andava sino in Liguria per l'approvvigionamento delle acciughe sotto sale che venivano rivendute in tutto il Piemonte, la Lombardia, il Veneto e l'Emilia Romagna¹³⁶.

Ritornando al discorso delle paleoindustrie, è doveroso segnalare che vi era un'alta concentrazione di macchine ad acqua nelle

¹³³ L. Massimo, *L'architettura della valle Maira, Il drago*, 1993, pp 62

¹³⁴ *Chambra doc* www.chambradoc.it

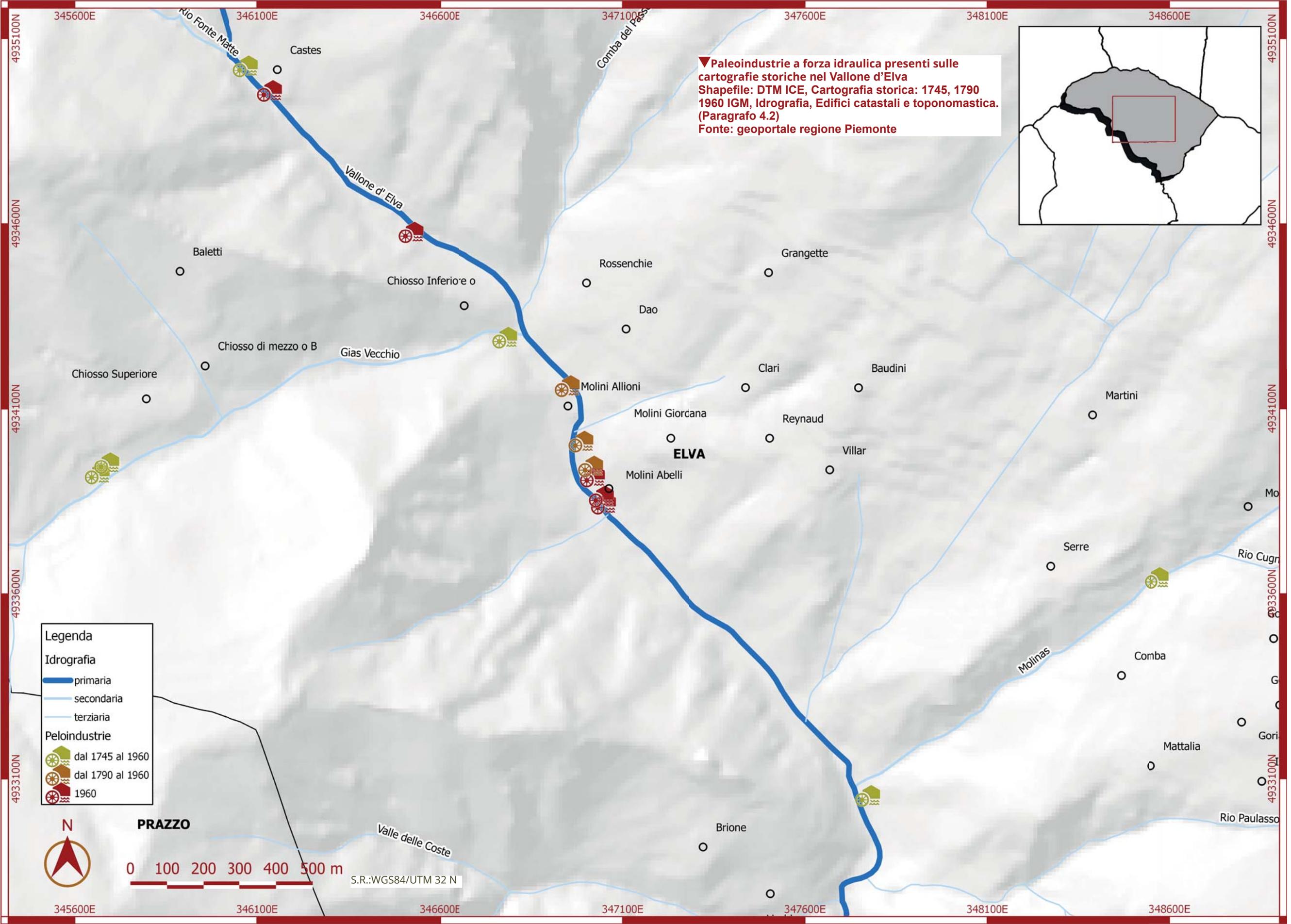
¹³⁵ Dominella Trunfio, *Ecco il segreto che si nasconde dietro le nostre extension con capelli veri*, www.greenme.it

¹³⁶ Sarah Scarparone, *Acciugai di val Maira, Paolo rosso*, www.sarahscaparon.com

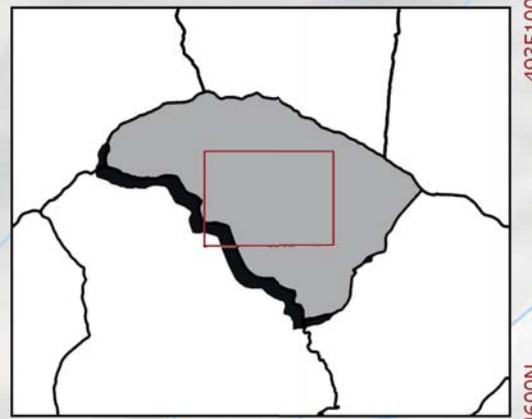
borgate di Molini Allioni, Abelli, nella scomparsa Molini Giordana, nelle borgate di Chiosso e Castels. Nelle altre borgate la loro presenza era meno marcata. Infatti, non a caso, nelle borgate che presentavano una forte zona produttiva, troviamo nella toponomastica la parola "Molini", con l'eccezione delle borgate di Chiosso e Castel. Stesso discorso vale per il fiume "Molinas" che scorre nel vallone: dal suo nome possiamo ipotizzare che questo rio alimentava i mulini della borgata principale Serre e della borgata Morelli, ipotesi appurata nella carta IGM del 1960.

Dalla mappatura delle paleoindustrie segnalate nelle carte storiche, notiamo che la maggior parte dei mulini era collocata in prossimità sul Rio Maggiore o Rio d'Elva, vista la maggiore portata di quest'ultimo.

Le mappature presenti in questo capitolo sono il risultato di Georeferenziazioni delle mappe storiche, interpolandole con i dati ricavati dal geo portale della regione Piemonte, più nello specifico si affronteranno tali temi nel capitolo 4.



▼ **Paleoindustrie a forza idraulica presenti sulle cartografie storiche nel Vallone d'Elva**
Shapefile: DTM ICE, Cartografia storica: 1745, 1790 1960 IGM, Idrografia, Edifici catastali e toponomastica. (Paragrafo 4.2)
Fonte: geoportale regione Piemonte



Legenda

Idrografia

- primaria
- secondaria
- terziaria

Peloindustrie

- dal 1745 al 1960
- dal 1790 al 1960
- 1960

PRAZZO

S.R.:WGS84/UTM 32 N

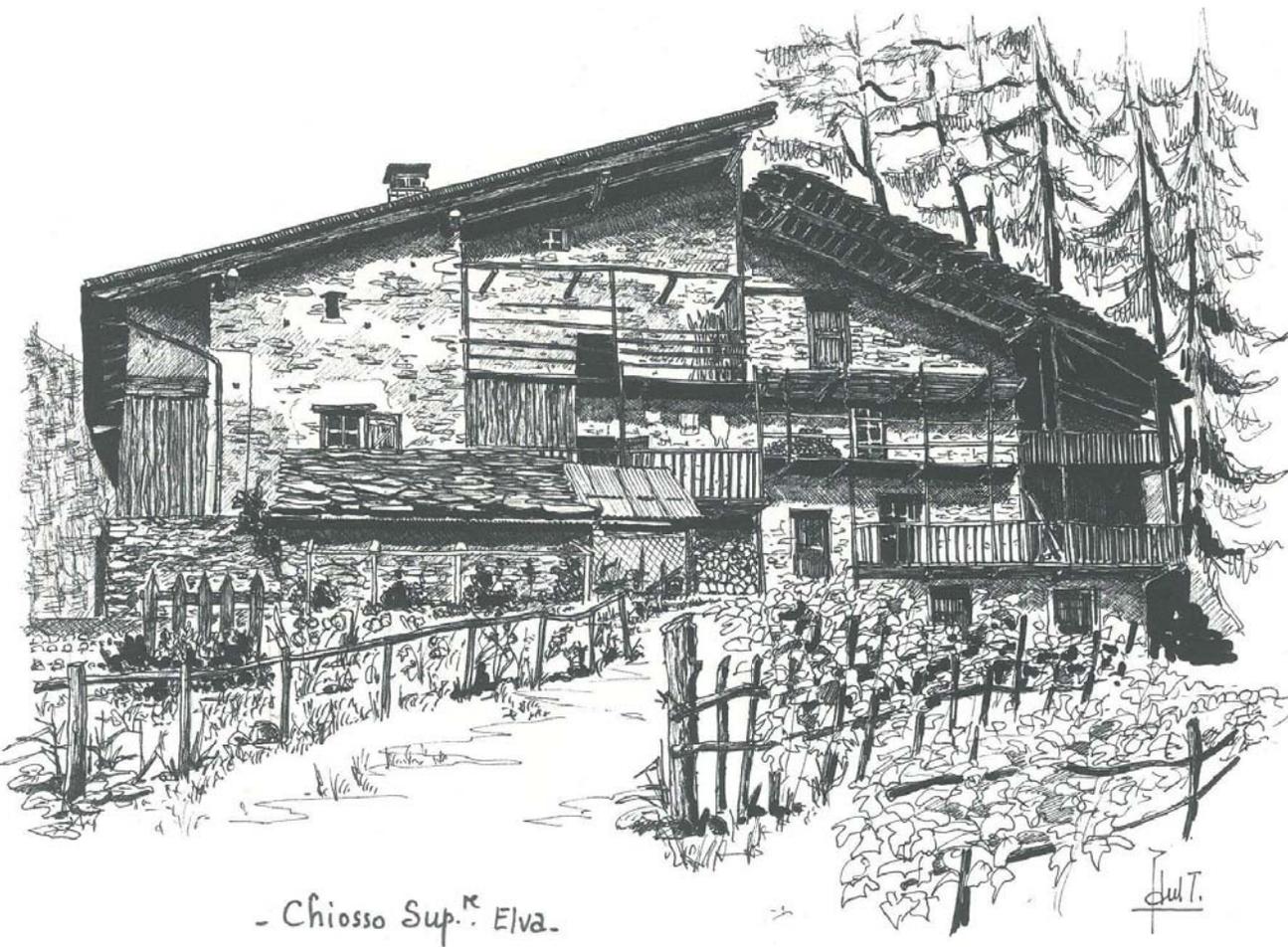
4935100N
4934600N
4934100N
4933600N
4933100N

345600E 346100E 346600E 347100E 347600E 348100E 348600E

Rio Fonte Matte
Vallone d'Elva
Comba del Pass
Rio Cugn
Rio Paulasso
Valle delle Coste

Castes
Baletti
Chiosso Superiore
Chiosso di mezzo o B
Chiosso Inferiore o
Gias Vecchio
Molini Allioni
Molini Giordana
Molini Abelli
Rossenchie
Dao
Clari
Reynaud
Villar
Baudini
Martini
Serre
Comba
Mattalia
Brione

ELVA



▲Disegni di Paul Terrematte, Edificio per metà (destra) di proprietà del signor Franco Baudino
Chiosso superiore Elva
Fonte: Paul Terrematte, p133.



NAIS E CANALI

4.1 Localizzazione dei nais e canalizzazioni mediante analisi di DTM e rilievo GPS:

Inizialmente si è pensato di utilizzare il DTM fornito dalla regione per la mappatura dei Nais, una metodo adottato da un altro progetto per ricercare i terrazzamenti¹³⁷. Disponendo della localizzazione fornita da dal GPS palmare, si è provato ad individuare se il DTM regionale avesse risoluzione sufficiente per individuare i nais. Il risultato è il rilievo di un solo Nais confermato dall'ortofoto e successivamente in loco. Con questa metodologia sono stati rilevati solo quei Nais con un diametro superiore ai 10 metri. Per la ricerca con questa metodologia servirebbe una DTM con passo minore ai 5 metri, per cui si è optato per il rilievo diretto in loco.

Il sistema utilizzato per i primi tre "nais" è di tipo *low cost* e consiste nell'utilizzo del proprio smartphone; a causa dell'imprecisione dovuta all'impossibilità di disporre di una rete Internet stabile e di un sistema di posizione globale approssimativo, nei casi ottimali si otteneva un valore di errore intorno ai 6-7 m, mentre nelle situazioni sfavorevoli dovuti alla vegetazione il range si aggirava intorno ai 10-15m, ho scelto di rimappare con un sistema più preciso tramite l'utilizzo del palmare adibito a tale funzione.

Il GNSS GPSMAP 64S della Garmin¹³⁸ che salva le tracce in formato GPX¹³⁹, fornitomi dal laboratorio di geomatica, tale sistema si è dimostrato efficace in situazioni analoghe: per la mappatura della *Strada dei Cannoni* e per la mappatura del tracciato effettuata dal Team Direct nelle cinque terre, ambito marino collinare¹⁴⁰. Questo dispositivo mi ha permesso una mappatura dei "Nais" e delle canalizzazioni inerenti a questo sistema.

Il rilievo è stato suddiviso in tre parti della durata di tre ore circa ciascuna. La prima parte è stata quella più veloce: sono stati rilevati i "Nais" precedentemente mappati con il dispositivo *low*

¹³⁷ **Antonia Spanò, Spanò, Giulia Sammartano Francesca Calcagno Tunin, Sylvie Cerise, Giulia Possi, GIS-based detection of terraced landscape heritage: comparative tests using regional DEMs and UAV data, 2018, p82**

¹³⁸ **P. Tarozzo, Dimenticata Genesi e oblio della Strada dei Cannoni In Val Maira, Antonia Spanò, Monica Naretto, Politecnico di Torino, aa 2019 - 2020, p 20**

¹³⁹ **Antonia Spanò, Giulia Sammartano, Mapping speditivo da sensori mobili per il controllo della conservazione dei valori paesaggistici del territorio, p 43**

¹⁴⁰ **Ivi, p 43**

cost, ed in seguito, accompagnato dalla guida locale il Sig. Franco Baudino, è stata effettuata una ricerca delle canalizzazioni che alimentavano i nais. In questi ambiti dove non vi sono più le coltivazioni ma solo pascoli, gli animali con il loro passaggio creano dei sentieri preferenziali di risalita e discesa sui versanti, e queste "piste" possono essere facilmente confuse con sentieri o canali sia da una vista aerea (le ortofoto) che da una vista in loco; inoltre necessita ricordare che questi sistemi non sono più utilizzati da parecchi anni. Grazie alla guida del signor Franco, alla sua esperienza, conoscenza del territorio ed intuito, siamo riusciti a mappare i possibili canali.

La mappatura dei "Nais" è stata più agevolata, poichè era sufficiente trovare sul terreno una traccia circolare o un avvallamento. In alcuni casi sono state trovate delle cisterne.

Con il GPS/GNSS della Garmin 64S è possibile mappare dei percorsi e punti notevoli. Terminata la campagna di rilievo, ho dato inizio alla fase di elaborazione dati. Lo strumento fornisce tracce in formato GPX, non modificabili dal sistema di QuantumGis. Benché speditivo, se si attraversano aree dove la volta celeste è sgombera, si raggiunge una precisione metrica intorno a 3-5 m. Come i sistemi GNSS, nelle zone con una forte presenza di vegetazione e in quelle aree dove la volta celeste è ostruita, la precisione diminuisce e la traccia GPX risulta compromessa e con errori maggiori di tracciamento; in quel caso bisogna eseguire un lavoro attento di pulizia dell'errore.

Ad esempio nel tracciato della "bealera Remondina" per alcuni tratti sembra che il canale curvi inspiegabilmente. In realtà la traccia seguita è del sentiero battuto dai turisti che affianca il canale, a volte il sentiero lo costeggia altre volte è il canale stesso. Ciò è dovuto a piccoli smottamenti del terreno nel corso degli anni.

Lo strumento permette di salvare i nodi che riteniamo importanti *Waypoint*, mentre in automatico registra dei punti di coordinate geografiche GPS per tracciare il percorso¹⁴¹.

Questa strumentazione portatile, dal peso irrisorio, ha permesso una buona e accurata acquisizione di dati geospaziali e un ricoprimento di territorio maggiore. A completamento dei dati si è scelto di utilizzare la macchina fotografica di proprietà *Nikon D40*, per acquisire una documentazione fotografica dei manufatti. All'interno di un progetto GIS sono state inserite le tracce GPX del

¹⁴¹ **Manuale utente Gpsmap 64 series www8.garmin.com consultati il 26-10-2020**



▲ **Strumentazione utilizzata, per la mappatura, impermeabile e resistente per le condizioni meteorologiche impervie. Il valore di mercato si aggira intorno ai 350 €, per cui un sistema anche questo "low cost" ma con precisioni migliori di uno smartphone.**

palmare e le tracce nel medesimo formato dei punti d'interesse i *Waypoint*; (essi costituivano: Nais, lavatoi e punti d'irrigazione sulla Bealera di San Michele). In un secondo tempo sono state scelte ed unite quelle tracce lineari che presentavano l'andamento della canalizzazione pulendole da eventuali errori e unificando i diversi tracciati in uno unico; quest'operazione è stata eseguita per le canalizzazioni rilevate. Per i punti d'interesse il lavoro è consistito nel cambio da formato immutabile a formato modificabile, così da realizzare uno Shape file e sono state archiviate informazioni utili nella tabella attributi in modo da essere impiegate successivamente per una possibile spazializzazione come ad esempio: il possibile utilizzo, lo stato di conservazione ed eventuali note al sistema generale di appartenenza, un dato identificativo alfanumerico, e le fotografie allo scopo di realizzare una schedatura dei Nais rilevati.

Per le canalizzazioni senza nome l'identificativo è così composto da una lettera "C" e da un numero progressivo, per i Nais è "N" ed un numero progressivo.

Al progetto GIS, sono state integrate tutte quelle informazioni inerenti, ricavate dai dataset presenti sul Geoportale della regione Piemonte, per rappresentare opportunamente i tracciati rilevati.

4.1.2 uso di ortofoto NIR e banda del visibile per l'individuazione delle canalizzazioni.

Per l'individuazione delle canalizzazioni sono state utilizzate, oltre alla mappatura storica citata in precedenza, anche le fonti reperibili dal Geoportale della regione. Tramite il servizio WMS si sono caricati dei raster non modificabili, ovvero le ortofoto in infrarosso NIR del 2010 e le ortofoto AGEA del 2018

L'ortofoto NIR è stata utile per l'individuazione di tracce una volta individuate sono state paragonate con le Ortofoto dell'AGEA con una risoluzione più alta per individuare se si trattasse di una strada, un sentiero o una canalizzazione. Di più facile rilevamento è stata la Bealera di San Michele, con questa comparazione sono state rilevate la Bealera Sutana e del Gas.

Per le parti coperte da vegetazione, che non permettevano una visuale del terreno, è stato utilizzato un ulteriore dato, le curve di livello; interpolando tutti questi dati è stato possibile stabilire il tracciato più probabile.



◀ **Ortofoto NIR in infrarossi, si nota la parte terminale delle Bealere Del Gast posizionata in prossimità della borgata di Chiosso Superiore**



◀ **Ortofoto Aegea della stessa porzione di territorio, qui la traccia visibile è molto definita e per alcuni casi assente ripetto all'immagine NIR**

4.2 Georeferenziazione Cartografia storica:

Nella fase di ricerca dei manufatti presenti sul territorio dobbiamo menzionare la cartografia storica utilizzata, sia per la mappatura dei mulini e sia per la ricerca di eventuali canalizzazioni. Le cartografie prese in esame sono la cartografia catastale del 1790, la cartografia topografica del 1745 e le tavolette in scala 1:25000 dell'IGM del 1960 già citate nel capitolo iniziale. Esse sono state utilizzate nella ricerca delle aree produttive storiche rappresentate nella mappa tematica "*Paleoindustrie a forza idraulica presenti sulle cartografie storiche*" da me realizzata; per la formulazione di tale mappa è stato utilizzato, come per le altre mappature tematiche, l'applicativo Quantum Gis, programma capace di realizzare progetti in GIS con una licenza *Open source*.

La trasposizione di queste carte in formato raster digitale e la loro georeferenziazione possono essere utilizzate per la comparazione del costruito storico (dal 1745 al 1960) con la situazione attuale.

Nella pagina a lato possiamo vedere uno stralcio delle cartografie storiche inerenti a due mulini presenti in prossimità della borgata di Chiosso. Questi due edifici sono presenti in tutte le cartografie, per cui scelti come esempio, possiamo datarli dal 1745. Oggi essi si presentano in stato di ruderi con solo il muro contro terra ed è presente solamente la traccia rettangolare sul terreno. Da queste fonti possiamo datare la storia di ogni mulino presente in queste carte, il risultato di tale lavoro lo si ha nella mappa "*Paleoindustrie a forza idraulica presenti sulle cartografie storiche*".

Queste cartografie sono state trasformate in immagini digitali (raster) ad alta risoluzione dall'Archivio di Stato e mentre le cartografie IGM sono disponibili al LLartu. il metodo per georeferenziare le carte storiche è quello di distribuire una serie di punti corrispondenti rintracciabili sulla cartografia storica e nei dataset odierni, applicando trasformazioni polinomiali.

▼ Prima cartografia storica utilizzata del 1745 "Carta topografica della parte occidentale del Piemonte dalle frontiere del Contado di Nizza sino alla Valle di Lucerna e da Cuneo e Saluzzo sino alle frontiere di Francia"



▼ Seconda cartografia storica utilizzata del 1790 "Mappa del Territorio d'Elva Provincia di Cuneo"



▼ Terza cartografia storica utilizzata del 1960 "IGM 1960 79 III NE 79 III NO 79 IV SE 79 IV SO"



4.2.1 Schedatura della cartografia storica:

In questo paragrafo sono riportate nella loro interezza le carte storiche consultate insieme allo stralcio sul vallone di Elva o sul comune di Elva, e i report della loro georeferenziazione con i punti utilizzati. Le cartografie storiche si basano su unità di misura e scale differenti.

Per le tre cartografie è stata utilizzata la tipologia di trasformazione Polinomiale 1 con un modo di ricampionamento vicino più prossimo nel sistema di riferimento "WGS84/UTM 32 N".

▼ **Carta topografica della parte occidentale del Piemonte dalle frontiere del Contado di Nizza sino alla Valle di Lucerna e da Cuneo e Saluzzo sino alle frontiere di Francia**



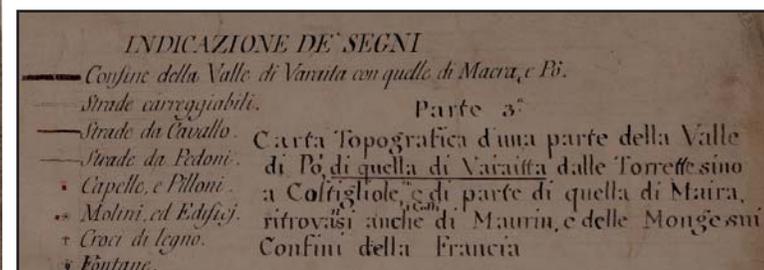
Carta topografica della parte occidentale del Piemonte dalle frontiere del Contado di Nizza sino alla Valle di Lucerna e da Cuneo e Saluzzo sino alle frontiere di Francia¹⁴²

Collocazione: ASTO, Corte, Carte topografiche e disegni, Carte topografiche per A e B, Piemonte, 20, 8

Autore: rilevazioni di Giovanni Cantù per la Valle Po, di Domenico Carello per la Valle Varaita e di Giovanni Battista Sottis per la Valle Maira.

Data: 1745-1757.

▼ **Legenda presente su questa mappa del 1745**



¹⁴² Cartografia utilizzata anche da P. Tarozzo, *Dimenticata Genesi e oblio della Strada dei Cannoni In Val Maira*, Antonia Spanò, Monica Naretto, Politecnico di Torino, aa 2019 - 2020, p 52

Questa cartografia, benché a livello territoriale, segna le Paleoindustrie, ed è utilizzata per la mappatura delle antiche zone di produzione del vallone di Elva.

Per la sua georeferenziazione ci si è concertati sull'area del vallone e sono stati utilizzati 10 punti.

La linea rossa presente sull'immagine nelle pagine seguenti è il confine attuale del vallone di Elva.

Report punti utilizzati mappatura 1745								
ID	Abilitato	X del pixel	Y del pixel	X della mappa	Y della mappa	Errori residui X (pixel)	Errori residui Y (pixel)	Errori residui Totali
0	sì	3.291	-15.139	348.176,165	4.933.552,997	8,07194	-0,260557	8,07614
1	sì	3.295	-15.142	348.182,450	4.933.564,157	8,85532	1,07547	8,92039
2	sì	3.734	-14.553	346.950,885	4.934.165,910	-5,52729	16,1467	17,0665
3	sì	3.698	-14.569	346.965,348	4.934.097,701	-5,37255	1,33066	5,53489
4	sì	3.976	-14.054	345.898,515	4.934.437,716	-9,6863	1,5349	9,80715
5	sì	4.222	-14.259	346.160,445	4.934.984,665	1,63551	-15,002	15,0909
6	sì	3.311	-15.166	348.217,821	4.933.589,522	3,07594	-2,18873	3,77518
7	sì	3.053	-15.282	348.544,207	4.933.141,823	0,113182	5,14048	5,14172
8	sì	2.959	-15.057	348.144,385	4.932.848,467	-19,6821	-4,20878	20,1271
9	sì	3.714	-13.880	345.666,184	4.933.926,202	11,1556	5,23626	12,3234
10	sì	2.959	-14.730	347.511,366	4.932.785,101	7,36072	-8,80435	11,4759



Mappa del Territorio d'Elva Provincia di Cuneo [Catasto Antico Sabaudo]¹⁴³

Collocazione: ASTO, Riunite, Catasti, Catasto sabauda, Allegato C. Mappe del catasto antico provenienti dalla Camera dei conti, Circondario di Cuneo, Mandamento di Prazzo, Elva, portafoglio 107.

Autore: Giovanni Giacomo Zoccola

Data: 1790.

Questa cartografia, copre il territorio comunale di Elva, è stata utilizzata per la mappatura delle paleoindustrie e nella ricerca delle canalizzazioni.

Per la sua georeferenziazione sono stati utilizzati molti più punti; essa è ricca di dettagli, sono stati utilizzati punti omologhi corrispondenti all'edificato, come accennato nel capitolo precedente inerente alle canalizzazioni. La mappatura è stata utile a porre fine alle liti comunali tra Elva e l'antico comune di San Michele; sul territorio sono ancor presenti i Termini posizionati come linea di confine tra i due comuni.

¹⁴³ Cartografia utilizzata anche da P. Tarozzo, *Dimenticata Genesi e oblio della Strada dei Cannoni In Val Maira*, Antonia Spanò, Monica Naretto, Politecnico di Torino, aa 2019 - 2020, p 52

► **Mappa del Territorio d'Elva Provincia di Cuneo [Catasto Antico Sabauda]**



Cartografie dell'Istituto Geografico Militare

Le cartografie IGM utilizzate per il territorio del vallone sono quattro, infatti la dicitura 79 III NE significa: foglio 79, quadrante terzo, orientamento nord est.

Collocazione: Lartu presso Politecnico di Torino

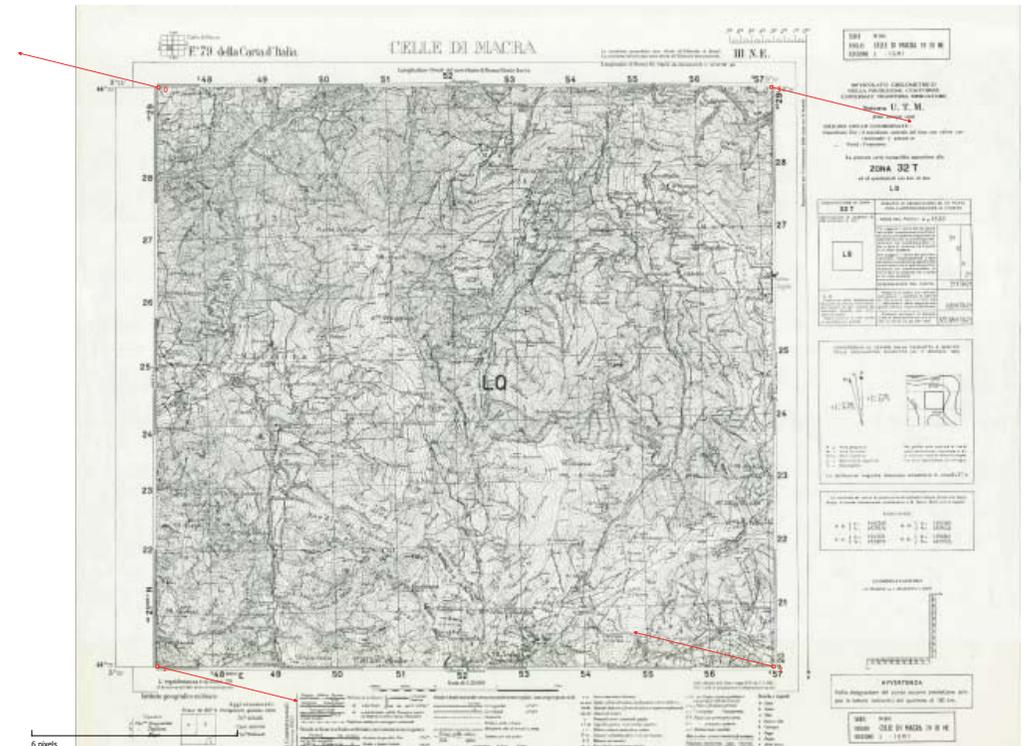
Nome: Celle Macra 79 III NE

Autore: Istituto Geografico Militare, operatori: Capitani Spegazzini, Taglioni e Mago

Data: 1960 terza edizione

Scala: 1:2500

Sistema di riferimento: Roma Monte Mario



Report punti utilizzati mappatura 79 III NE								
ID	Abilitato	X del pixel	Y del pixel	X della mappa	Y della mappa	Errore residuo X (pixel)	Errore residuo Y (pixel)	Errore residuo Totali
0	si	526	-515	1.347.249,000	4.929.274,000	-1,83E-010	2,32E-010	2,96E-010
1	si	519	-4.154	1.347.031,000	4.920.019,000	-1,71E-010	2,53E-010	3,05E-010
2	si	4.432	-4.155	1.356.981,000	4.919.793,000	-2,13E-010	2,94E-010	3,63E-010
3	si	4.418	-513	1.357.185,000	4.929.048,000	-1,84E-010	3,43E-010	3,89E-010

Collocazione: Lartu presso Politecnico di Torino

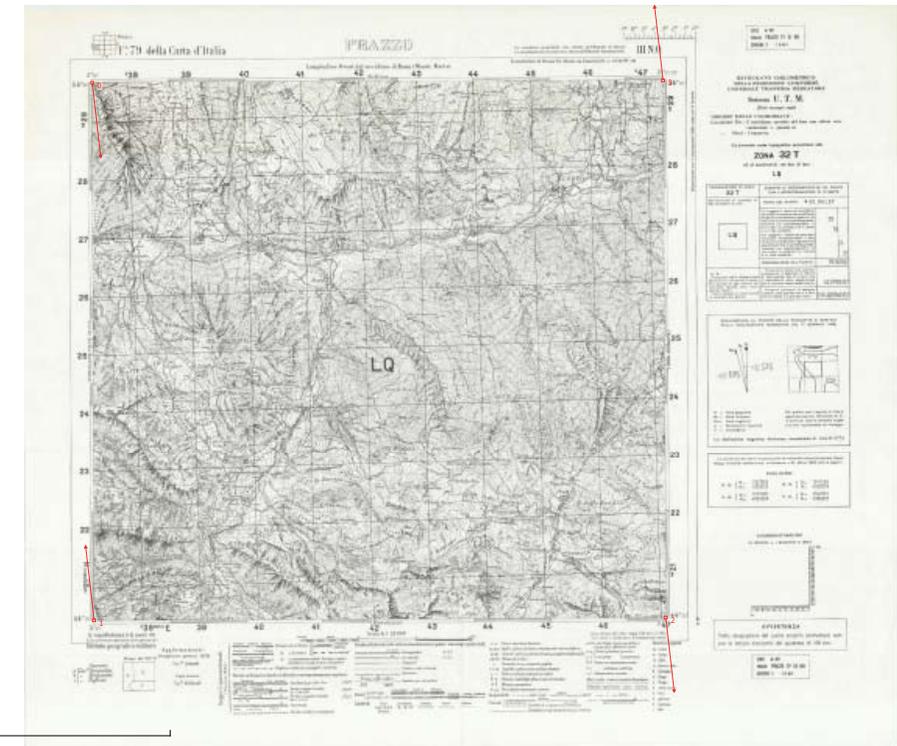
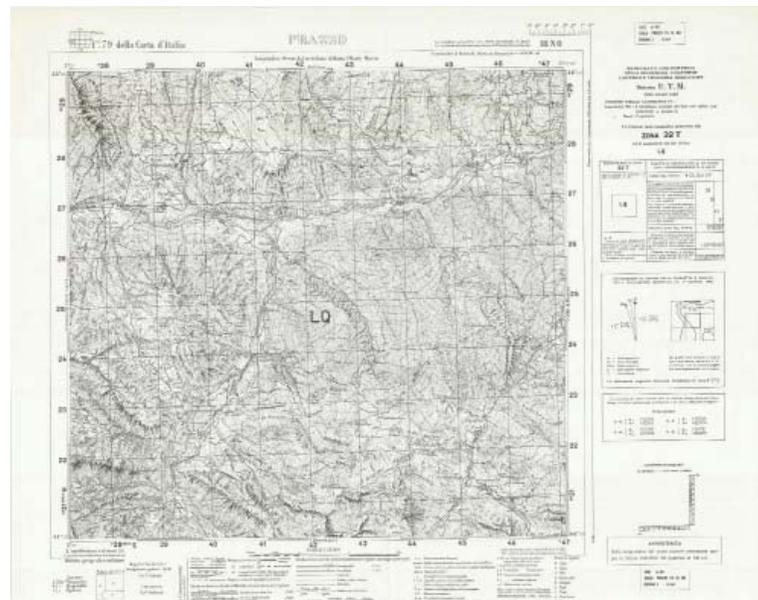
Nome: Prazzo 79 III NO

Autore: Istituto Geografico Militare, operatori: Capitani Spagnolini, Spegazzini e Tagliani.

Data: 1960 terza edizione

Scala: 1:2500

Sistema di riferimento. Roma Monte Mario



Report punti utilizzati mappatura 79 III NO

ID	Abilitato	X del pixel	Y del pixel	X della mappa	Y della mappa	Errore residuo X (pixel)	Errore residuo Y (pixel)	Errore residuo Totale
0	sì	462	-523	1.337.313,000	4.929.515,000	3,26E-011	2,46E-010	2,48E-010
1	sì	475	-4.155	1.337.081,000	4.920.260,000	-2,14E-011	2,48E-010	2,49E-010
2	sì	4.379	-4.136	1.347.031,000	4.920.019,000	3,09E-011	2,05E-010	2,07E-010
3	sì	4.360	-507	1.347.249,000	4.929.274,000	4,27E-011	2,52E-010	2,55E-010

Collocazione: Lartu presso Politecnico di Torino

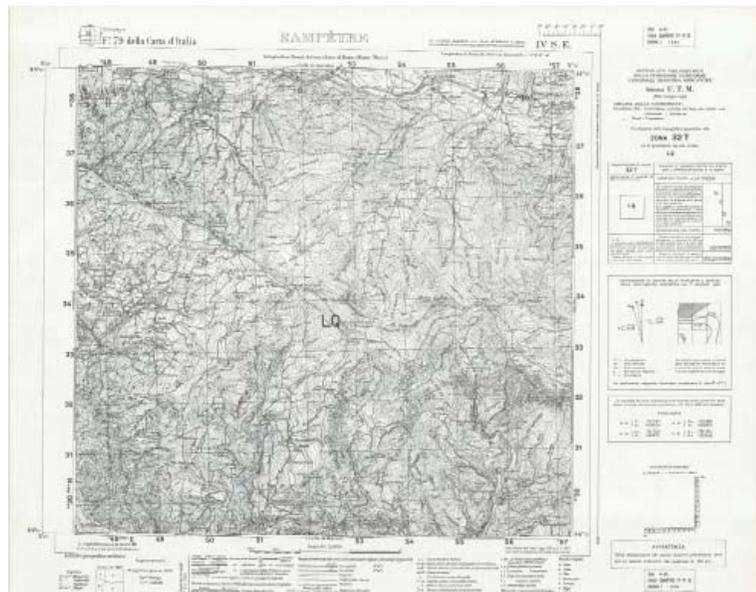
Nome: Sampèyre 79 IV SE

Autore: Istituto Geografico Militare, operatori: Capitani Ragusin, Saporetti, Taglioni e tenente Stuto.

Data: 1960 terza edizione

Scala: 1:2500

Sistema di riferimento. Roma Monte Mario



Report punti utilizzati mappatura 79 III SE

ID	Abilitato	X del pixel	Y del pixel	X della mappa	Y della mappa	Errore residuo X (pixel)	Errore residuo Y (pixel)	Errore residuo Totale
0	si	554	-483	1.347.467,000	4.938.530,000	1,75E-010	5,14E-010	5,43E-010
1	si	4.450	-515	1.357.389,000	4.938.303,000	1,06E-010	4,54E-010	4,66E-010
2	si	4.435	-4.136	1.357.185,000	4.929.048,000	1,23E-010	2,91E-010	3,16E-010
3	si	527	-4.110	1.347.249,000	4.929.274,000	9,89E-011	4,20E-010	4,32E-010

Collocazione: Lartu presso Politecnico di Torino

Nome: Bellino 79 III SO

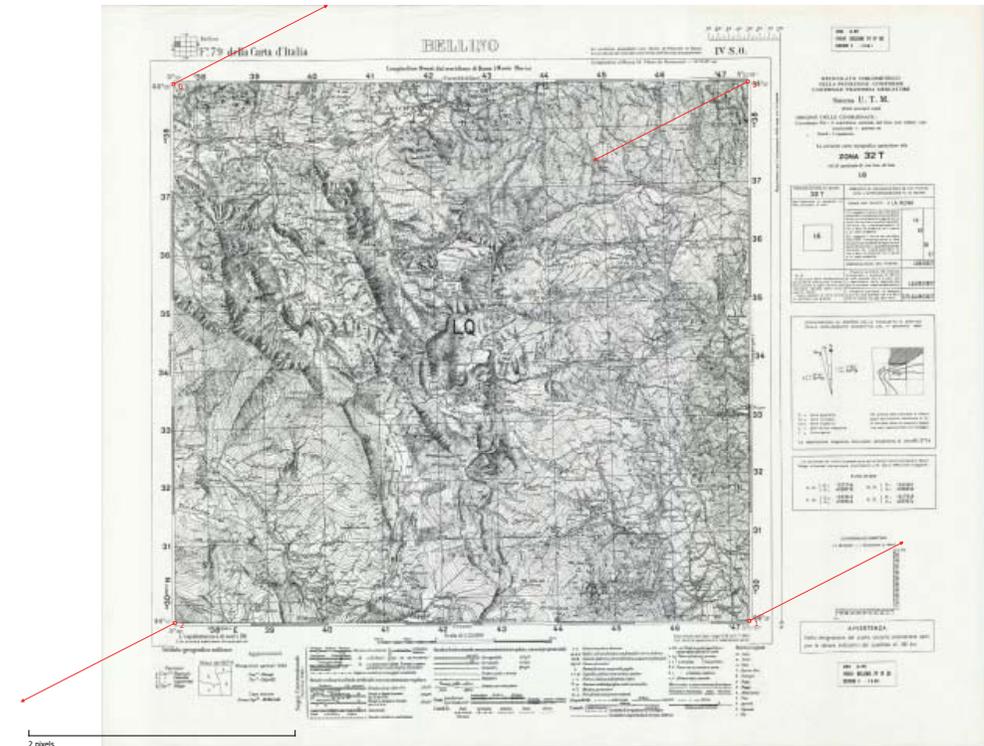
Autore: Istituto Geografico Militare, operatori: Capitani Ragusin, Cavallo, Saporetti e tenetene Stuto.

Data: 1960 terza edizione

Scala: 1:2500

Sistema di riferimento. Roma Monte Mario

Per la georeferenziazione di queste cartografie è stato impostato il sistema di riferimento di Qgis su Roma Monte Mario Italy zone 1, successivamente sono stati collimati i quattro angoli della cartografia e, anziché selezionare i punti omologhi sulla cartografia moderna come per le cartografie precedenti, sono state inserite le coordinate segnalate su ogni mappa, in modo tale che per ogni mappa venissero utilizzati 4 punti. Questa cartografia è stata utile nella ricerca e nella mappatura degli opifici presenti nell'area del vallone, sono state ricercate anche le canalizzazioni, e per la Bealera di San Michele è stato possibile mappare il secondo tratto non rilevato con il palmare Garmin.



Report punti utilizzati mappatura 79 III SO

ID	Abilitato	X del pixel	Y del pixel	X della mappa	Y della mappa	Errore residuo X (pixel)	Errore residuo Y (pixel)	Errore residuo Totale
0	si	488	-529	1.337.546,000	4.938.772,000	-1,37E-010	-3,73E-010	3,97E-010
1	si	4.399	-4.135	1.347.249,000	4.929.274,000	-7,64E-011	-4,73E-011	8,99E-011
2	si	498	-4.150	1.337.313,000	4.929.515,000	-1,50E-010	-3,78E-010	4,07E-010
3	si	4.387	-512	1.347.467,000	4.938.530,000	-1,65E-010	-2,03E-010	2,62E-010

4.3 Regesto delle fonti per la realizzazione della cartografia.

Tabella set di dati ottenuti ed utilizzati dal geoportale della regione Piemonte	
Nome Layer	Nome originale risorsa
	Tipologia dati
	Data
DTM 5	Ripresa aerea Ice 2009-2011- -DTM ICE 5
	Raster scaricabile
	28/07/2011
PPR Ambiti di paesaggio	Ppr - Ambiti di paesaggio (tav P6)
	Vettoriale scaricabile
	05/10/2017
PPR Macro ambiti di paesaggio	Ppr - Marco ambiti di paesaggio (tav P6)
	Vettoriale scaricabile
	05/10/2017
PPR Corpi Idrici Lettera C	Ppr - Lettera C corpi idrici (tav P2)/ Sistema Idrografico (tav P4)
	Vettoriale scaricabile
	20/02/2020
PPR Crinali collinari e pedemontani Principali e secondari	Ppr - Sistemi di crinali montani principale e secondari (tav P4)
	Vettoriale scaricabile
	20/10/2020
PPR Crinali montani principali e secondari	Ppr - Sistemi di crinali montani principale e secondari (tav P4)
	Vettoriale scaricabile
	20/10/2020
PPR grafico viabilità mar2010	Ppr - Autostrade e strade statali, regionali e provinciali (tav P4)
	Vettoriale scaricabile
	20/10/2017
PPR laghi	Ppr - Laghi (tav P4 E p5)
	Vettoriale scaricabile
	20/10/2020
Idrografia storico	Idrografia 1:100.000 - Corsi d'acqua - Storico
	Vettoriale scaricabile
	01/01/2003

Laghi storico	Idrografia 1:100.000 - Laghi - Storico
	Vettoriale scaricabile
	01/01/2007
Edifici da PPR	Ppr - Edificato residenziale e produttivo- commerciale (tav. P4)
	Vettoriale scaricabile
	20/10/17
Edifici Prazzo catasto	004174 - mosaico - campiture
	Vettoriale scaricabile
	27/03/18
Edifici catasto Elva	004083 - mosaico - campiture
	Vettoriale scaricabile
	27/03/18
Particelle Elva catasto	004083 - mosaico - particelle
	Vettoriale scaricabile
	27/03/18
Edifici Stropo catasto	004224 - mosaico - campiture
	Vettoriale scaricabile
	27/03/18
Reticolo Idrografico regionale 10k DBPrio	Reticolo idrografico regionale - DB Prior 10K - Elementi Idrici - Storico
	Vettoriale scaricabile
	01/12/07
Ambiti amministrativi comunali	Ambiti amministrativi - Comunali
	Vettoriale scaricabile
	08/04/19
Toponomastica	Toponomastica 1:10.000
	Vettoriale scaricabile
	31/12/19
Ripresa aerea ICE NIR 2010	Ripresa aerea ICE 2009 - 2011 Ortofoto NIR - Geoservizi WMS e WMTS
	Servizio WMS
	22/11/17
Ortofoto 2018 Aegea	AEGEA 2018 - Ortofoto RGB - Geoservizi WMS e WMTS
	Servizio WMS
	04/05/20

4.4 I canali

Le canalizzazioni oggetto di studio sono manufatti presenti sul terreno di cui è difficile stabilire una datazione. Salvo per una canalizzazione esistente la cui datazione è facilmente rintracciabile perchè incisa nella roccia, molto probabilmente questa data è inerente l'ultima manutenzione o la realizzazione del canale. Quest'ultimo è stato, da me nominato come C1880, in quanto non possiede una nomenclatura nella toponomastica; al contrario di altre canalizzazioni la cui precisa datazione non si conosce ma che possiedono una nomenclatura, come quelle prese in esame. La prima è la "Bealera di San Michele", oggetto della diatriba tra Elva e l'antico comune di San Michele oggi accorpato nell'ambito comunale di Prazzo. La seconda è invece la "Bealera Remondina", la terza la "Bealera del Gast" e infine la quarta "Bealera Sutana". Per le altre canalizzazioni minori si è scelto di nominare con un identificativo.

Oltre ai meccanismi e alle ruote, altra componente importante per tutti i mulini idraulici di terra, è l'intricata rete di canali, che serviva ad approvvigionare le colture per l'irrigazione e anche per far funzionare le ruote. Come già accennato in precedenza, abbiamo due tipologie di alimentazione, ovvero dal basso e dall'alto, ed entrambe necessitano di canali.

Il canale ha come funzione principale quella di trasportare l'acqua dal fiume alle zone interessate che si tratti di un campo coltivato oppure di una paleoindustria, ecc. Deve garantire un flusso costante anche in caso di siccità e ciò è possibile grazie ad elementi tipici dell'ingegneria idraulica: la presa, le chiuse e le paratie mobili; la prima garantisce l'approvvigionamento dell'acqua del fiume e deve essere studiata e realizzata ad hoc, essendo essa a garantire l'approvvigionamento idrico nei periodi di secca estiva. Il secondo elemento importante sono le chiuse: la loro funzione garantisce, come la parola suggerisce, la chiusura di un canale e anche la regolamentazione del livello idrico¹⁴⁴ all'interno di esso anche in caso di piene leggere; le chiuse sono azionate da leve oppure da viti senza fine, alzandosi o abbassandosi regolano l'afflusso delle acque o lo bloccano totalmente. L'ultima, le paratie mobili, variano la propria forma da regione e regione e sono generalmente in metallo. Servono per sbarrare temporaneamente

¹⁴⁴ E. Genre, *Chi va al mulino... acque e mugnai delle valli piemontesi*, p 18

te i canali affinché l'acqua venga dirottata sul campo da irrigare o ovunque sia utile. Questo compito in passato era affidato ad una figura, il "guardiano dell'acqua" il cui compito era quello di salvaguardare il corretto funzionamento delle canalizzazioni e di stabilire i turni per l'irrigazione dei campi. Con l'introduzione della meridiana e successivamente degli orologi, il calcolo del tempo irriguo si fece sempre più preciso¹⁴⁵. Con quest'innovazione la figura del guardiano dell'acqua smise di occuparsi dei turni irrigui, infatti sono i proprietari stessi ad occuparsene, utilizzando sempre il sistema di paratoie che deviano o fanno trabordare l'acqua dai canali. Nel vallone di Elva l'unica figura del guardiano dell'acqua, stipendiato dal comune, era presente solamente sulla "Bealera di San Michele" o "Canale di San Michele", mentre per gli altri canali vi era un'auto gestione con una rigida regolamentazione¹⁴⁶.

I canali presentano diverse conformazioni: da semplici scavi nel terreno a oggetti più complessi e lastricati nelle zone più ricche. Durante la fase medievale erano semplici scavi nel terreno, alcuni rivestiti con semplici lastre in pietrame per garantire l'impermeabilità con l'uso di argilla, muschio e calce. Se il terreno presentava una forte idrorepellenza si eseguiva il semplice scavo, per i tratti con terreno friabile o troppo permeabile si utilizzavano tronchi scavati in larice la cui durata, secondo fonti orali, sarebbe di 50 anni circa, oppure si utilizzavano travi inchiodate che formavano una "U"¹⁴⁷.

Ad Elva la costruzione delle canalizzazioni era più povera; si effettuava uno scavo nel terreno e qualora risultava una buona idrorepellenza il canale era pronto. In alternativa, nel caso di zone a bassa idrorepellenza, si rivestiva il canale con argilla, più disponibile sul territorio rispetto alla calce e per il superamento degli avvallamenti naturali si utilizzavano i tronchi scavati in larice, "le Gorge". Nel vallone raramente si usavano le travi inchiodate vista il maggior impiego di risorse e lavoro nella loro realizzazione¹⁴⁸. La loro costruzione, benché importante, era eseguita dall'intera comunità per cui, salvo rari casi, non vi sono documentazio-

¹⁴⁵ Gianni Bodini, *Antichi sistemi di irrigazione nell'arco Alpino Ru, Bisse, Suonem, Waale, Quaderni di cultura Alpina/Priuli & Verlucca, editori*, p 19

¹⁴⁶ Fonte orale signor Franco Baudino del 24/10/2020

¹⁴⁷ G. Bodini, *Antichi sistemi di irrigazione nell'arco Alpino Ru, Bisse, Suonem, Waale*, p13

¹⁴⁸ Fonte orale signor Franco Baudino del 24/10/2020

▼ Gorgia presente sulla Bealera del Gas, la diversa dimensione della sezione scavata con la Gorgia nella pagina a lato, è dovuta alla sostituzione negli anni '80 visto il solo utilizzo della canalizzazione non più per irrigare i campi ma solo per trasportare l'acqua al beveraggio degli animali



▼ Gorgia presente sulla Bealera Sutana, come notiamo il canale ligneo è appoggiato alle due estremità senza l'ancoraggio alla parete, così poteva apparire la gorgia collocata sul canale del 1886



ni scritte presenti negli archivi¹⁴⁹. Il lavoro veniva svolto a mano con picconi e pale e i materiali rimossi dallo scavo erano utilizzati come argini del canale stesso.

Le due gorgie ancora esistenti si trovano sul percorso delle bealere Sutana e del Gast, le quali convogliavano l'acqua alle borgate di Chiosso.

La bealera Sutana, posizionata al di sotto rispetto a quella del Gast, è invece di lunghezza inferiore e portava l'acqua da un fiume "senza nome", situato più a valle e affluente del "Gias Vecchio", alle borgate di Chiosso.

Negli anni ottanta la Bealera del Gast non serviva più per l'irrigazione dei campi ma solo per l'abbeveramento degli animali.¹⁵⁰

Queste due canalizzazioni non sono state da me mappate con la tecnica Gps/Gnss, ma rintracciando il loro percorso dalle ortofoto della regione Piemonte effettuate nel 2018 e dall'elaborazione delle foto aree in infrarosso (NIR) sempre effettuate dalla regione negli anni 2009-2011.

Grazie ai canali o bealere riusciamo ad individuare più facilmente la posizione di un mulino anche se l'edificio è sprovvisto di ruota oppure ha cambiato destinazione d'uso.

La canalizzazione poteva essere intubata o sotterranea se le necessità lo richiedevano, come nel caso in cui vi fosse il passaggio sotto ad una mulattiera o strada. Possiamo ipotizzare come avveniva la costruzione di tali manufatti: Allo stesso modo che per il canale scoperto, si effettuava uno scavo, si rivestivano le pareti ed il letto del canale con pietre e argilla, si copriva con "lose" in pietra e si interrava. Questo sistema veniva utilizzato per i canali a servizio delle poche sorgenti d'acqua potabile. Il maggior problema con queste canalizzazioni era dovuta alla manutenzione. Siccome interrate e ricoperte da "lose" non vi era un giunto perfetto tra "losa" e "losa", per cui la terra o altri materiali finivano nel canale. Ciò come possiamo immaginare accadeva abbastanza spesso per cui bisognava disotterrarlo per eseguire la pulizia per poi rinterrarlo, con un notevole dispendio di forze e energie. Per questi motivi le canalizzazioni interrate erano raramente utilizzate, ed in ogni caso solo per brevi tratti. Per gli attraversamenti di strade e mulattiere, si utilizzava-

¹⁴⁹ E. Genre, *Chi va al mulino... acque e mugnai delle valli piemontesi*, p 17

¹⁵⁰ Fonte orale signor Franco Baudino del 17/10/2020

no grandi pietre monolitiche, le quali permettevano il passaggio, mentre la canalizzazione scorreva al di sotto.

Sui versanti montani, dove il forte dislivello non permetteva l'inserimento dei canali, vi erano diverse tipologie costruttive:

1. La prima era un semplice muretto a secco sulla cui sommità veniva ricavato il canale rivestito di calce o argilla o muschio,
2. Per la seconda si utilizzava sempre il muretto a secco ma sulla sommità veniva poggiata la canalizzazione lignea che poteva essere un tronco scavato o travi inchiodate;
3. La terza, era lo scavo nella roccia viva. Consisteva nel picconare la roccia in modo da creare la canalizzazione direttamente sul versante della montagna¹⁵¹.

Queste tre metodologie permettevano di trasportare l'acqua anche sulle zone più impervie delle Alpi. Occorre precisare che ci si trovava su un territorio impervio, dove le popolazioni cercavano di sfruttare al massimo i dislivelli per poter effettuare le loro canalizzazioni evitando di sprecare risorse ed energie in opere monumentali, come avveniva invece in pianura.

Vi è però un esempio di opera di canalizzazione monumentale, ovvero la "Bealera di San Michele". Posta ad una altitudine di 2100 m s.l.m più precisamente 2189,90 m, con un dislivello di 45m ricopriva una lunghezza totale di circa 7Km dalla Fonte di Fontana Nera, posta nell vallone Nero, fino alla Borgata di San Vittore nel comune di Prazzo. La parte da me rilevata ha una lunghezza di 2,5 km¹⁵². La sua storia travagliata narra di una divergenza tra i comuni di Elva e San Michele durata circa 470 anni. La lite comunale ebbe inizio con la costruzione della Bealera e dovrebbe risalire all'inizio al 17 luglio del 1445 quando Giordio della Chiesa, vicario generale del Marchese Ludovico I emise sentenza a favore del sindaco e della comunità Elvese, grazie ad antiche consuetudini e documentazione dello stesso marchese, contro la comunità di San Michele e la costruzione del canale che deviava le acque che discendono in maniera naturale lungo il vallone Nero. Tali acque alimentavano l'irrigazione dei campi e i Mulini di Chiosso e delle Borgate Molini poste più a valle. Ma parte del vallone Nero rimase nei confini tra San Michele ed Elva. Il 19 agosto del 1699, a causa della rottura della Bealera causata dagli abitanti di Chiosso, i due

¹⁵¹ G. Bodini, *Antichi sistemi di irrigazione nell'arco Alpino Ru, Bisse, Suonem, Waale*, p20

¹⁵² La parte rilevata è l'unica parte che è stata mantenuta e pulita dal signor Franco Baudino, per cui l'unica percorribile.

rappresentanti dei comuni incontrandosi con i rispettivi avvocati, si accordarono per il risarcimento dei danni provocati. Nel 1749 il sindaco di San Michele aveva sequestrato vicino a Chiosso nella regione Opacco 300 capi di bestiame. Dopo quest'atto gli Elvesi chiesero i danni visto che per consuetudine potevano usufruire di quella parte di territorio. Da questa vicenda si rivangarono le vecchie ingiustizie, venne riaperto il caso della costruzione della bealera e tutte le liti inerenti al territorio, con la testimonianza da ambedue le parti degli anziani, che tenevano vivo il ricordo degli usi e delle consuetudini. Secondo gli abitanti di Elva vennero concessi ingiustamente a San Michele terreni e pascoli fertili all'interno del vallone oltre la cresta, tutto ciò "grazie" alla corruzione degli amministratori locali. Il regio misuratore Giovanni Giacomo Zoccola fu incaricato di delimitare il territorio comunale di Elva nel 1788¹⁵³. dopo questa prima mappatura lo Zoccola redigè la mappa catastale del comune di Elva 1790 e con libro annesso nel 1792. In base alla testimonianza del signor Franco Baudino, nel 1949 la bealera di San Michele venne restaurata con opere cementizie, non interamente nella sua lunghezza ma per il primo tratto. Oggi sono ancora visibili tali opere.

In conclusione la diatriba iniziale verteva sull'uso delle acque, ma grazie all'accordo tra Elva e San Michele vi era un patto: "una tantum", periodicamente, dovevano riversare lungo i crinali naturali l'acqua di Fontana Nera (quindi quella della bealera) in punti strategici, per questo solo in questo canale troviamo la figura del "guardiano dell'acqua". Successivamente la diatriba era per lo più legata a quei territori d'alpeggio sopra alle borgate di Chiosso nel vallone omonimo, una zona dalle più dolci pendenze e di più facile coltivazione e lavorazione.

Nelle fotografie sono rappresentate le metodologie utilizzate per le canalizzazioni in alta montagna: .

- Lo scavo nella roccia veniva eseguito con strumenti manuali quali picconi e pale ed in tempi più recenti, utilizzando le mine per effettuare questi scavi.
- L'inserimento nel terreno di un manufatto; inizialmente si trattava di oggetti lignei quali travi inchiodate oppure tronchi scavati, in tempi più recenti sostituiti dal cemento armato ;
- L'utilizzo di murature a secco per affrontare le zone impervie dei versanti.



◀ Scavo eseguito nella roccia da picconi e pale. In alcuni tratti si notano la presenza di fori per le mine, lungo la parete rocciosa



◀ Scavo eseguito nel terreno sostituzione elementi, con opere cementizie nel 1949



▼ Muro a secco in materiale lapideo su cui appoggiano le opere di contenimento delle acque in cemento sostituite nel restauro del 1949

Le tre immagini presenti sono inerenti alla Bealera di San Michele situata a Prazzo (CN).

Nella Bealera di San Michele era presente il sistema di deviazione delle acque, consentito da chiuse removibili in ferro, e successivamente sostituito da elementi cementizi durante il restauro del 1949, ma tutt'ora visibile.

▼ **Chiusa rimovibile in ferro, utilizzata per deviare le acque**

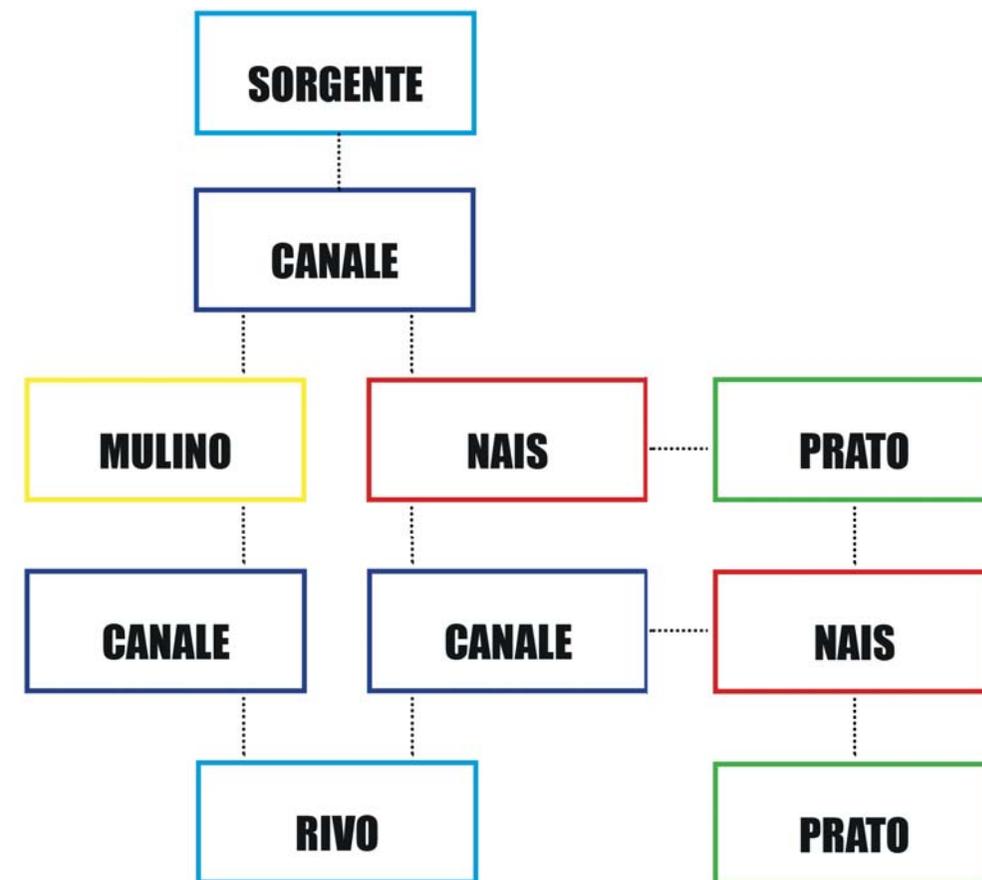


▼ **Punto di deviazione delle acque**



Le canalizzazioni, come detto in precedenza, sono scavi nel terreno, ad esempio il canale tutt'oggi funzionante di proprietà del signor. Franco Baudino. Tale canale capta l'acqua dalla fonte nominata "S10"¹⁵⁴, la convoglia nel Nais (N10) e da quest'ultimo scende verso un rio senza nome. Questo è l'unico sistema attivo inerente ai Nais e ci può far capire il loro funzionamento, di proprietà del signor Franco la quale ci può dare un indizio su come il sistema poteva funzionare.

In generale lo schema delle canalizzazioni è: sorgente, vasca di decaptazione, canale e campi.¹⁵⁵



▼ **Schema concettuale del sistema inerente all'acqua. Questo è il risultato dell'interazione tra la ricerca bibliografica e le fonti orali**

¹⁵⁴ Codifica posizionata sulla porta della sorgente, Immagine presente sulla scheda denominata "C02&C03"

¹⁵⁵ G. Bodini, *Antichi sistemi di irrigazione nell'arco Alpino Ru, Bisse, Suonem, Waale*, p.p. 24-25

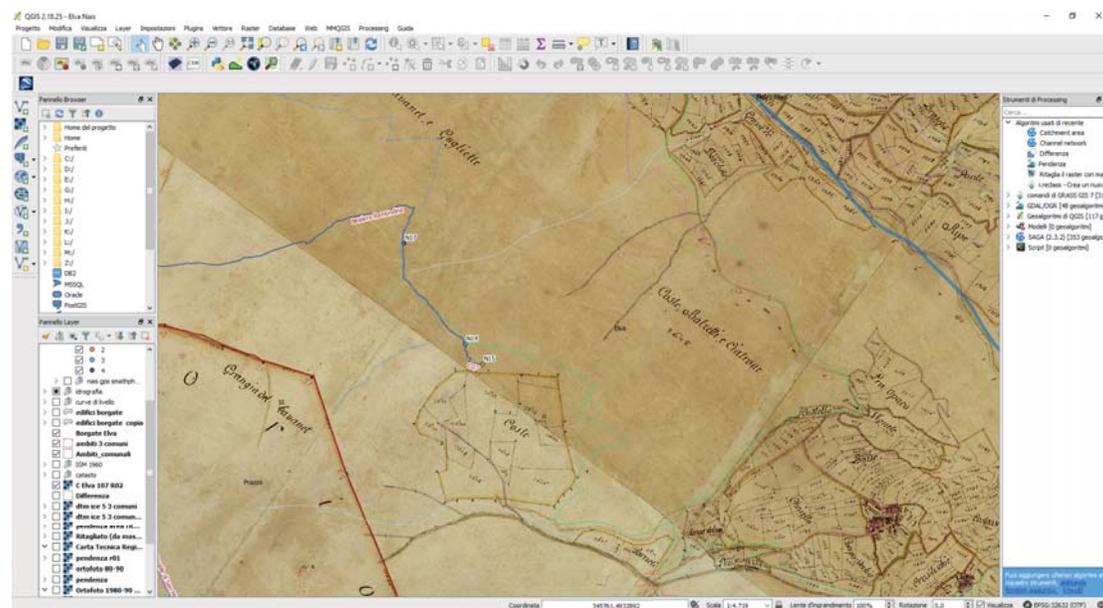
4.4.1 Utilizzo delle canalizzazioni:

Le canalizzazioni oltre a convogliare le acque alle paleoindustrie servivano per l'irrigazione dei campi coltivati a segale, grano, orzo e canapa. Servivano per "portare la risorsa idrica anche là ove non era presente"¹⁵⁶. Infatti la "Bealera Reondina¹⁵⁷" che capta l'acqua da un torrente affluente al Gias Vecchio, la portava seguendo un tragitto di 1,2 km, passando per il bosco dei "Tavanet" e sul colle dell'Orsine fino ai due Nais (N14-N15) per rifornire la zona, denominata nel catasto del 1790, "Coste", situata poco più in alto delle borgate di Lischia e Brioni. Attualmente vi è un edificio di modeste dimensioni crollato e poco più sotto ve ne è un altro, anch'esso crollato, segnato anche nella mappa catastale del 1790.

Oltre alle bealere per irrigare vi sono poi le canalizzazioni a servizio dei mulini; queste, come già detto, non avevano dimensioni monumentali come i grandi canali navigabili di pianura, ma erano più contenuti anche nella lunghezza; infatti, analizzando la

¹⁵⁶ R. Olivero, *Macchine ad Acqua Mulini in Valle Maira*, pp 13
¹⁵⁷ L'origine del nome si può far risalire, secondo la fonte orale Franco Baudino, ad una fanciulla di 14 anni sbranata in quei boschi da un orso. Da qui il nome della zona "Orsine" e il nome del canale in onore a questa fanciulla.

▼ Schema dal programma Gis Qgis progetto per la localizzazione dei nais e canali.
 Fonte mappa catastale del 1790: localizzazione ASTO, Sezioni Riunite, Catasti, Catasto sabauda, Allegato C. Mappe del catasto antico provenienti dalla Camera dei conti, Circondario di Cuneo, Mandamento di Prazzo, Elva, portafoglio 107
 Nome: Mappa del Territorio d'Elva Provincia di Cuneo



mappatura del 1790 vi sono edifici addossati lungo i corsi d'acqua ipotizzabili come mulini. Ve ne sono poi altri più distaccati, come nel caso della Borgata Mulini Abelli, dove possiamo vedere chiaramente una canalizzazione a servizio delle antiche fabbriche; oggi il canale non è più visibile.

Lungo questa costruzione possiamo notare degli edifici in prossimità, alcuni anche a ridosso sul canale stesso. Sempre comparando il libro allegato alla mappatura, custodito nell'archivio



◀ Georiferendo la mappa catastale dello Zoccola del 1790 ed utilizzando il libro del 1792 consultato presso l'archivio storico Comunale a Elva notiamo la presenza di mulini in quell'area (rettangolo rosso).
 Fonte mappa catastale del 1790: localizzazione ASTO, Sezioni Riunite, Catasti, Catasto sabauda, Allegato C. Mappe del catasto antico provenienti dalla Camera dei conti, Circondario di Cuneo, Mandamento di Prazzo, Elva, portafoglio 107
 Nome: Mappa del Territorio d'Elva Provincia di Cuneo

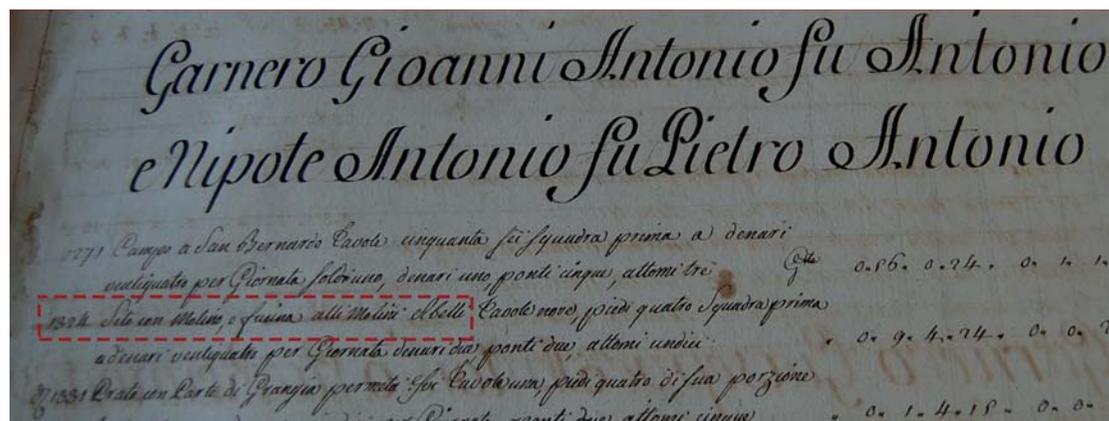
comunale ad Elva, notiamo che nel lotto 1324 vi è localizzato un Mulino con fucina: questo è molto interessante, siccome in prossimità di quel lotto è segnalata una canalizzazione (immagine sopra).

Questo canale è uno dei pochi segnati su tale cartografia e alimenta un mulino che ha continuato a funzionare fino agli anni '60, appartenuto alla Famiglia Garnero, la stessa che fece erigere

un pilone votivo nel 1937 come voto¹⁵⁸, presente tutt'oggi sulla strada d'accesso alle borgate di Molini Allioni e Abelli. Quindi possiamo stabilire che questa canalizzazione, chiamata "canale dal Rio d'Elva"¹⁵⁹ presente sulla mappa catastale del 1790 alimentava più di un mulino, era un complesso di mulini.

"1324 Sito con Molino, e fucina aalli Molini Abelli"¹⁶⁰

Recandosi sul luogo dove si trovavano questi mulini, notiamo che



▼ **G. Zoccola, Catasto della Comunità d'Elva Provincia di Cuneo formato dal Misure e Geometra, 1792, consultato presso l'archivio storico Comunale a Elva notiamo la presenza di mulini nel lotto 1324.**

la maggior parte delle canalizzazioni a loro servizio sono scomparse, possiamo tuttavia fare delle ipotesi, sappiamo da fonti orali che il canale necessitava di manutenzione, per cui era quasi sempre affiancato da una percorsa o mulattiera, quindi lo schema generale era formato da un percorso delimitato da pietre posizionate verticalmente sul terreno e canale annesso.

Un esempio che fa al caso nostro è il canale irriguo posto nel comune di Prazzo sull'antico territorio comunale di San Michele, in prossimità del Nais (N13).

Nel caso della Bealera Remondina, la strada è divenuta un sentiero e per alcuni tratti costeggia il canale, mentre per altri tratti è il canale medesimo a formare il sentiero. La prima parte del percorso rientra nella rete sentieristica denominata "A spasso per Lu Viol", mentre l'ultima parte rientra nelle rete denominata "Sentieri dei Mulini", della quale fa parte l'antica mulattiera che collegava

¹⁵⁸ Lo fece erigere come voto per essere sopravvissuto alla prima guerra mondiale, Fonte scitta sul pilone stesso.
¹⁵⁹ R. Oliviero macchine ad Acqua Mulini in Valle Maira, p44
¹⁶⁰ G. Zoccola, Catasto della Comunità d'Elva Provincia di Cuneo formato dal Misure e Geometra, 1792, l'archivio storico Comunale a Elva

la borgata Molini Allioni con le Borgate di Chiosso. Nel caso della "Bealera di San Michele, la situazione è analoga: per alcuni tratti si passa sul tracciato della canalizzazione, per altri lungo il sentiero che lo costeggiava.

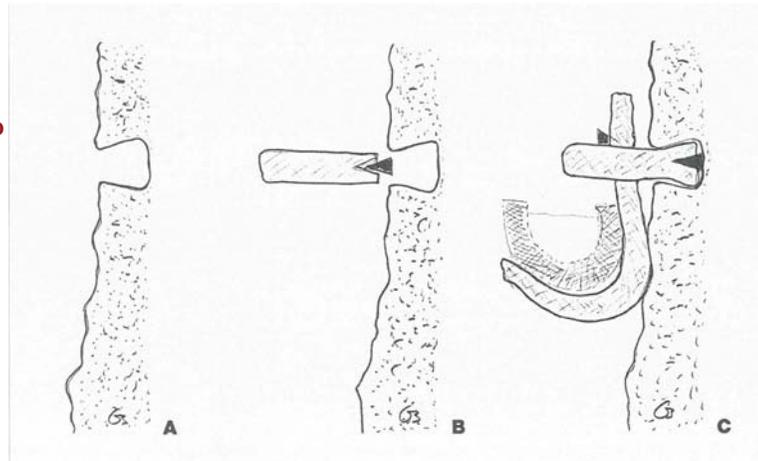
▼ **Canale senza nome denominato come "C15". qui notiamo la presenza della canalizzazione con a lato pietre in posizione verticali per la distinzione dalla strada**



4.4.2 Canalizzazioni a servizio dei Nais:

La più importante opera di canalizzazione inerente al sistema dei Nais non possiede una nomenclatura, ma possiamo risalire alla sua datazione del 1880 incisa su una roccia. Su questa porzione di territorio vi sono tracce che testimoniano la presenza di una canalizzazione, come ad esempio pietre modellate per il passaggio dell'acqua o picconate. Queste canalizzazioni servivano un sistema di uno o più Nais.

► Schema inserimento canali nelle zone più impervie delle Alpi
Fonte: G. Bodini, *Antichi sistemi di irrigazione nell'arco Alpino Ru, Bisse, Suonem, Waale*, p. 20



Per l'inserimento di una gorgia, era necessario predisporre il terreno o la roccia. Essa veniva posizionata tra due punti di appoggio, un esempio le canalizzazioni viste in precedenza (Bealera Sutana e del Gast), oppure secondo il sistema di picchetti in legno posizionati nella pietra. L'artigiano veniva calato ed eseguiva un foro di forma tronco conica ogni 2-3 metri circa, successivamente si inseriva una trave segata ad una estremità dove si inseriva un cuneo ligneo; la trave aveva le stesse dimensioni del foro d'ingresso, veniva battuta ed il cono ligneo la allargava finché non veniva riempita la parte posteriore del foro; essendo più grande del diametro del foro in entrata non poteva uscire. A questa trave si appoggiava la canalizzazione lignea formata da un tronco in larice svuotato¹⁶¹.

Ma in questo caso specifico non vi sono tracce di fori presenti, per cui possiamo ipotizzare che la gorgia era semplicemente ap-

¹⁶¹ G. Bodini, *Antichi sistemi di irrigazione nell'arco Alpino Ru, Bisse, Suonem, Waale*, p. 20

▼ Particolare della data incisa su roccia per identificare la costruzione del canale 1880, ed inseguito denominato "C1880"



▼ Particolare di una pietra modellata per il canale del 1880



▼ Particolare delle picconate per il canale del 1880



poggiata alle due estremità e ciò è deducibile dal segno delle picconate per fare spazio alla canalizzazione.

Parte di questa canalizzazione è scomparsa a seguito dell'ampliamento della strada che da mulattiera è diventata carrabile, ed è la strada che dalla borgata Martini, porta alle Grange di Garnieri e Viviani. Per quanto possibile ho cercato di mappare tutte le tracce presenti sul territorio. Il canale si presenta come un semplice scavo nel terreno, ad oggi non più utilizzato e che in passato riforniva un importante sistema di Nais (N09 - N01 - N02 - N03). Dato che la canalizzazione in questione presentava delle interruzioni dovute alla strada, è stata suddivisa in 4 tronconi rilevati più i congiungimenti tra i vari pezzi ipotizzati secondo alcuni criteri: sappiamo che la canalizzazione ha bisogno di una pendenza costante e che la discesa dell'acqua avveniva per caduta, grazie al naturale declivio; inoltre possiamo ipotizzare che le antiche mulattiere venivano utilizzate come base per la costruzione di nuove strade, generalmente le canalizzazioni importanti necessitavano di manutenzione soprattutto se così semplici.

4.5 I Nais

Non vi sono molte fonti scritte che parlano del "nais", ma grazie alle interviste agli abitanti del posto, accompagnati dal Sig. Mariano Allocco ("ex presidente della comonutà montana della Valle Maira e oggi assessore ad Elva e cavalier della repubblica) abbiamo visitato sul territorio alcuni di questi elementi dimenticati. La loro dimensione non è poi tanto imponente, si tratta di invasi scavati nel terreno a sezione circolare o quadrata con un diametro di circa 2 m per i più piccoli, arrivando fino alle dimensioni massime sui 5 anche 10 metri di lato ed una profondità che varia dai 1,5 a 2 metri. Le pareti rivestite in muratura a secco ed impermeabilizzate con argilla locale permettevano d'accumulare l'acqua ricavata dalle sorgenti naturali. Più nello specifico la sorgente veniva captata da bealere le quali la trasportavano a questi bacini idrici artificiali.

"Talvolta le acqua convogliate dai ruscelli o dalle sorgenti agli alpeggi venivano fatte "riposare" in serbatoi interrati al fine di elevarne la temperatura per accumulare un sufficiente volume, che nei periodi di magra doveva servire a limitare la quota assorbita dal terreno percorso dei fossi di distribuzione"¹⁶².

Il sistema era composto da: una bealera, o canale di captazione delle acque, portava l'acqua alla prima cisterna e da qui ne partiva una seconda che trasportava le acque alla successiva e così via, fino al suo scarico nel primo ruscello, torrente o campo più vicino. Queste strutture erano utilizzate come cisterne irrigue per i campi coltivati, siccome l'acqua proveniente dalla sorgente ha una temperatura costante e bassa non può essere utilizzata subito per irrigazione in quanto "brucerebbe" le colture facendole seccare, per cui l'acqua veniva raccolta e fatta a scaldare al sole e poi, grazie ad una chiusa composta in questo caso da una losa in pietra, veniva fatta fuoriuscire dalla cisterna per l'irrigazione. Un altro utilizzo dei Nais, oltre a quello irriguo, era la macerazione¹⁶³

¹⁶² Giovanni Romolo Bignami e Maria Grazia Codutti, *Gli uomini e l'acqua, L'arciere*, 1986 p24

¹⁶³ La coltivazione della canapa non era solo legata all'alta montagna ma vi erano coltivazioni anche nelle zone di pianura, nel comune di Carmagnola, e più precisamente nell'area geografica tra i comuni di Carmagnola e Macello, si possono trovare i resti dei maceratoi. Ma mentre quest'ultimi in alta montagna erano di dimensioni contenute e necessitavano di una rete idrica per poter funzionare, nelle zone pianeggianti venivano costruite delle canalizzazioni per la macerazione.

della canapa prima di essere utilizzata nei battitori per la produzione di tessuti. Sul territorio di Elva vi era un sistema capillare di queste strutture a causa della forte presenza di aree coltivate.

Secondo la definizione sul libro Lou Saber, dizionario enciclopedico dell'occitano di Blins

“ Il “nais” era una fossa rettangolare, profonda 160 – 180 cm. I cui lati avevano misure sufficienti a ricevere le “ristes” di canapa. Il fondo era lastricato in modo approssimativo e i fianchi potevano essere rinforzati da muri a secco. Una piccola “bialero” univa la fossa alla sorgente o ruscello e continuava a valle di essa per raccogliere le acque di scarico. Nel “nais” asciutto e ben ripulito, le “ristes” venivano disposte a strati sovrapposti, alternati di senso uno rispetto all'altro, e su di esse si ponevano lastre di pietra per calcarle adeguatamente e mantenerle sott'acqua. Questa si immetteva nel “nais” appena le “ristes” erano sistemate e, dopo tre settimane, la macerazione si poteva ritenere compiuta. In questo periodo di tempo si effettuavano alcuni controlli del livello idrico che doveva essere costante. Il deflusso dell'acqua avveniva sturando il breve condotto di scarico e permetteva la rimozione delle “ristes”¹⁶⁴.

Si trovavano principalmente in terreni privati, in quanto quelli comunali, generalmente utilizzati per il pascolo, non necessitavano d'irrigazione. Con questo sistema si sfruttavano al meglio le risorse naturali del territorio. Inoltre nei versanti dove lo smottamento era più frequente non venivano costruite. Con il loro cadere in disuso, sia per la scomparsa delle coltivazioni in quota, che per la scomparsa della coltivazione della canapa ed inoltre per lo spopolamento della montagna, sono state utilizzate come discarica di pietrame proveniente dagli orti o dai campi, come aree di cava per l'utilizzo del pietrame o più semplicemente abbandonate a se stesse.

Queste strutture possiedono due forme, una rettangolare ed una circolare. La forma circolare, in base alle testimonianze raccolte nel “museo della Canapa e del Lavoro femminile”, era migliore per la macerazione.

“La macerazione - naisar

La macerazione serviva per dividere la fibra dalla corteccia

La maggior parte dei nais aveva forma circolare

¹⁶⁴ Giovanni Bernard, Lou saber: dizionario enciclopedico dell'occitano di Blins, venasca:Ousitanio vivo, 1996

In essi, l'acqua scorreva meglio tutt'intorno

Nei quadrati la canapa si sarebbe potuta disporre con maggiore facilità ma poi ci sarebbe stato il problema dell'acqua

Un intoppo, un bastone fermava l'acqua. Quando si doveva mettere la canapa, si toglierla, perché così l'acqua andava via, altrimenti ti bagnavi, non potevi avvicinarti.

Si metteva incrociata una fila da una parte ed una fila incrociata dall'altra altrimenti l'acqua non la “embuavo” (penetrava bene)

Sopra si mettevano prima delle assi poi delle pietre che la schiacciassero, altrimenti sarebbe rimasta a galla

Occorreva controllare il livello dell'acqua senza che mancasse

Talvolta la portavano due famiglie contemporaneamente. Una famiglia sistemava la sua, poi per separarla da quella dell'altra famiglia sistemavano, tra i due strati, dei rami di abete o larice

Si marcava la quantità di ogni proprietario con lana di colore diversi

Le gerle si legavano con la paglia che nell'acqua non marcisce la durata della macerazione dipendeva da “font a font” (sorgente a sorgente)

L'acqua scorreva di continuo , doveva esserci un deflusso continuo

Andiamo a vedere : se era a posto, la toglievano, in caso contrario la lasciavano ancora un po' di tempo

Non si usava l'acqua dei torrenti perché, se fosse sopraggiunta una piena, l'acqua intorpidita avrebbe danneggiato la fibra¹⁶⁵

Nel vallone di Elva la coltivazione della canapa serviva principalmente per auto sussistenza; le fibre che si ricavano dalle coltivazioni venivano utilizzate per realizzare lenzuola, sacchi per il pagliericcio usati come letti, vestiti e altre cose. Diversamente invece a Macra, Prazzo e in altri comuni della valle la coltivazione della canapa era più redditizia in quanto veniva esportata. A Dronero era presente un magazzino per lo stoccaggio dei tessuti di canapa e per la loro spedizione in Liguria. Con questo tessuto si facevano le vele e il cordame per le imbar-

¹⁶⁵ Trascrizione testimonianze del museo della canapa e del lavoro femminile sito a Prazzo

cazioni¹⁶⁶, data la sua resistenza e durabilità.

“La separazione delle fibre - desteiar

A quel punto, la depositavano sul fienile.

Successivamente piano piano, la sera, al tempo della veglia “destiaven” (strigliare). La spezzavano, così ottenevano tante “sciandues” (mucchietti della parte interna) che, in inverno utilizzavano per accendere il fuoco.

Spesso la pelle veniva via lunga come la pianta”¹⁶⁷

Gli scarti, le “sciandues”, si usavano per l'accensione del fuoco, come ad esempio nella valle Infernotto, nelle valli limitrofe, e dove si coltivava la vite. Si realizzavano le “fascine” con i rami potati delle viti per accendere i forni e i fuochi nelle borgate. Essi si accendevano poche volte all'anno ed in quel periodo, per evitare sprechi del materiale combustibile, venivano usati a rotazione dalle diverse famiglie residenti nella borgata per la cottura del pane.

▼ **Nais con l'identificativo N04, in cui è presente l'apparecchiatura muraria.**

¹⁶⁶ **Testimonianza orale della signora Luciana Berardi curatrice del museo della canapa e del lavoro femminile il 20/07/2020**

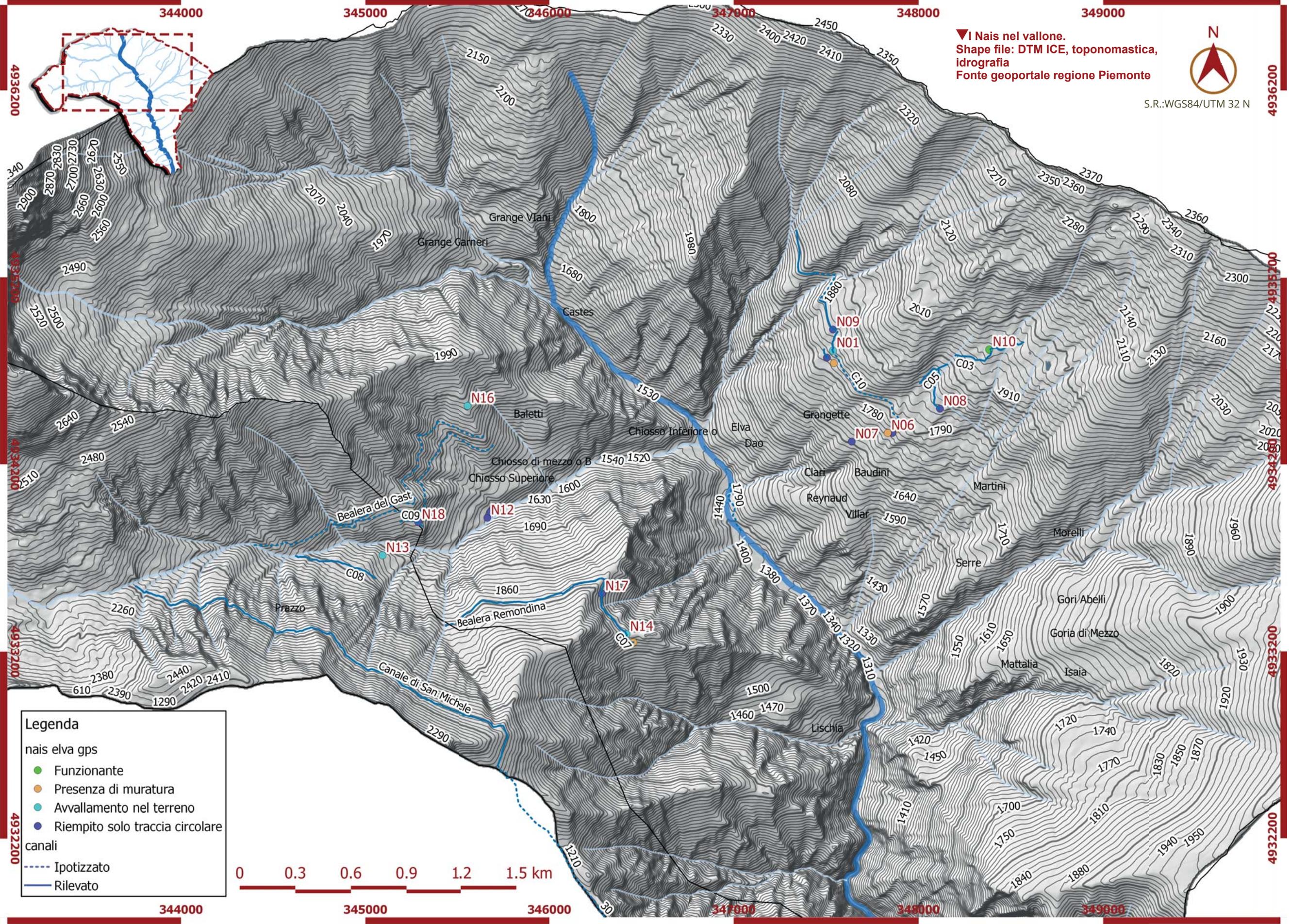
¹⁶⁷ **Trascrizione testimonianze del museo della canapa e del lavoro femminile a Prazzo CN**



4.6 Schede delle canalizzazioni e dei Nais

Qui di seguito riporto le analisi di tale mappatura sul software Quantum GIS, realizzando per ogni Nais una scheda di rilievo con documentazione fotografica, numero identificativo, posizione sul territorio, eventuali canali di collegamento del sistema e destinazione d'uso. Seguirà una scheda delle canalizzazioni rilevate: il metodo di rilevamento, la loro ipotesi del percorso in base alla geomorfologia del territorio, la posizione e la funzione.

Il sistema di riferimento delle mappature presenti nelle schede è WGS84/UTM 32N, gli shape file caricati ricavati dal geoportale della regione Piemonte sono: WMS ortofoto Aegea del 2018 e il raster DTM ICE.



▼ I Nais nel vallone.
Shape file: DTM ICE, toponomastica,
idrografia
Fonte geoportale regione Piemonte



S.R.:WGS84/UTM 32 N

Legenda

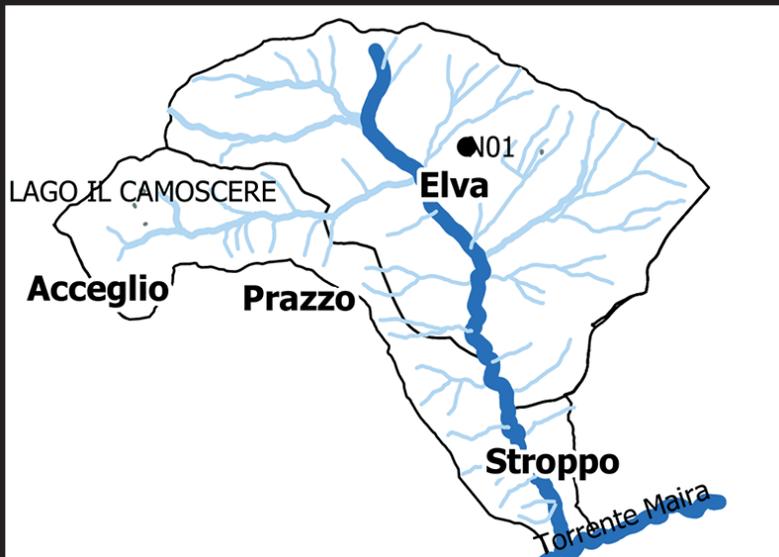
nais elva gps

- Funzionante
- Presenza di muratura
- Avvallamento nel terreno
- Riempito solo traccia circolare

canali

- Ipotizzato
- Rilevato





Nais e Canali

N01

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin, il 07-10-2020
 quota altimetrica: 1835,64 m slm

Questo Nais si presenta soltanto più come avvallamento nel terreno, non è presenta la muratura a secco ed è alimentato dalla canalizzazione rilevata denominata in base alla datazione del 1880. Dal punto di vista architettonico non vi sono manufatti rilevanti, è situato in prossimità della strada comunale che collega le borgate di Vivani e Laurenti passando per la "Comba del Passo" ed è visibile dall'ortofoto della regione Piemonte. Esso aveva la duplice funzione di macerazione e irrigazione dei campi, si trova in un terreno privato, ha forma circolare con un diametro di circa 10 metri.



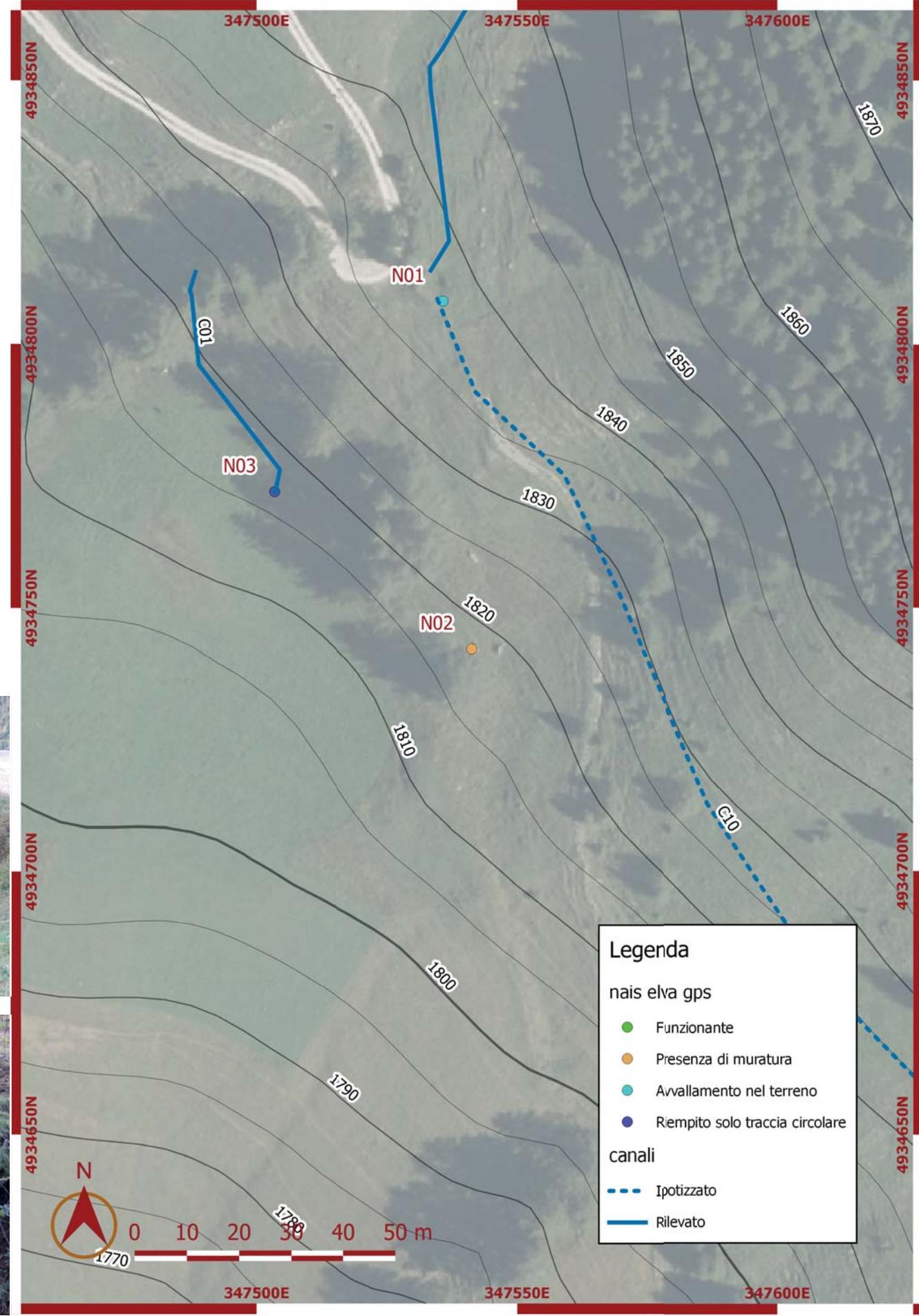


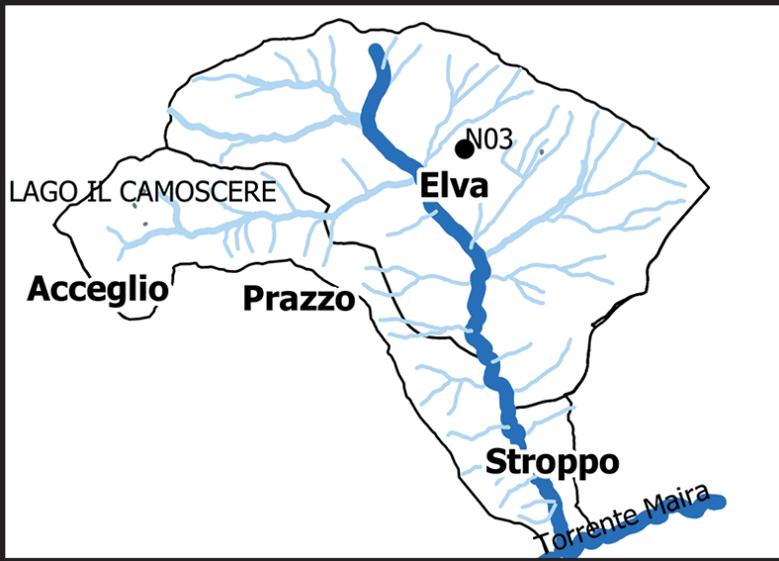
Nais e Canali

N02

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,
 il 07-10-2020
 quota altimetrica: 1814,17 m slm

Si presenta come avvallamento con un parte di muratura in prossimità della vegetazione, si presume sia collegato con il Nais (N01). Dal punto di vista architettonico notiamo la presenza di una porzione di muratura a secco di contenimento, nel dettaglio dell'immagine in basso a destra. Con una dimensione di circa 5 metri, si trova in un terreno privato, non vi sono tracce di canalizzazione. Aveva la duplice funzione di macerazione e irrigazione dei campi e si trova in un terreno privato. Da notare la terra riportata dallo scavo utilizzata come muratura di contenimento.





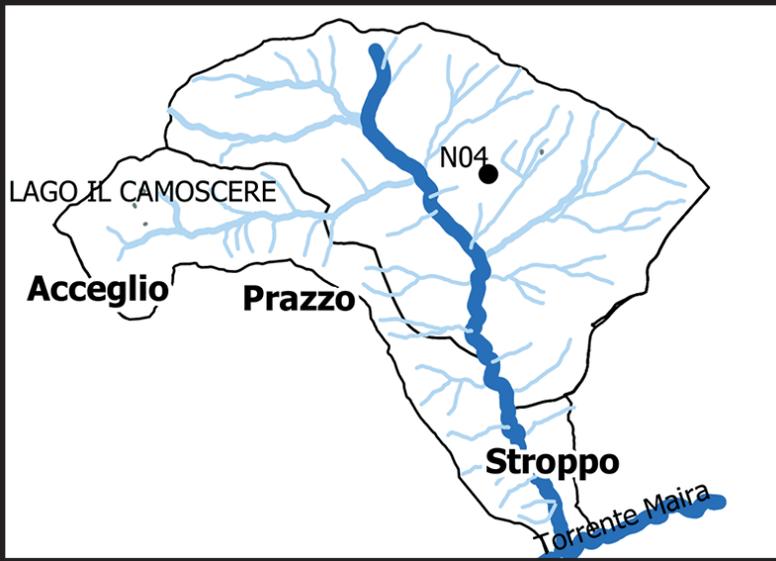
Nais e Canali

N03

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,
 il 07-10-2020
 quota altimetrica: 1784,56 m slm

Si presenta come segno circolare sul terreno, riempito da terra, visibile solo quando il prato è stato pascolato; nell'ultima foto in basso a destra, realizzata il 31 luglio 2020 durante il primo sopralluogo, il nais non risultava visibile. Possiamo ipotizzare che la funzione principale fosse quella di irrigazione dei campi; si trova in un terreno privato. La canalizzazione di questo manufatto non è collegata con il sistema dei nais N01 e N02 ed è stata rilevata una traccia di una canalizzazione che lo alimentava captando l'acqua dal rio limitrofo..



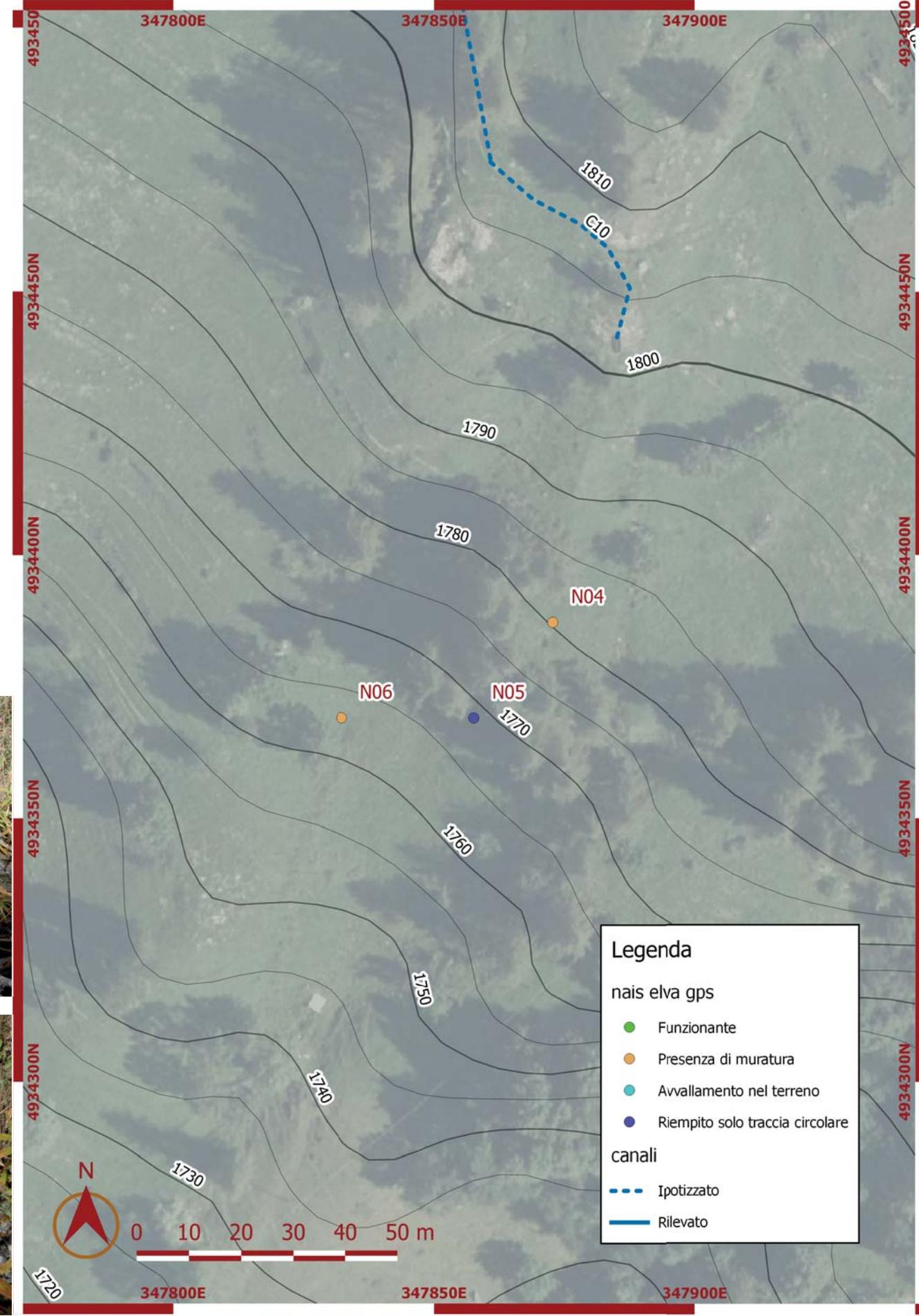


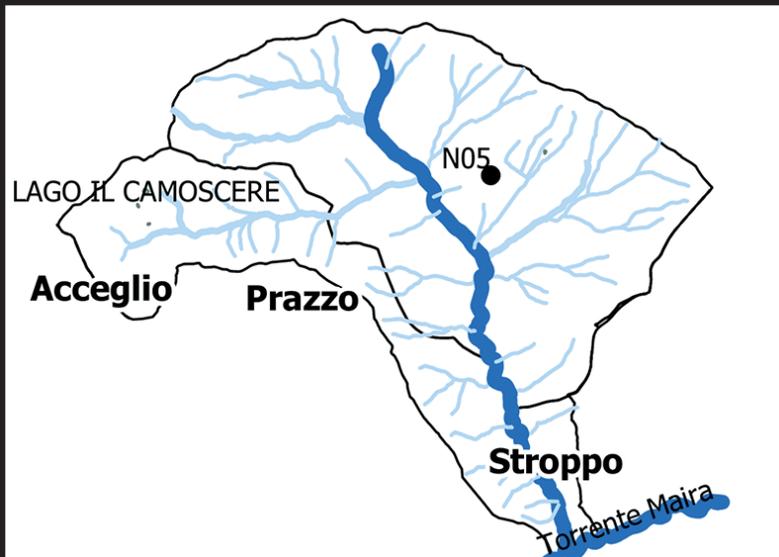
Nais e Canali

N04

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin, il 07-10-2020
 quota altimetrica: 1784,56 m slm

Si presenta con la muratura su tutta la circonferenza di dimensioni modeste, diametro all'incirca di 2 metri. Dal punto di vista architettonico è interessante per la presenza della muratura perimetrale che ci permette di capire come si presentavano queste cisterne. Ad oggi è stato riempito dai proprietari per evitare la caduta degli animali al pascolo. La funzione, si ipotizza, fosse principalmente di macerazione e irrigazione dei campi; collocato su un terreno privato. Non vi sono tracce di canalizzazioni a servizio di questo Nais, ma durante il sopralluogo del 31 luglio, ho percorso un sentiero dove un tempo passava una canalizzazione che partiva dal Nais "N01" e terminava su una sorgente a monte del nais in questione.



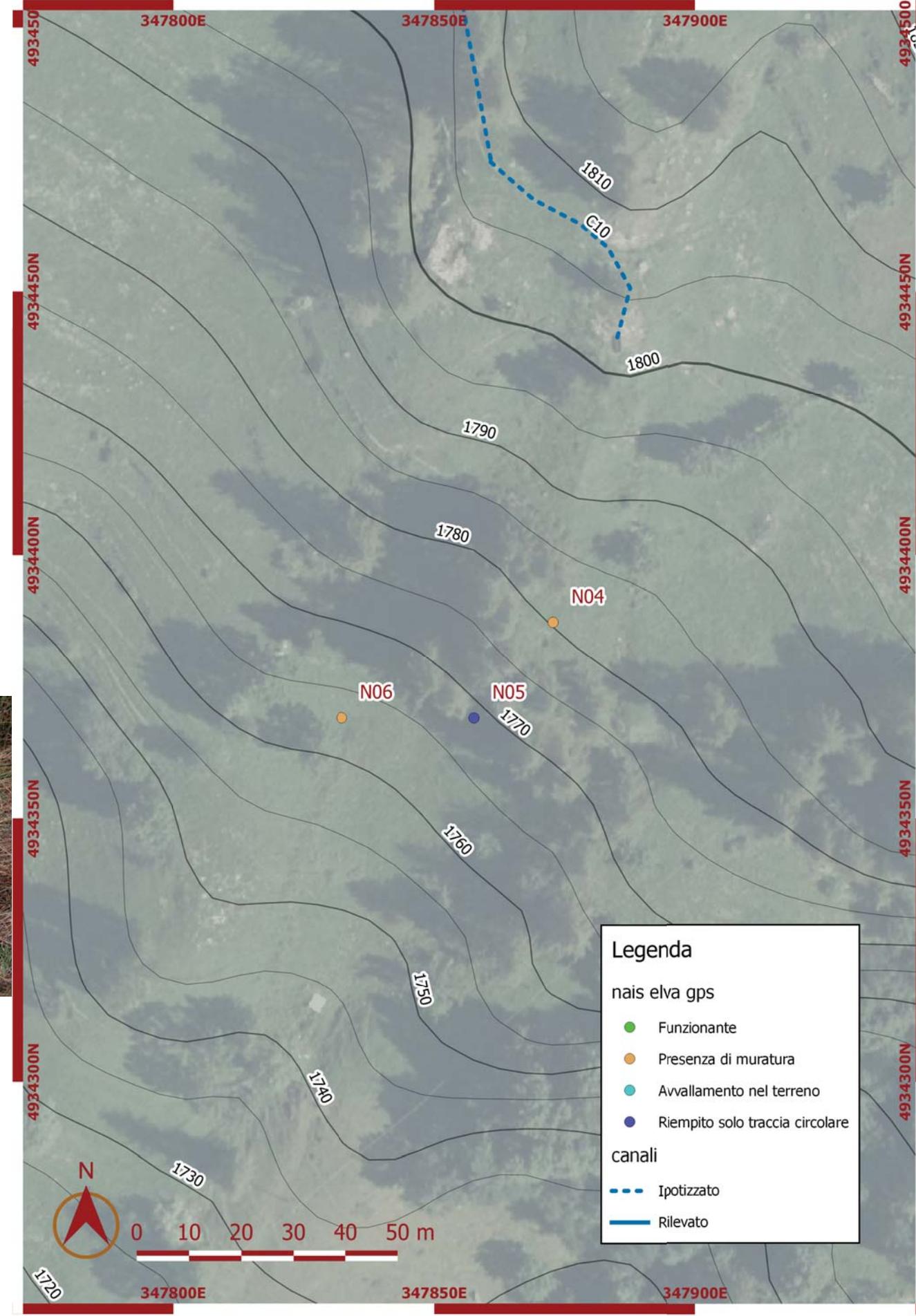


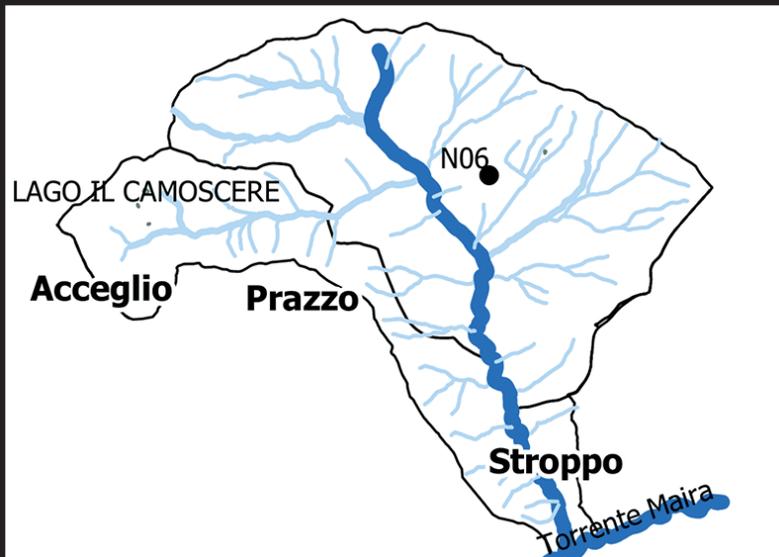
Nais e Canali

N05

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin, il 07-10-2020
 quota altimetrica: 1776,88 m slm

Si presenta come traccia sul terreno poco visibile, possiamo ipotizzare la stessa funzione dei precedenti, si trova anch'esso su un terreno privato. Fa parte del sistema del N04 e N06, non vi è la traccia di una canalizzazione di alimentazione, nè di un rio nelle vicinanze. Completamente riempito, si nota solo per il livellamento del terreno insolito vista la pendenza; di forma e dimensioni come i precedenti, un diametro di circa 2 metri.



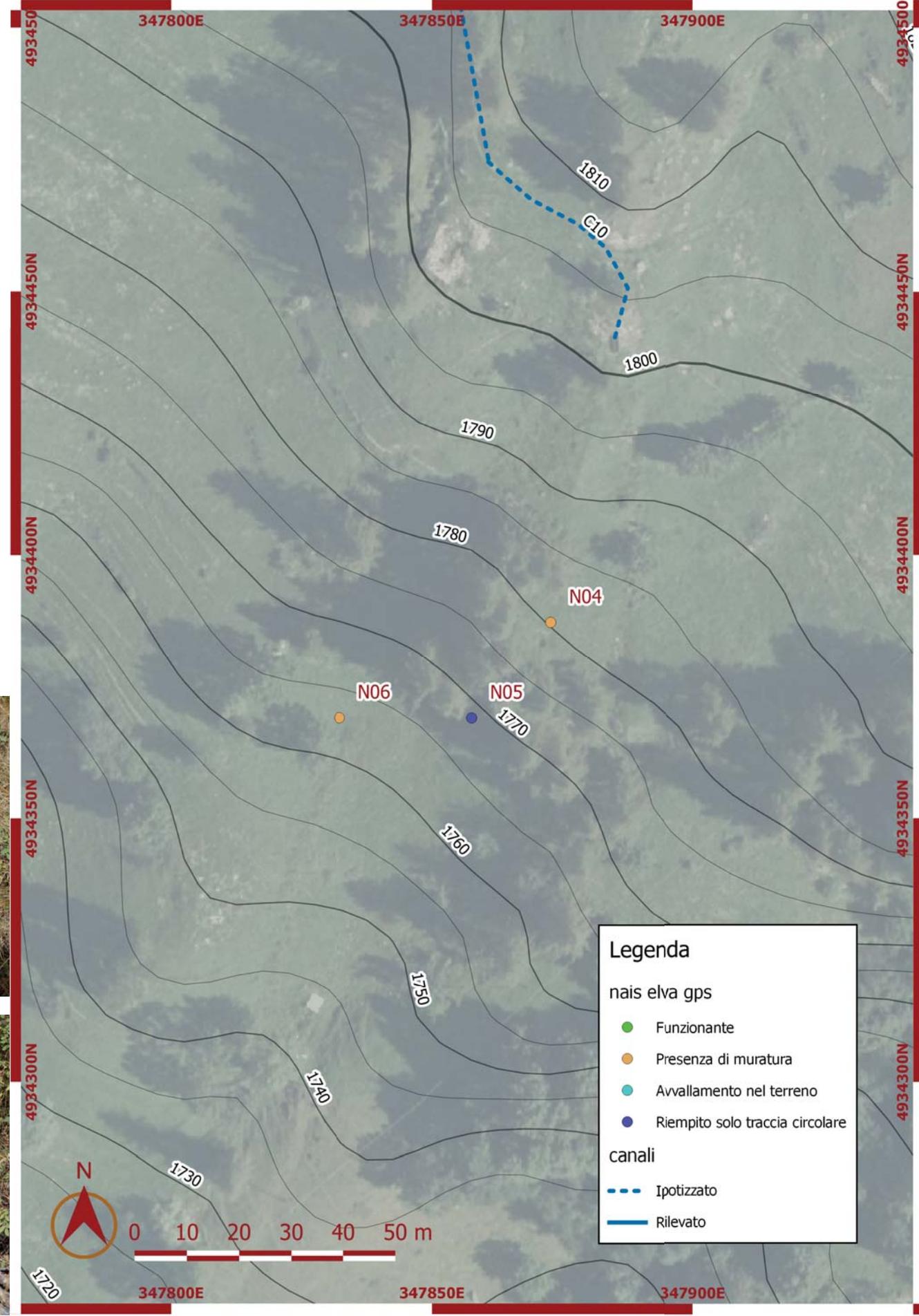


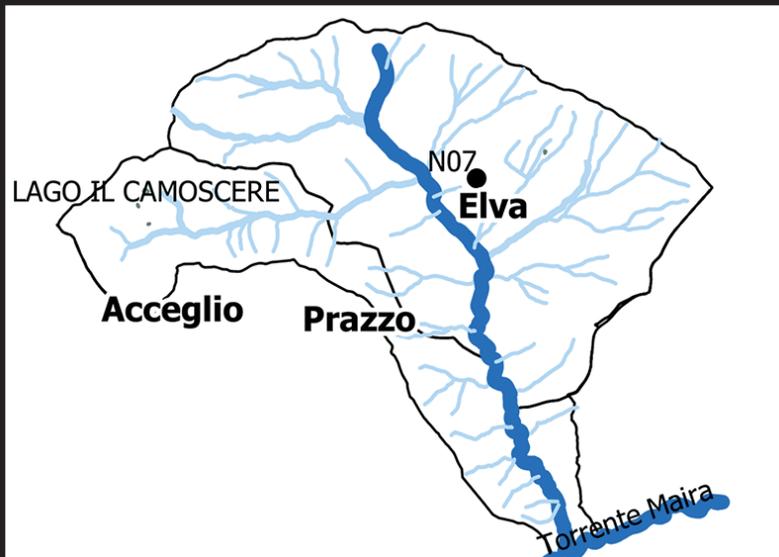
Nais e Canali

N06

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,
il 07-10-2020
quota altimetrica: 1769,01 m slm

Si presenta con la muratura su tutta la circonferenza, con un diametro pari all'incirca di 1,5 o 2 metri. Dal punto di vista architettonico, interessante per la presenza della muratura perimetrale. Riempito dai proprietari, come il N04, con materiali lignei di scarto, per evitare la caduta degli animali al pascolo. La funzione possiamo ipotizzare fosse principalmente di macerazione e irrigazione dei campi, si trova in un terreno privato. Non ci sono tracce di canalizzazioni a servizio di questo Nais, fa parte del sistema N04-N05.





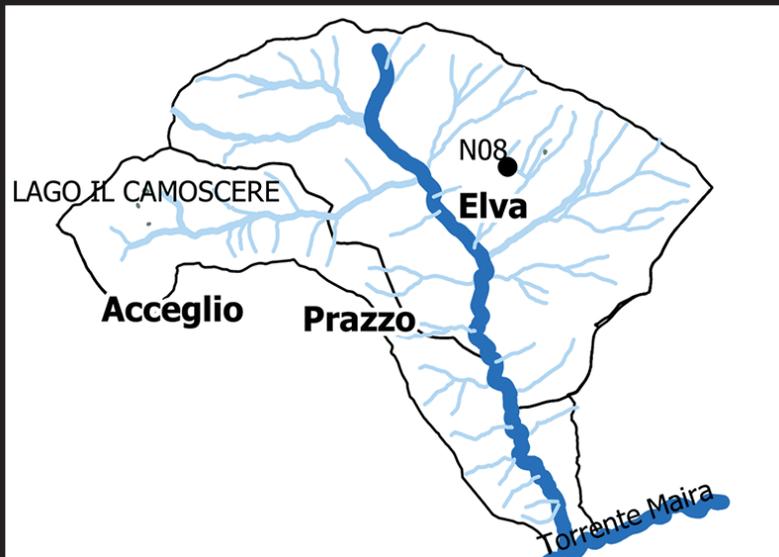
Nais e Canali

N07

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,
 il 07-10-2020
 quota altimetrica: 1701,44 m slm

Di questo Nais rimane solo un leggero avvallamento nel terreno. Interessante è la muratura a secco di contenimento del terreno, notiamo la presenza di uno sbocco di una canalizzazione sotterranea, evidentemente per permettere il passaggio della mulattiera soprastante, oggi strada comunale. Le dimensioni di questo oggetto sono sconosciute, poichè l'orografia del territorio non permette una lettura chiara. Possiamo ipotizzare che si trattasse di un manufatto abbastanza imponente. Nell'immagine in basso a destra notiamo il particolare di sbocco della condotta sotterranea.





Nais e Canali

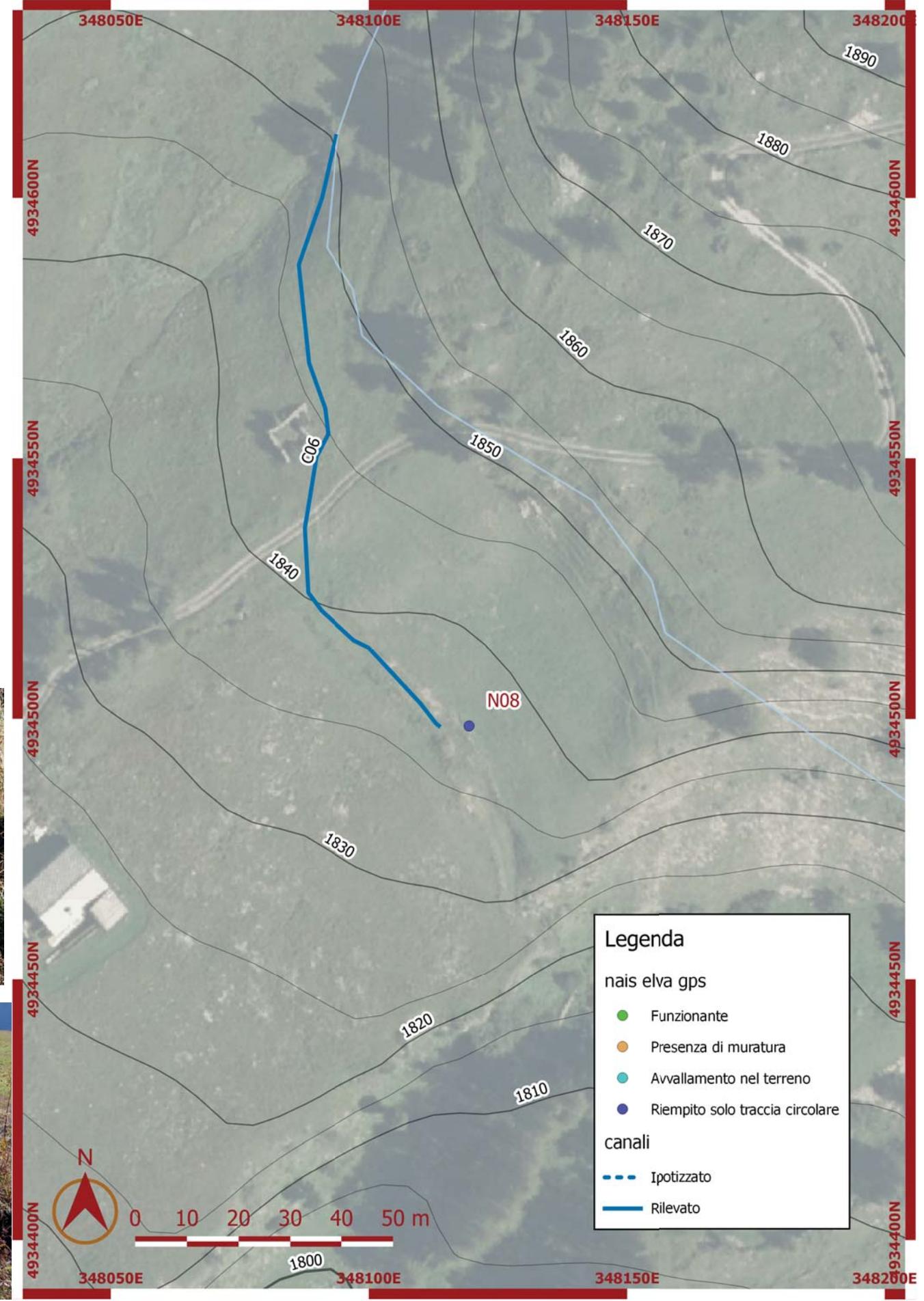
N08

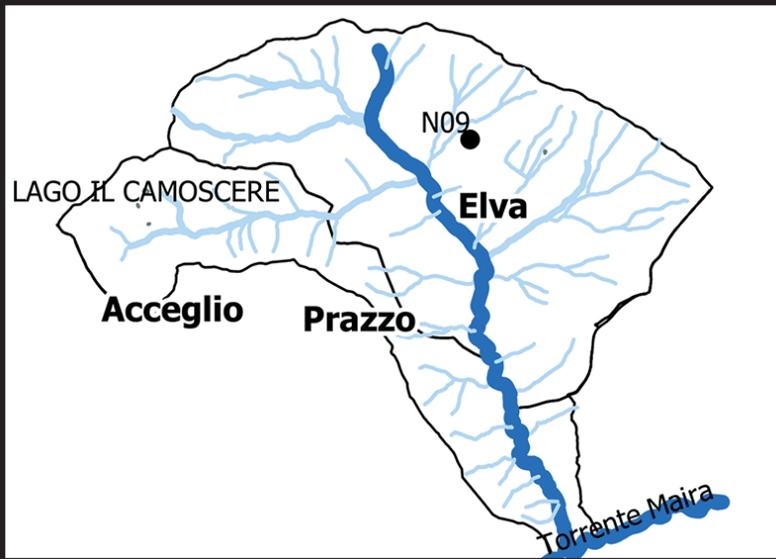
Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,

il 09-10-2020

quota altimetrica: 1841,75 m slm

E' caratterizzato non per forma o grandezza, ma per la sua collocazione su un terreno comunale. Il canale, oltre ad alimentarlo, svolgeva anche la funzione di confine tra pubblico e privato. La norma prevedeva che la collocazione delle cisterne fosse su terreni privati da irrigare, mentre il terreno comunale era adibito ai pascoli. Infatti la sua collocazione sul confine pubblico e privato fungeva anche da limite, da confine. A monte del canale il terreno era pubblico, a valle privato. Vi è poi una porzione della canalizzazione sotterranea in prossimità della mulattiera a servizio. La sua presa era posizionata in prossimità di un lavatoio su un rio senza nome, vicino alla località Grange Ciardonetti. Allo stato attuale ne rimane solo un segno sul terreno.





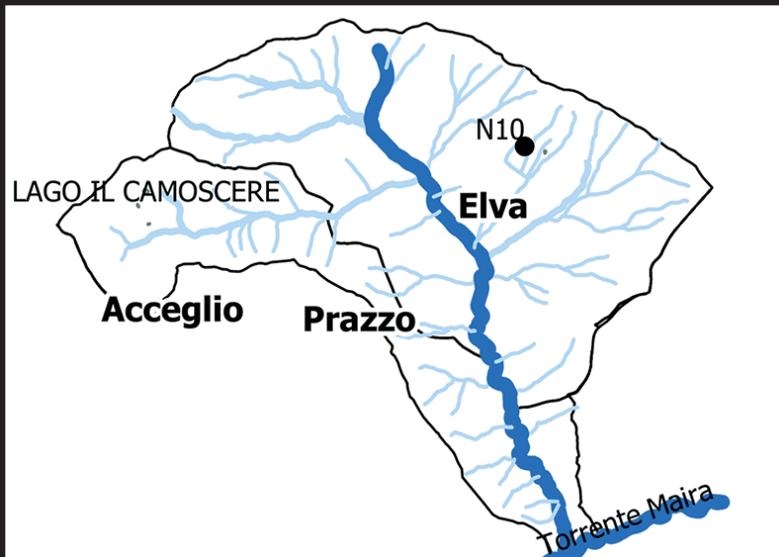
Nais e Canali

N09

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin, il 09-10-2020
 quota altimetrica: 1859,87 m slm

Lo stato attuale di questo Nais è solo un segno sul terreno di dimensioni modeste (2 m diametro), si trova in prossimità della canalizzazione da me denominata e datata "1880". Fa parte del sistema dei Nais dal N01 al N06. La sua funzione è imputabile alla macerazione e irrigazione dei campi. Esso è il primo Nais di questo sistema, posizionato poco più a monte del N01 in prossimità di un edificio di recente costruzione.



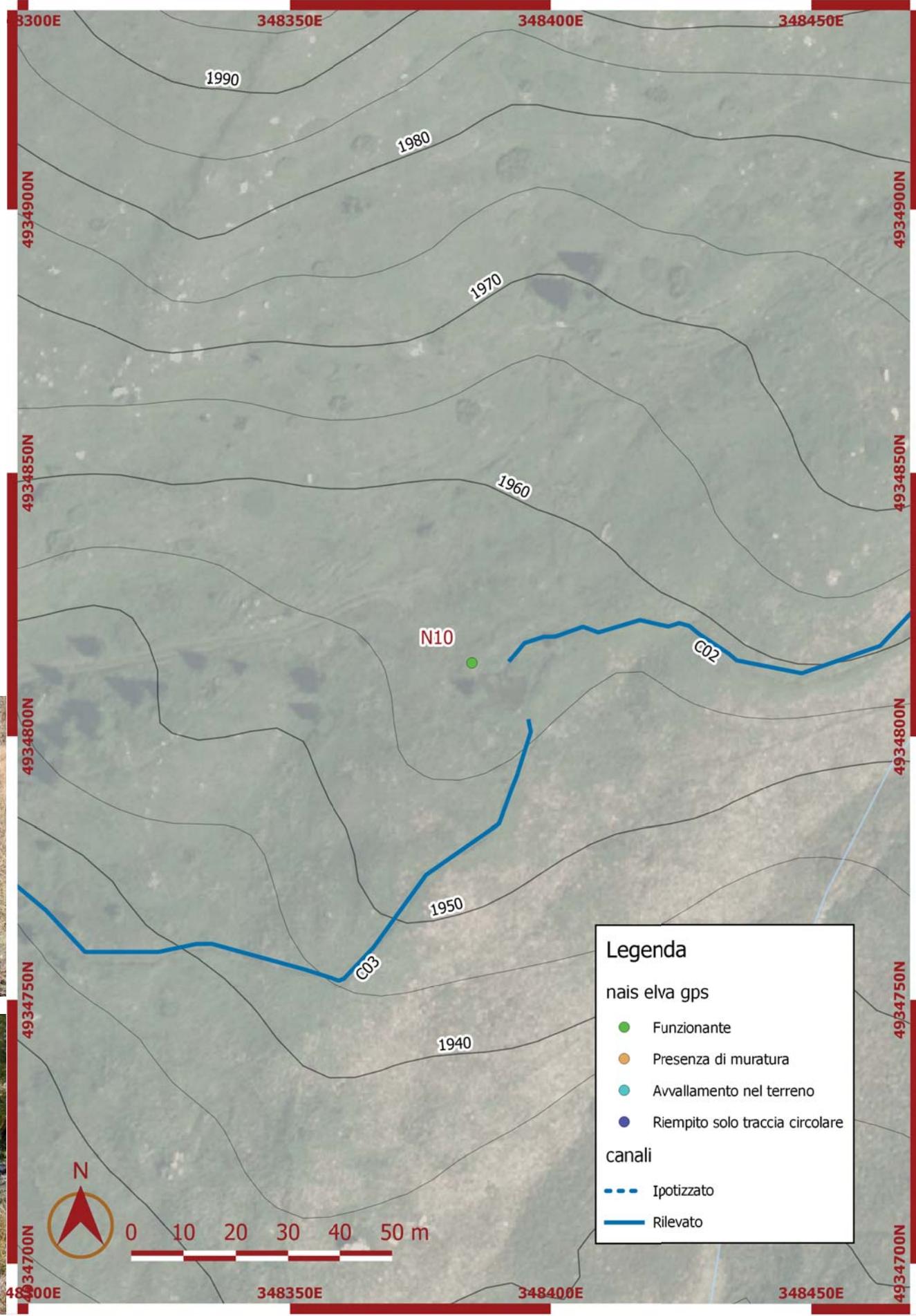
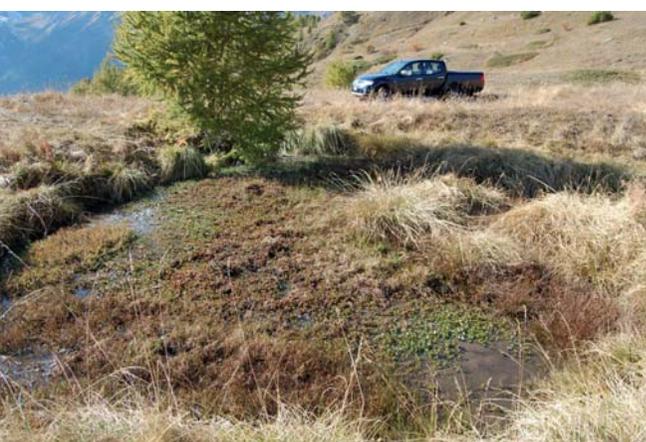


Nais e Canali

N10

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,
 il 17-10-2020
 quota altimetrica: 1949,99 m slm

Di proprietà del signor Franco Baudino, questo è l'unico sistema contenente dell'acqua e funzionante. Lo stesso proprietario esegue la manutenzione delle canalizzazioni ogni due anni; questo sistema ci permette di capire come potevano funzionare le cisterne. Capta le acque da una sorgente, identificata in loco come "S10" dallo shape file della regione con codice (CNS14327). l'acqua viene incanalata lungo una canalizzazione sino al Nais, e scaricata da un'ulteriore canalizzazione nel rio limitrofo. Il Nais risulta pieno di sedimenti, portati dalle canalizzazioni scavate nel terreno. Di forma circolare con un diametro di 10m circa, è l'unico oggetto rilevato dall'analisi della pendenza.





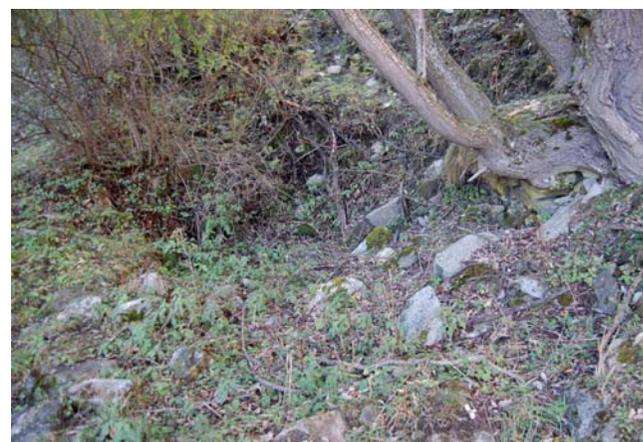
Nais e Canali

N11-12

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,
il 17-10-2020

Quota altimetrica: 1642,35 -
1645,78 m slm

Dei nais N11 e N12, rimane solo più la traccia sul terreno ma è interessante la loro collocazione, possiamo affermare con certezza che si trattava di maceratoi della canapa, dalla fonte orale del signor Franco che quando era più giovane portava la canapa a macerare in questi due nais accompagnato dalla madre; in prossimità si trovano due ruderi e in base alla carta dell'IGM del '60 notiamo in quella zona la presenza di due macchine ad acqua, due batou per la canapa. Le canalizzazioni alimentavano il mulino e i due Nais, lo possiamo affermare dalla collocazione dei mulini, posizionati più a monte dei due maceratoi. Si nota la traccia circolare nel terreno. Nel N12 è ancora presente una fonte d'acqua residua dovuta alle forti piogge. L'acqua che alimentava queste macchine e di conseguenza i Nais arriva dal "Gias Vecchio", la cui fonte si trova nel comune di Prazzo. Lo stato di conservazione delle due strutture è caratterizzato da una porzione di muratura protetta dal declivio del terreno, confondibile con un muro controterra. Molto probabilmente si trattava di edifici di piccole dimensioni di un unico piano, come tipico dei mulini di alta montagna con un prospetto protetto dall'orografia del terreno, l'unico che si è salvato. Questo sistema di nais e mulini ci permette di dedurre il grande utilizzo dell'acqua in alta montagna, con un unico canale scomparso si alimentavano come detto in precedenza, i due mulini e i due nais scaricandosi nel torrente limitrofo. In basso nell'immagine notiamo che cosa rimane della zona di produzione caratterizzata dai due mulini. Sul catasto ricavato dal geoportale le due strutture non sono più presenti per cui si è ricorso alla mappatura puntuale tramite il palmare GPS GNSS Garmin.





Legenda

nais elva gps

- Funzionante
- Presenza di muratura
- Avvallamento nel terreno
- Riempito solo traccia circolare

canali

- - - Ipotizzato
- Rilevato

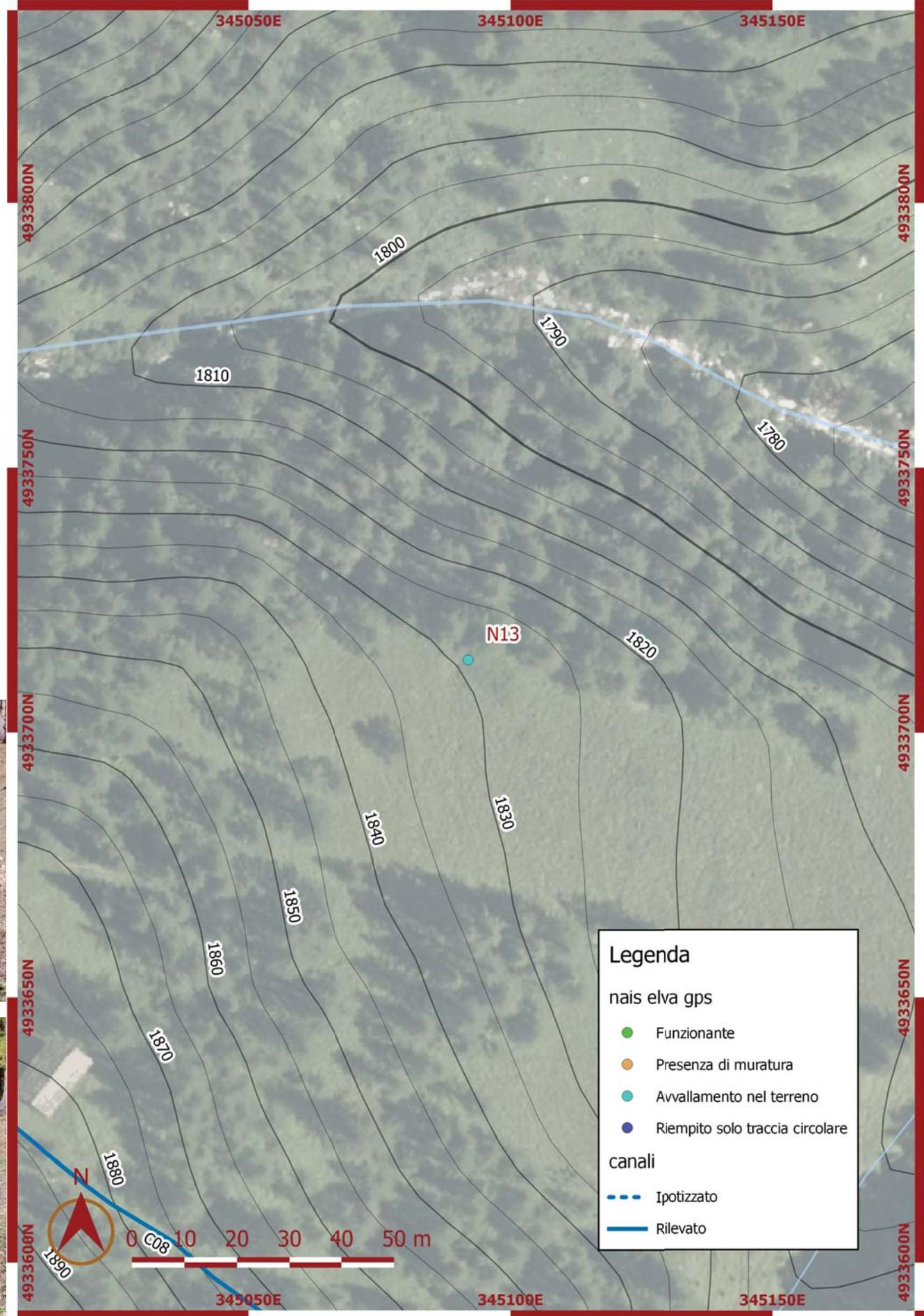


Nais e Canali

N13

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin, il 17-10-2020
 quota altimetrica: 1826,22 m slm

Lo stato attuale di questo Nais si presenta come avvallamento nel terreno, non vi sono tracce di canalizzazioni intorno, più a monte si trova un canale irriguo, con molta probabilità l'alimentazione della cisterna veniva fornita da quest'ultimo. Questa canalizzazione si presenta come uno scavo nel terreno con la presenza tutt'ora di pietre disposte a taglio come divisione tra la strada e il canale; nella sua prossimità è presente un edificio in pietra realizzato seguendo le metodologie del luogo con l'inserimento di malta cementizia tra i giunti della muratura, per cui di fattura più recente. La forma del Nais è rettangolare, in prossimità si trovano i ruderi di un abitazione. Possiamo ipotizzare che la cisterna servisse come riserva d'acqua e per l'irrigazione di quest'area caratterizzata da pendenze più lievi.



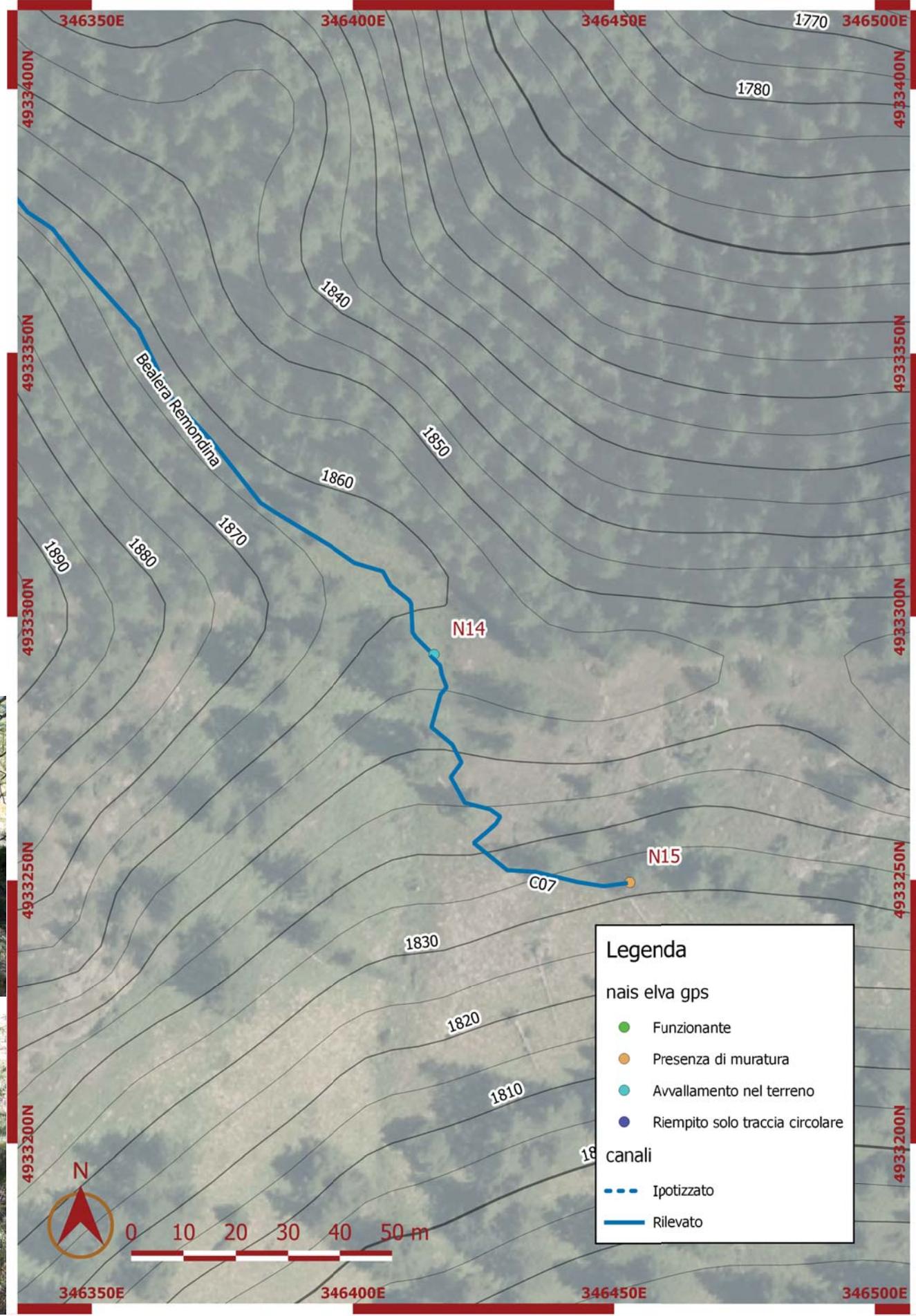


Nais e Canali

N14

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,
 il 17-10-2020
 quota altimetrica: 1865,68 m slm

Anch'esso si presenta come avvallamento nel terreno, sulla rocca delle Orsieres. Fa parte del sistema alimentato dalla Bealera Remondina, la quale capta l'acqua dal sesto affluente sulla destra orografica del Gias Vecchio, in prossimità della punta Chiarmetta sul colle della Liretta. Questo sistema confluisce sulla Valle delle Coste dove sono situate le due borgate di Lischia e Brioni. La forma della cisterna è circolare. Possiamo ipotizzare venisse utilizzata per la macerazione della canapa e per l'irrigazione; la zona è caratterizzata da forti pendenze sul versante sud in prossimità del N15.





Nais e Canali

N15

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin, il 17-10-2020

quota altimetrica: 1834,79 m slm

Si presenta con la muratura di contenimento, di forma rettangolare, viste le sue dimensioni e la vicinanza con un'antica abitazione stabile, ormai in stato di rudere, possiamo dedurre l'uso di accumulo idrico e irrigazione; in prossimità dei resti dell'edificio notiamo una serie di terrazzamenti, vi è la presenza di una cava per materiale da costruzione ed una possibile zona al coperto ricavata nella cava stessa. Possiamo dedurre che fosse coperto a causa di un segno rettangolare scavato nella roccia (immagine nella pagina successiva l'ultima in basso). La ricerca del tracciato della canalizzazione ha richiesto tempo data la scarsità di segni sul territorio ed è stato scelto di rilevare il percorso più probabile.

Il canale di alimentazione di questa cisterna ha la presa nel Nais posto a monte (N14). nelle immagini in alto a pagina a lato in ordine: la prima a sinistra la cava di materiale, a seguire i terrazzamenti con muratura a secco, nelle due immagini al di sotto lo stato attuale dell'edificio completamente diroccato: rimane solo un muro in muratura; a seguire la zona coperta che



possiamo presumere fosse un lavatoio; si nota il segno rettangolare inciso nella roccia, una rientranza per permettere il posizionamento di un oggetto rettangolare magari a sostegno di una possibile copertura. La particolarità di questo Nais sta nel fatto che è stato scavato sul versante e possiede un muro a secco di contenimento in pietrame. Esso si sviluppa lungo la direzione maggiore della cisterna la quale a sua volta corre parallelamente alle linee di pendenza del versante; nelle fotografie in basso possiamo vederlo nella sua interezza.





N16

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,

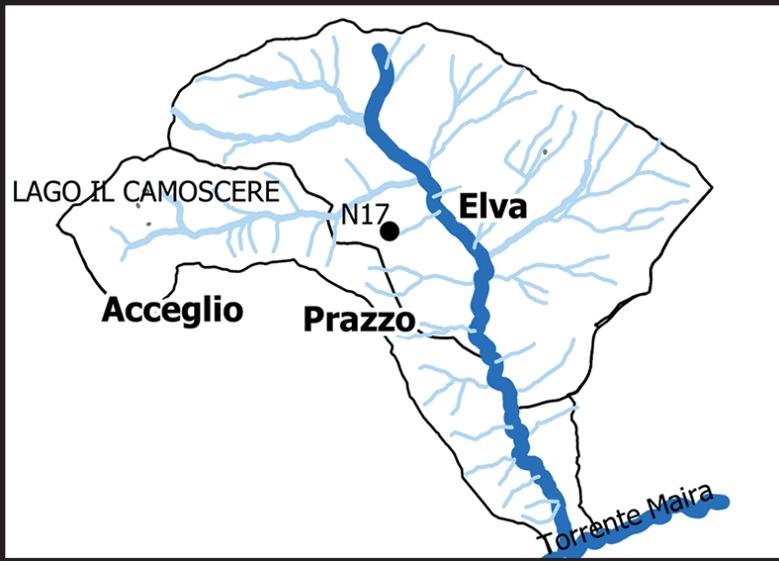
Il 17-10-2020

Quota altimetrica: 1873,93 m slm

E' posto sulla cresta, in prossimità della zona denominata "Bric Ortili", posto al di sopra delle borgate di Chiosso Inferiore, Superiore e di Mezzo. Si presenta come avvallamento dolce nel terreno, la forma è rettangolare, nelle vicinanze non vi sono tracce di canalizzazioni. Più a monte, su tre piccoli alti-piani, notiamo la presenza di picconate, forse una zona di estrazione. Non si è certi che fosse un nais.





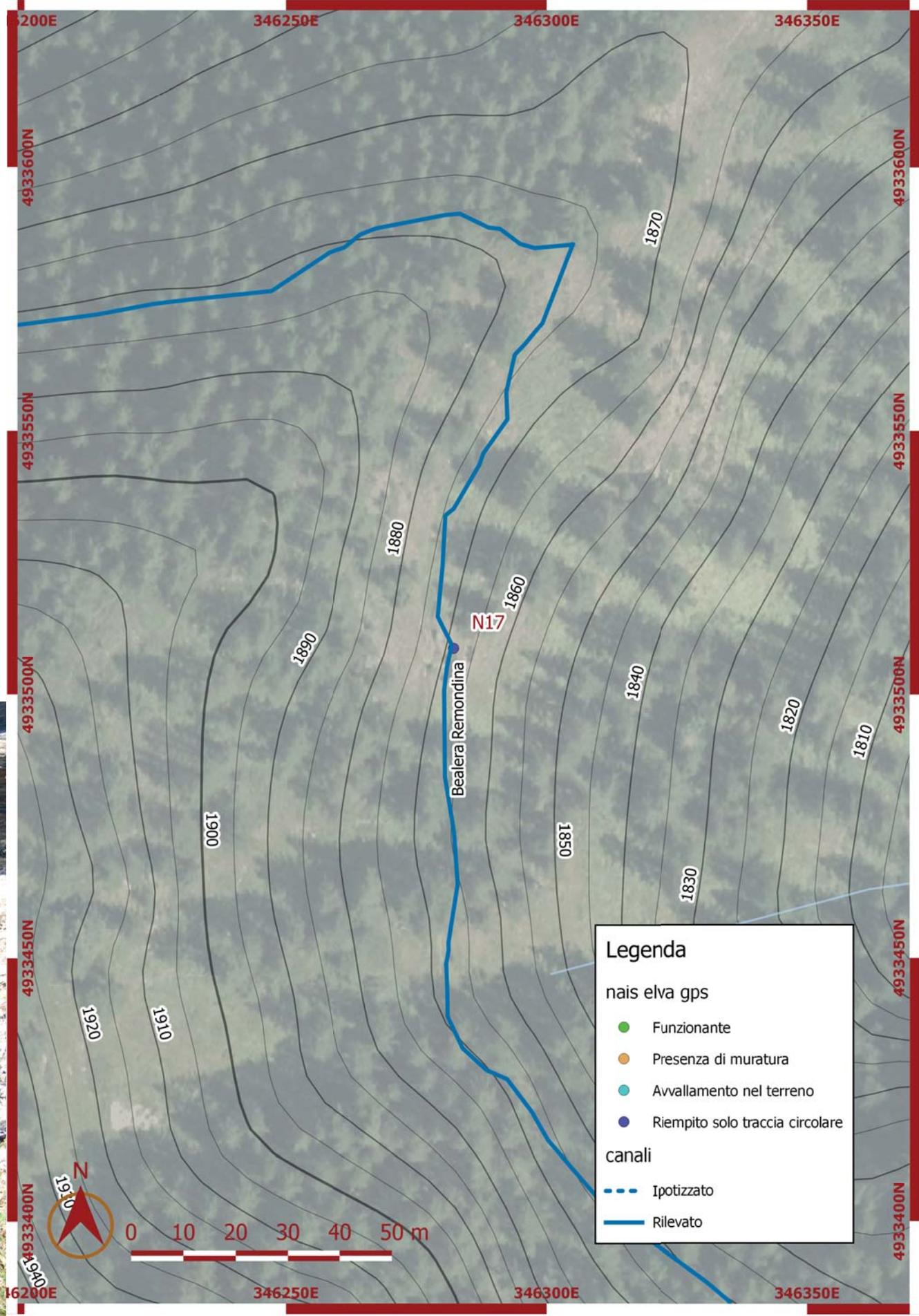


Nais e Canali

N17

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,
 Il 17-10-2020
 Quota altimetrica: 1871,39 m slm

Il Nais 17, è scavato nella roccia, troppo piccolo per essere stato un maceratoio e per l'irrigazione; probabilmente svolgeva la funzione di abbeveratoio per il bestiame, posto sulla bealera Remondina. Come per il N16 non vi è la certezza che si trattasse di un nais. Avrebbe potuto ipoteticamente trattarsi di una zona di decantazione delle acque per far riposare i sedimenti, come sulla Bealera di San Michele ripresa in cemento nel '49.





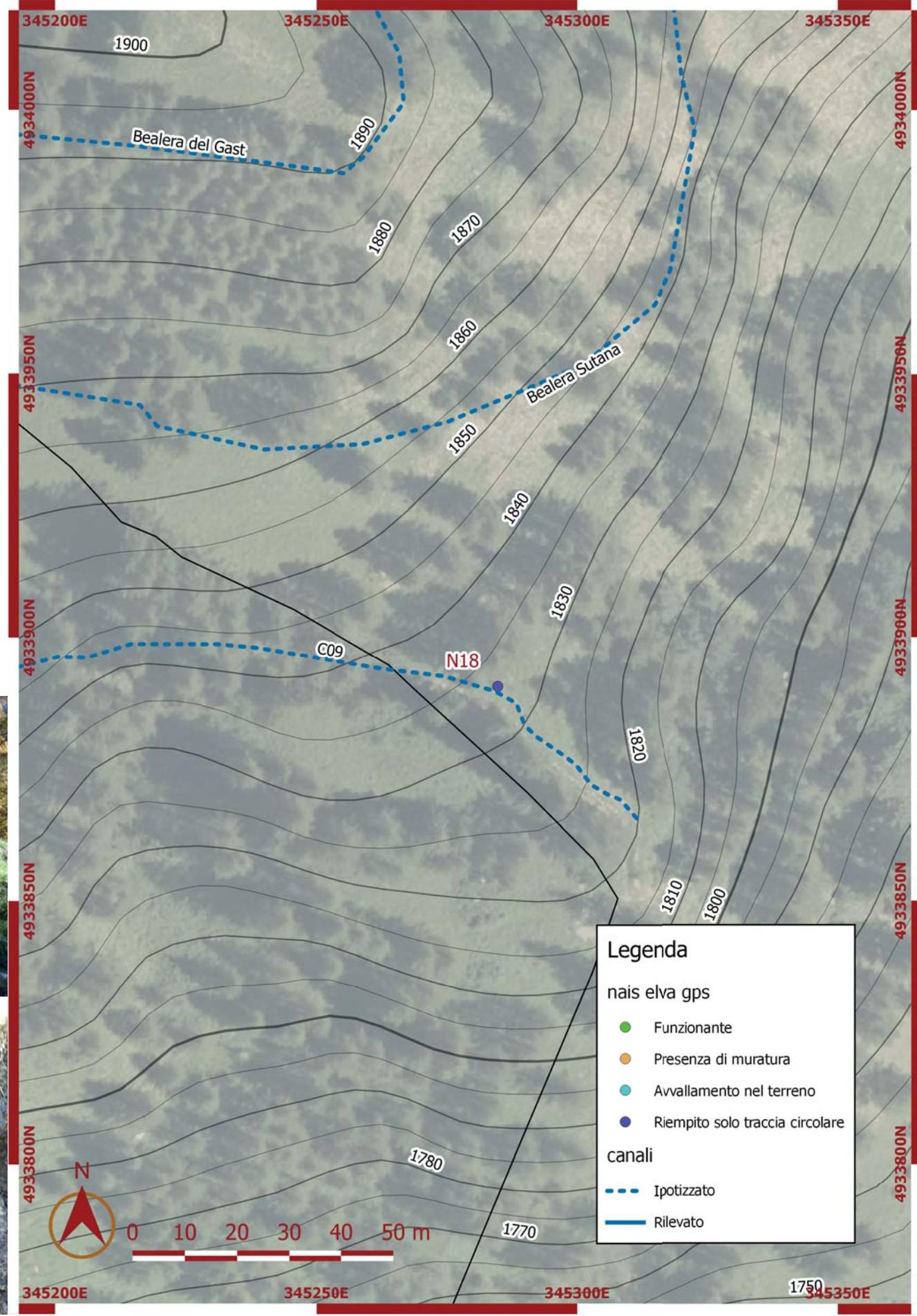
Nais e Canali

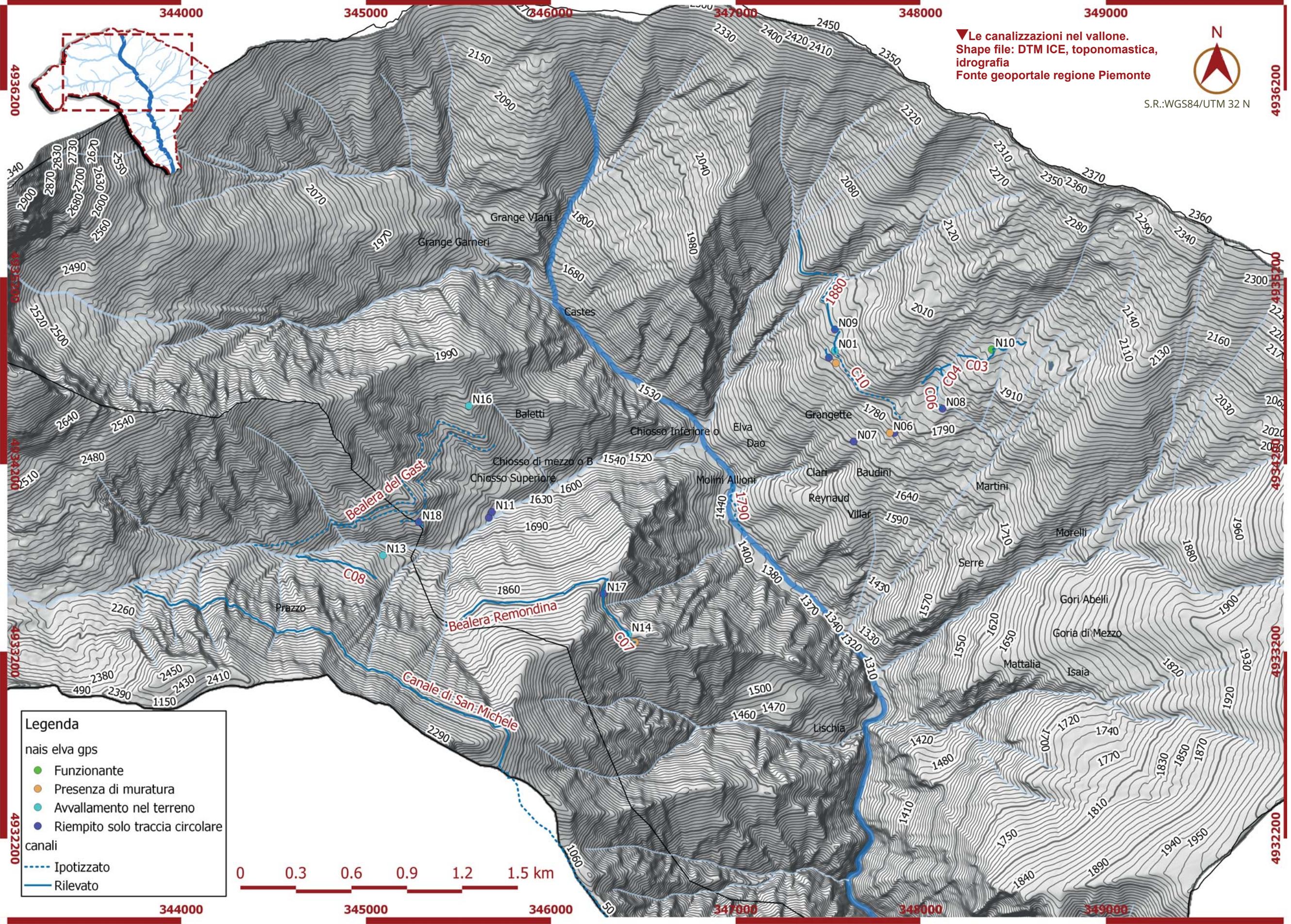
N18

Nais rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,
il 24-10-2020

quota altimetrica: 1846,11 m slm

E' stato ricavato da una antica cava di lose, oggi si presenta come traccia circolare nel terreno, la canalizzazione non ha un nome per cui gli è stato attribuito un numero (C16); quest'ultima costeggia il sentiero che porta verso la Bealera del Gast e proseguendo si arriva sia alla Bealera di San Michele e oltre fino al lago delle Camoscere sul "piano del Vallonello". La canalizzazione trasporta l'acqua da una sorgente nei paraggi fino al Nais per poi disperdersi lungo le rive della valle. A causa della vegetazione non è stato possibile capirne la forma, forse circolare.





▼ Le canalizzazioni nel vallone.
Shape file: DTM ICE, toponomastica,
idrografia
Fonte geoportale regione Piemonte



S.R.:WGS84/UTM 32 N

Legenda

nais elva gps

- Funzionante
- Presenza di muratura
- Avvallamento nel terreno
- Riempito solo traccia circolare

canali

- Ipotizzato
- Rilevato





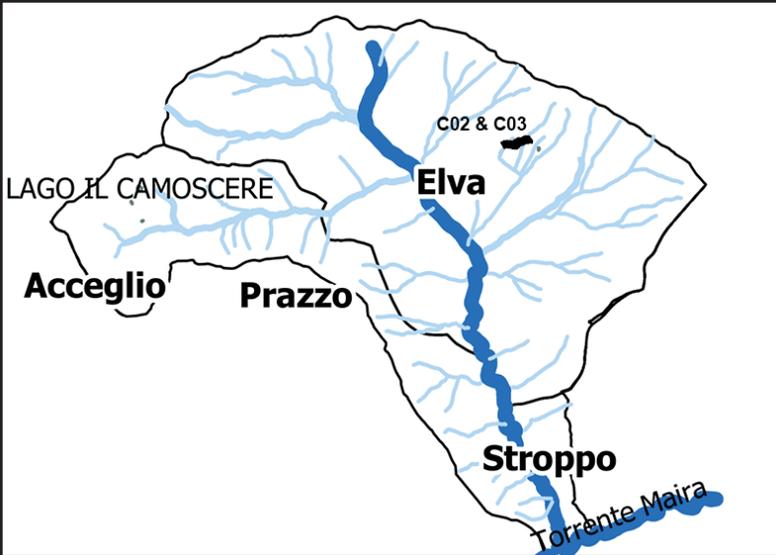
Nais e Canali

C01

Canale rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin, il 09-10-2020
 lunghezza: 42,51 m

Il Canale denominato (C01), si presenta come traccia sul territorio di lunghezza modesta e alimentava il Nais N03. La presa era posta a monte in un rivo in prossimità, a scopo di alimentazione del Nais e irrigazione. Il percorso di questa canalizzazione è quello più probabile, ipotizzato in base alle tracce sul terreno. Questo sistema composto da canale e Nais è il più semplice nella vallata.



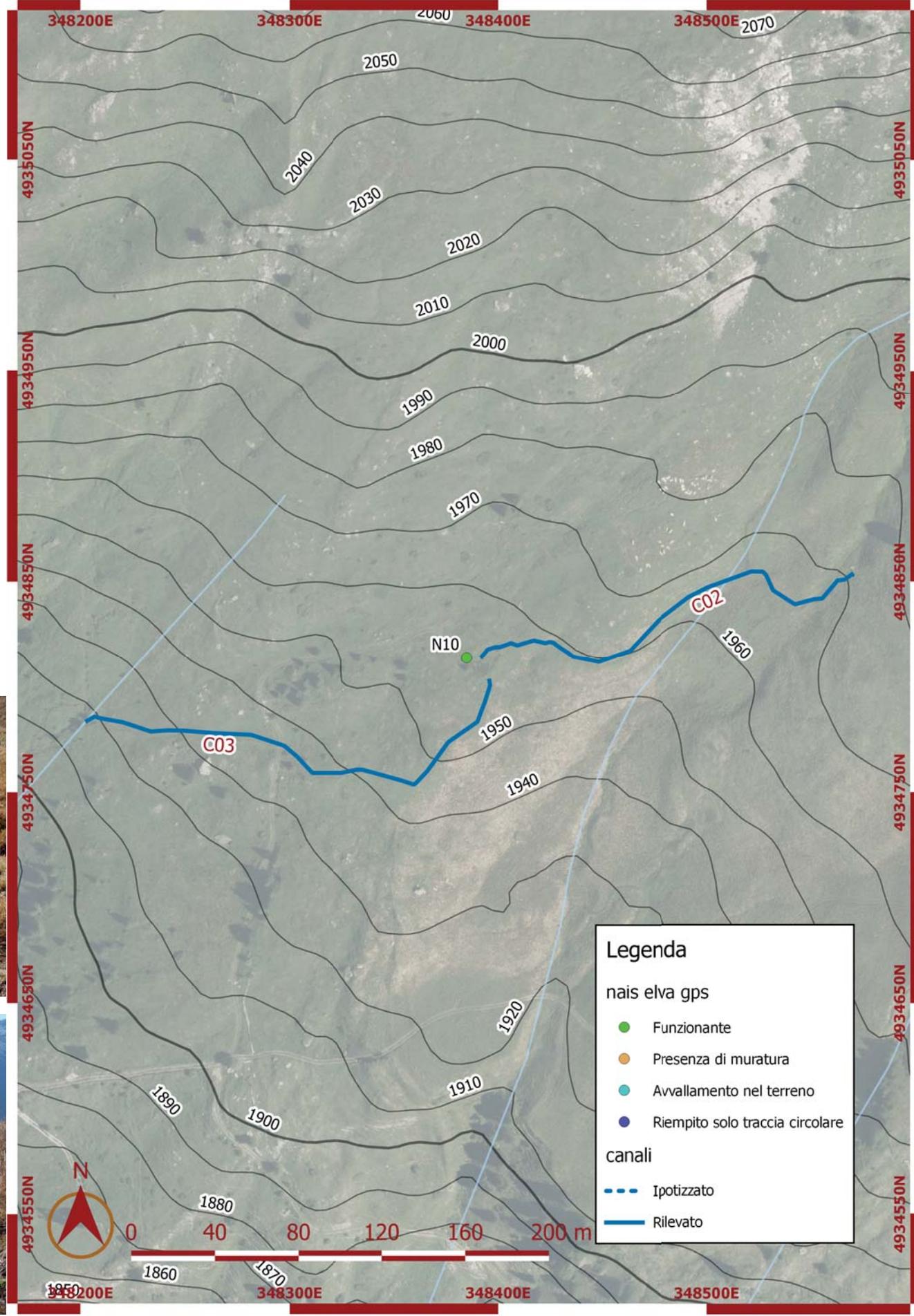
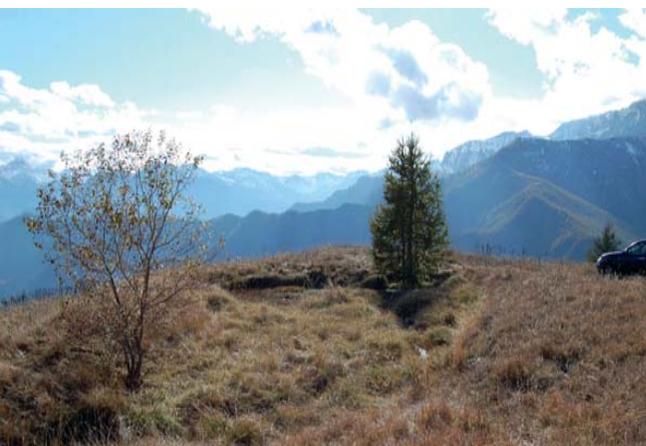


Nais e Canali

C02 & C03

Canale rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin, il 09-10-2020
 lunghezza: 208,81 m +228,76m

I Canali denominati (C02 & C03), sono attualmente funzionanti, mettono in collegamento la sorgente denominata S10 con il Nais N10. Il C02 capta le acque dalla sorgente e le convoglia nel N10, il canale C03 capta dal Nais e le scarica nel rio "S.N.". Il sistema si trova in località Grange Ciardonetti ed è l'unico sistema completo funzionante. Esso è composto da due canali e un Nais di dimensioni notevoli con un diametro di 10 metri. La lunghezza complessiva della canalizzazione è di 437,57 m, inizia ad una quota altimetrica di 1970 m s.l.m. e termina ad una quota di 1920 m s.l.m. con un dislivello di 50m. La prima canalizzazione presenta una pendenza del 6,15% (C02), la seconda del 16,1%. Lungo questi canali non riscontriamo la presenza di particolarità costruttive e l'impermeabilità è garantita dal terreno stesso.





Nais e Canali

C04 & C05

Canale rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,
 il 09-10-2020
 lunghezza: 93,07m + 143,39 m

Questo sistema formato da due canalizzazioni C04 e C05 alimenta anche un antico lavatoio; il canale C04 è situato in prossimità del rio, ha la presa su di esso e confluisce nel lavatoio riempiendo poi le acque reflue nel rio di partenza. Dal lavatoio parte una seconda diramazione denominata C05, la quale serve come canale di irrigazione dei campi. All'estremità di quest'ultima è possibile intravedere una serie di canali minori adibiti all'uso irriguo, la cui distanza è di circa una decina di metri. In prossimità del lavatoio sono presenti i resti di un edificio. Le tracce delle canalizzazioni sono quasi del tutto scomparse, è stato possibile rilevarlo grazie all'aiuto del signor Franco Baudino. la lunghezza complessiva delle canalizzazioni è di 236,46m con un dislivello di 38,33m. La pendenza del primo canale (C04) è di 21,22% del secondo è di 12,96%.





Nais e Canali

C06

Canale rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin,
 il 09-10-2020
 lunghezza: 126,37 m

Il canale (C06) alimenta il Nais N08, ha la presa sul rio dove il sistema precedente (C02 & C03) ha lo scarico; attualmente si presenta come un solco sul terreno con ancora la divisione dalla strada. Questa divisione è caratterizzata dalla presenza di pietre poste di taglio in posizione verticale ed è l'unico sistema sul territorio di proprietà comunale. Anche in questo caso il canale era composto da un semplice scavo nel terreno, salvo nel tratto in cui transitava sotto la strada: in quel particolare punto la canalizzazione diventava sotterranea, oggi il tratto sotterraneo non esiste più. Questa canalizzazione parte da una quota di 1847 m s.l.m., finisce nel Nais N08 ad una quota altimetrica di 1836 m s.l.m. Presenta una pendenza del 9,33% con un dislivello di 11,79 m.



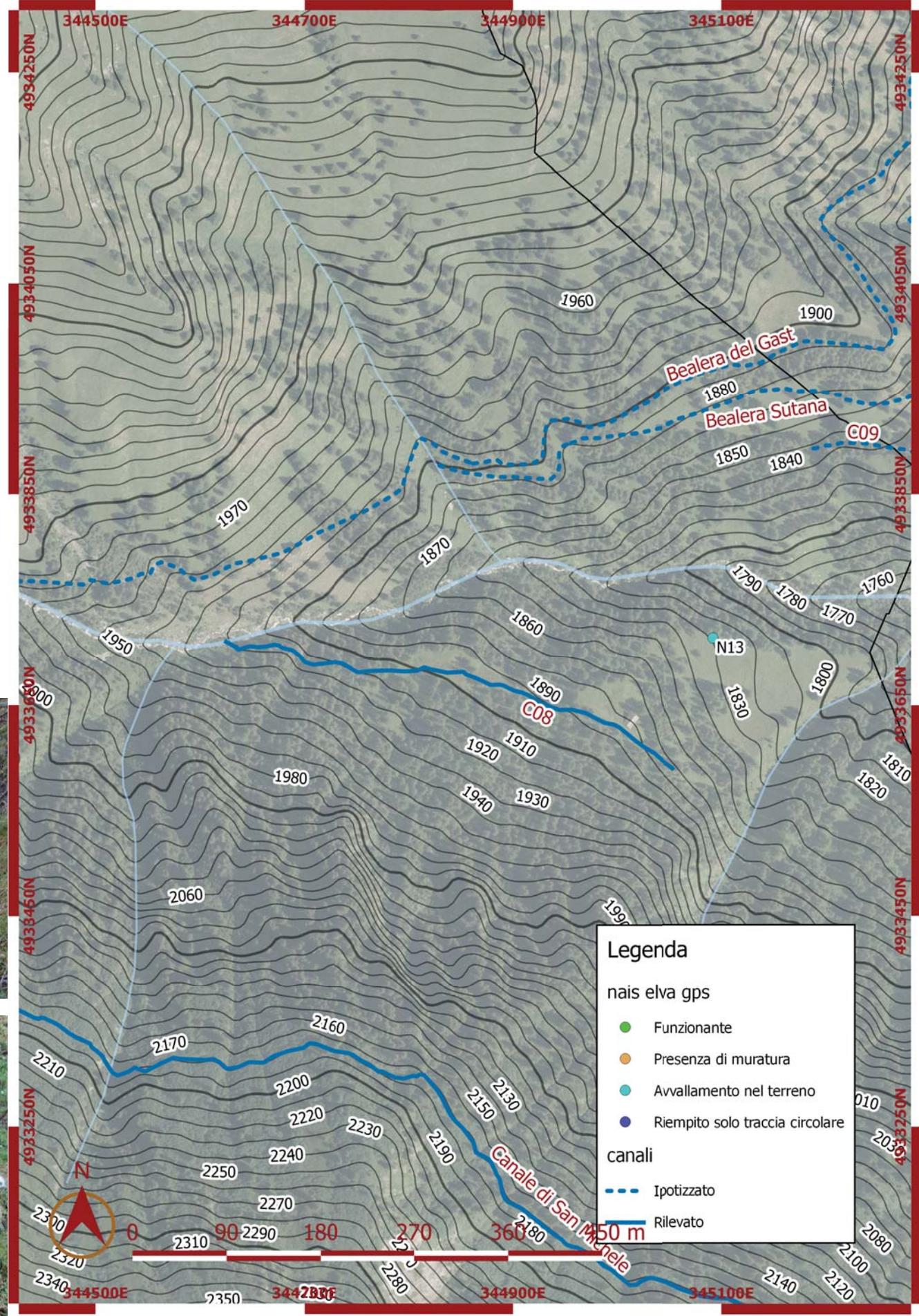


Nais e Canali

C08

Canale rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin, il 09-10-2020
 lunghezza: 455,61 m

Il canale (C08) è un canale irriguo, ha la presa sul torrente Gias Vechhio e possiamo ipotizzare che una diramazione di questa canalizzazione alimentasse il Nais N13. sul territorio non sono più visibili le tracce di questa ipotetica diramazione. Presenta una lunghezza di 455,61 m, un dislivello di 44,61 m e la pendenza del 9,79%. Questo canale si presenta come scavo nel terreno ed è ancora visibile la parte di divisione dalla strada con l'utilizzo di pietre poste verticalmente. Sulla parte situata vicino al fiume, è solamente più presente una traccia nel terreno e ciò è dovuto all'utilizzo dell'antico canale come sentiero.





Nais e Canali

C09

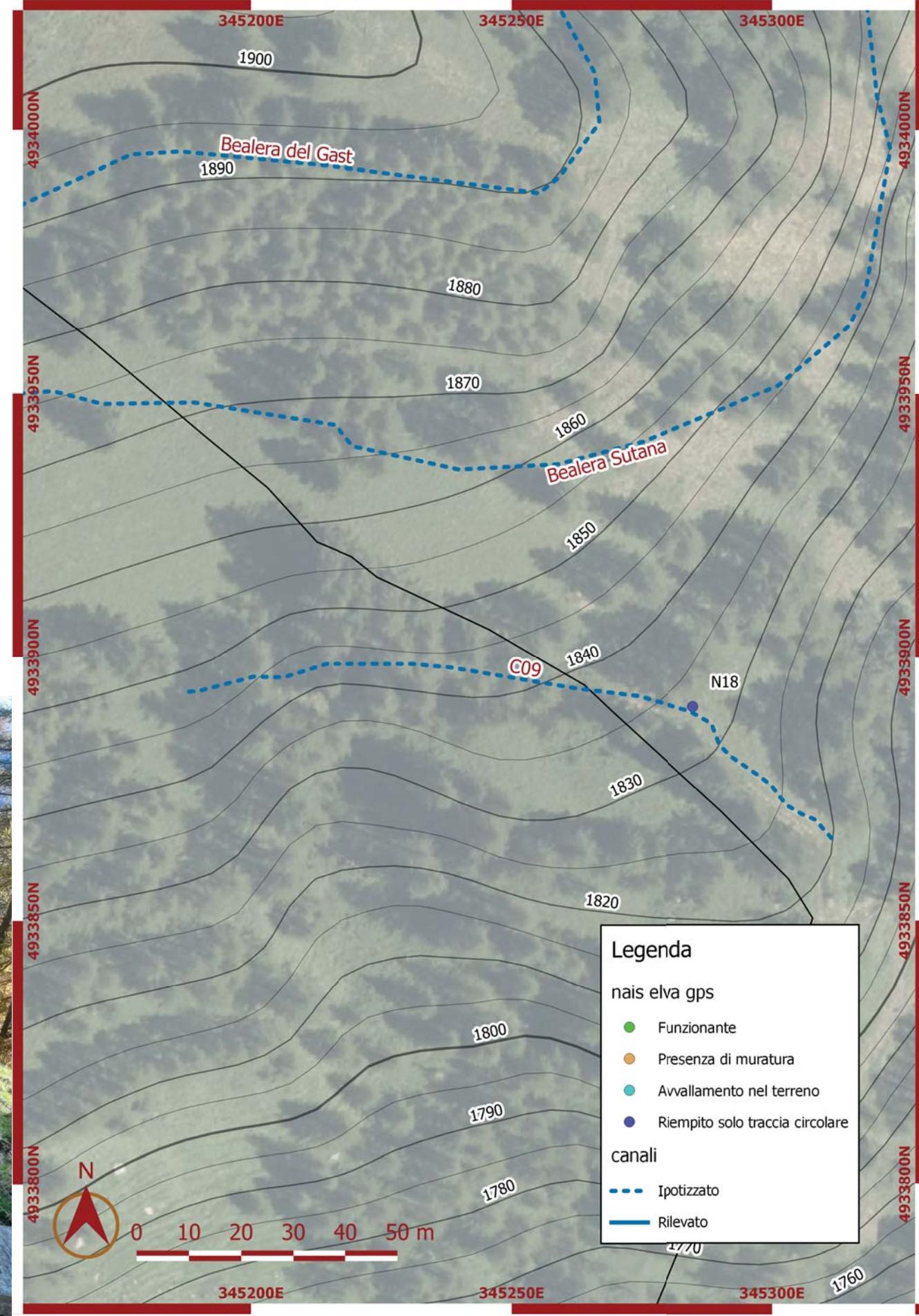
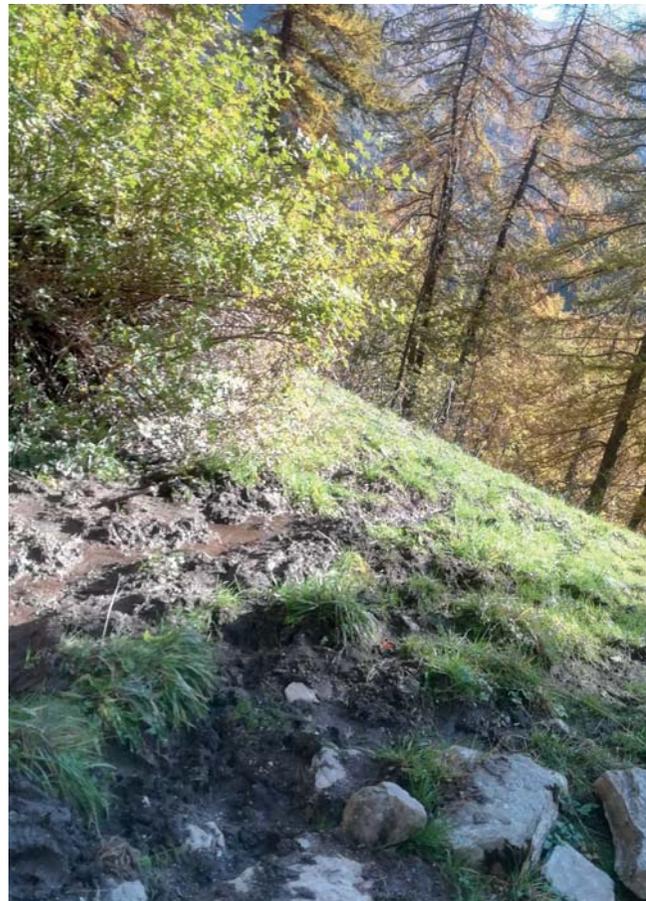
Canale rilevato tramite la comparazione dell'ortofoto e del NIR.

N.d.

lunghezza: 135,36 m

Il canale (C09) alimenta il Nais N18, la sua presa è una sorgente non intubata e libera sul territorio Esso costeggia l'antica mulattiera, per alcuni tratti ancora pavimentata; l'abbiamo percorsa per raggiungere la Bealera di san Michele nell'ultima campagna di rilievo. Per il primo tratto dalla sorgente al nais la canalizzazione è ancora visibile e funzionante, successivamente, all'incirca 35 m dopo il Nais, non sono più presenti tracce sul territorio.

Anche in questo caso per la delimitazione della canalizzazione e della strada sono stati utilizzati elementi lapidei, non posizionati di coltello come nei canali precedenti, ma pietre disposte di piatto. questa canalizzazione presenta: una lunghezza di 135,36m, un dislivello di 28,04 m e una pendenza del 4,83%.





Nais e Canali

Bealera Remondina + C07

Canale rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin

il 17-10-2020

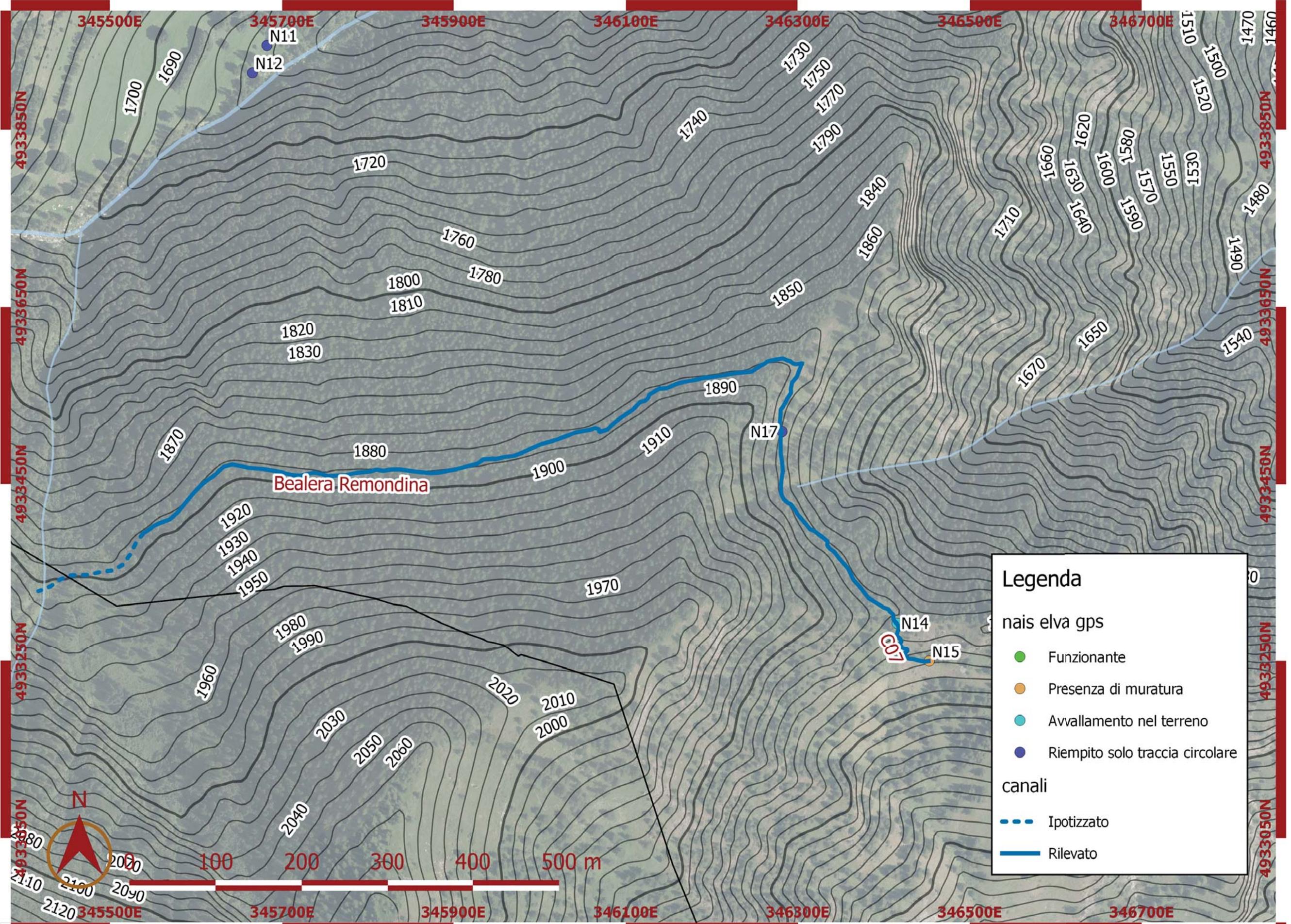
lunghezza: 1345,61 m

La Bealera Remondina attraversa il bosco dei Tavanet fino al colle delle Orsine e finisce sul colle della Liretta. Questa canalizzazione è fiancheggiata da un sentiero, il quale conduce fino al colle delle Orsine, da cui partono varie escursioni. Oggi si presenta solo come segno sul terreno. Questo canale alimentava i due Nais (N14 e N15) posti sul colle della Liretta. Probabilmente possedeva un piccolo sistema di decantazione delle acque (N17). Il primo tratto non è stato rilevato con il palmare a causa della vegetazione e del terreno, sono stati mappati il punto di presa agibile e l'ultimo punto rilevato. Ho ipotizzato il percorso della canalizzazione per il primo tratto (147,08m). La canalizzazione presenta una lunghezza totale di 1345,61m, un dislivello di 40,33 m e una pendenza del 3,35; è una delle canalizzazioni più importanti che serviva a trasportare l'acqua da una zona ricca e poco sfruttabile ad una zona povera d'acqua ma più coltivabile e vivibile.



Il canale denominato C07 convoglia le acque della "Remondina" fino al Nais N15, il suo tratto è stato ipotizzato sul territorio, mappato con il palmare, cercando di seguire le poche tracce presenti sul terreno.





Legenda

nais elva gps

- Funzionante
- Presenza di muratura
- Avvallamento nel terreno
- Riempito solo traccia circolare

canali

- - - Ipotizzato
- Rilevato





Nais e Canali

Bealera C1880

Canale rilevato con la metodologia palmare GPS Garmin e ipotizzato dalla comparazione delle ortofoto e Nir con l'estrazione delle curve di livello dal DEM

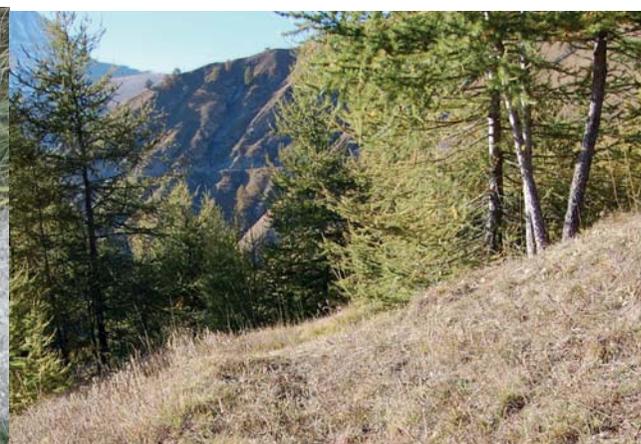
il 07-10-2020

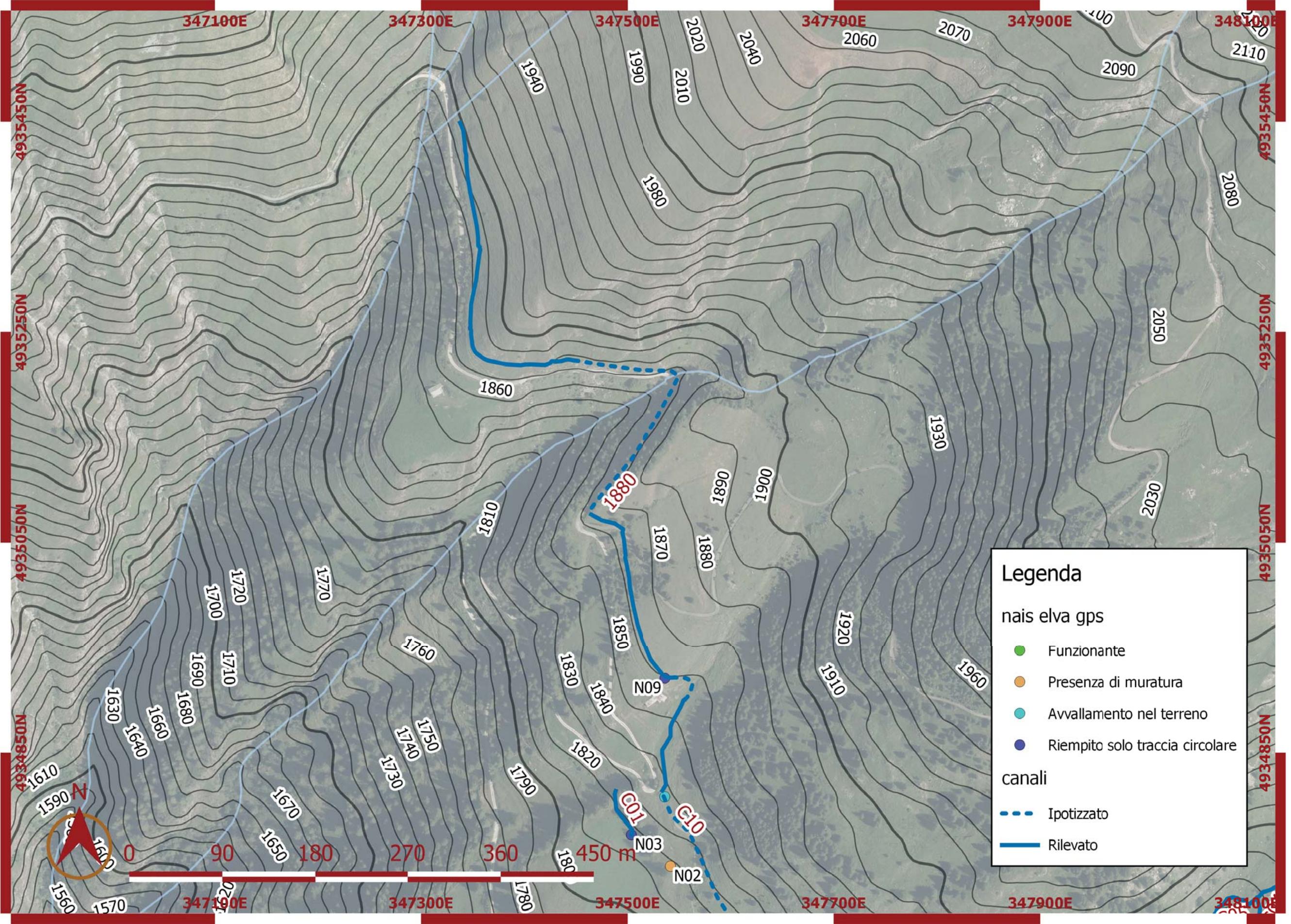
lunghezza: 1345,61 m

Questa canalizzazione non ha un nome ma è stato possibile risalire ad una data incisa su una roccia in prossimità della prima zona ipotizzata e interrotta dalla strada "1880". Per il rilievo è stato utilizzato il palmare Garmin, per quanto riguarda le parti ipotizzate, rimando al paragrafo intitolato "NIR e Ortofoto". Interpolando questi dati con le curve di livello estratte, sono stati ipotizzati i tratti interrotti dalla strada. Non sono riuscito a risalire alla presa della canalizzazione in quanto non sono più presenti tracce sul terreno; il primo punto rilevato è posto in prossimità della congiunzione del torrente Comba del Passo e del Rio Ciampines. Nel primo tratto il rilievo è stato alquanto difficoltoso viste le numerose tracce sul territorio dovute a sentieri privilegiati dal bestiame che pascola quelle zone. Il primo tratto si conclude su uno sperone di roccia, dove

Nais e Canali

sono presenti segni di picconate, per il probabile inserimento di una gorgia. Da qui in poi vi è una prima interruzione dovuta alla strada. Seguendo quest'ultima sono riuscito a ricongiungere il secondo tratto della canalizzazione, il quale è interrotto nuovamente dalla medesima strada per un breve tratto e continua sul lato opposto fino al Nais N09. Successivamente la canalizzazione si interrompe e riprende sul versante opposto fino al Nais N01.





Legenda

nais elva gps

- Funzionante
- Presenza di muratura
- Avvallamento nel terreno
- Riempito solo traccia circolare

canali

- Ipotizzato
- Rilevato





Nais e Canali

C10

Ipotizzato dalla comparazione delle ortofoto e Nir con l'estrazione delle curve di livello dal DEM

N.D.

lunghezza: 1345,61 m

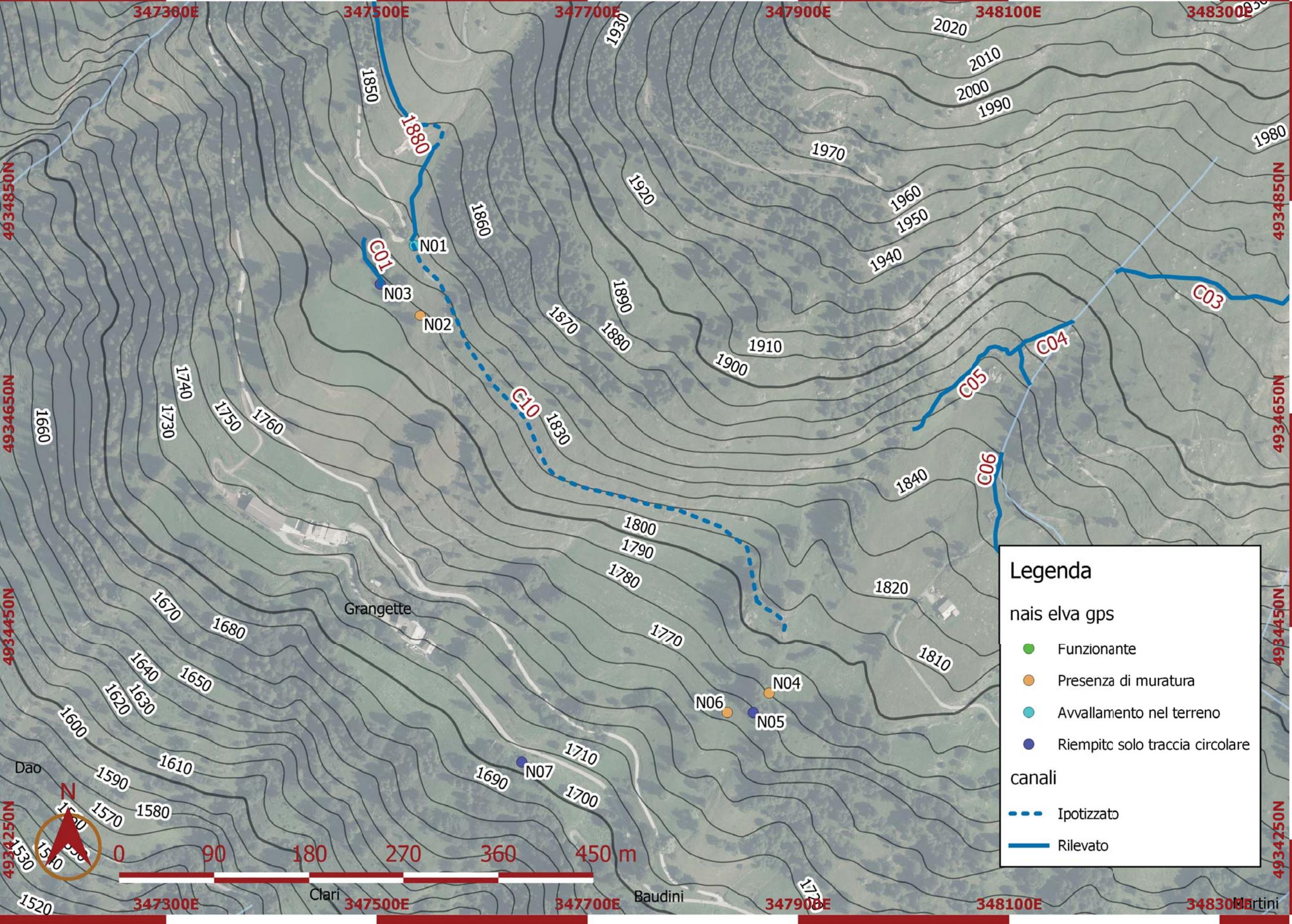
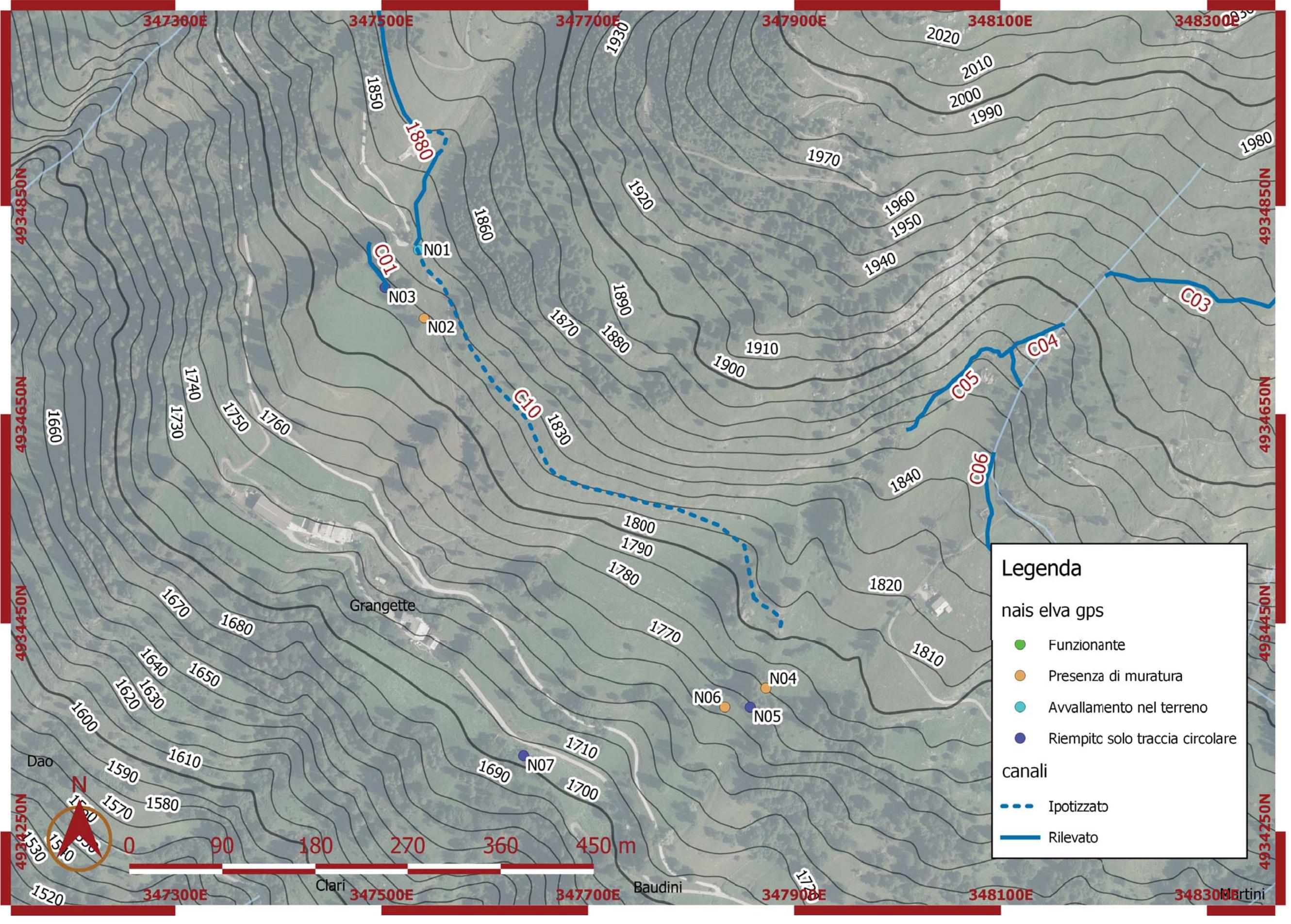
La canalizzazione C10 è il proseguimento della canalizzazione del 1880, parte dal Nais N01 e prosegue fino al sistema di Nais N04-N05-N06. Le tracce sono visibili dalla comparazione di ortofoto e NIR, sino ad una zona di raccolta delle acque per abbeveramento del bestiame; le tracce seguite non proseguono direttamente fino al sistema composto dai tre Nais. Se consideriamo l'insieme delle due canalizzazioni notiamo il più vasto sistema d'uso delle acque dell'intero vallone, composto da due canali e sei Nais in totale. Questa canalizzazione si presenta come tracciato sul terreno, il suo scavo non esiste più ma permane la traccia utilizzata come sentiero dagli abitanti. Nel primo tratto si trovano i resti di una strada con ancora la muratura a secco si ipotizza che la canalizzazione l'affiancasse; questo percorso faceva parte della rete sentieristica della G.T.A. La seconda parte della canalizzazione si presenta invece come tracciato sul terreno; in prossimità sono presenti una serie di tracce: in principio si pensava si trattasse di terrazzamenti, ma successivamente, recandosi in loco, sono state identificate come canalizzazioni di derivazione dal canale C10 per irrigazione del territorio.



Nais e Canali



zazioni di derivazione dal canale C10 per irrigazione del territorio. Nell'immagine in alto si intravedono le tracce di queste derivazioni le quali seguono le curve di livello del terreno. Nell'immagine a fianco si nota la fine del percorso della canalizzazione C10 nel bacino di raccolta per abbeveramento degli animali; parte di questa canalizzazione è stata utilizzata dai proprietari come percorso della tubazione che alimenta questo abbeveratoio.



Legenda

nais elva gps

- Funzionante
- Presenza di muratura
- Avvallamento nel terreno
- Riempitc solo traccia circolare

canali

- Ipotizzato
- Rilevato

0 90 180 270 360 450 m

Clari Baudini



Nais e Canali Bealera del Gast

Ipotizzato dalla comparazione delle ortofoto e Nir con l'estrazione delle curve di livello dal DEM

N.D.

lunghezza: 1855,56 m

Era utilizzata per portare l'acqua alle borgate di Chiosso Superiore, Inferiore e di Mezzo. Non viene mappata con il sistema del Palmare data la sua estraneità al sistema dei Nais. Fa parte del sistema irriguo e idrico insieme alla bealera Sutana ma di dimensioni più contenute. Su questa canalizzazione sono presenti due gorgie, cioè legni scavati per il superamento di depressioni naturali oppure zone troppo permeabili. La prima è stata sostituita nel 1980 con una sezione adibita all'acqua minore della precedente, dato il solo servizio di abbeveramento del bestiame. Come per le canalizzazioni precedenti di importanza rilevante sul territorio, è fiancheggiata da un strada.



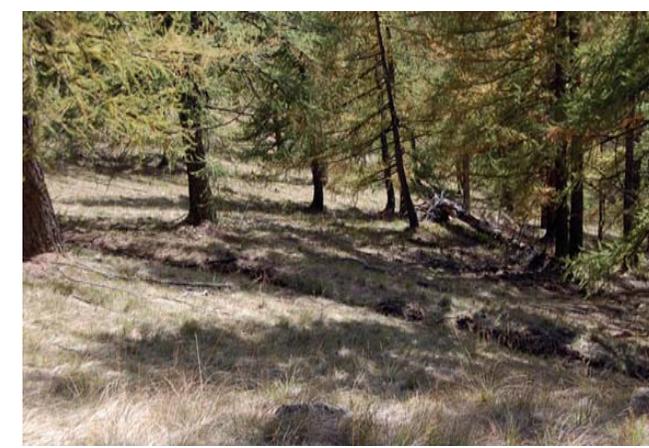
Bealera Sutana

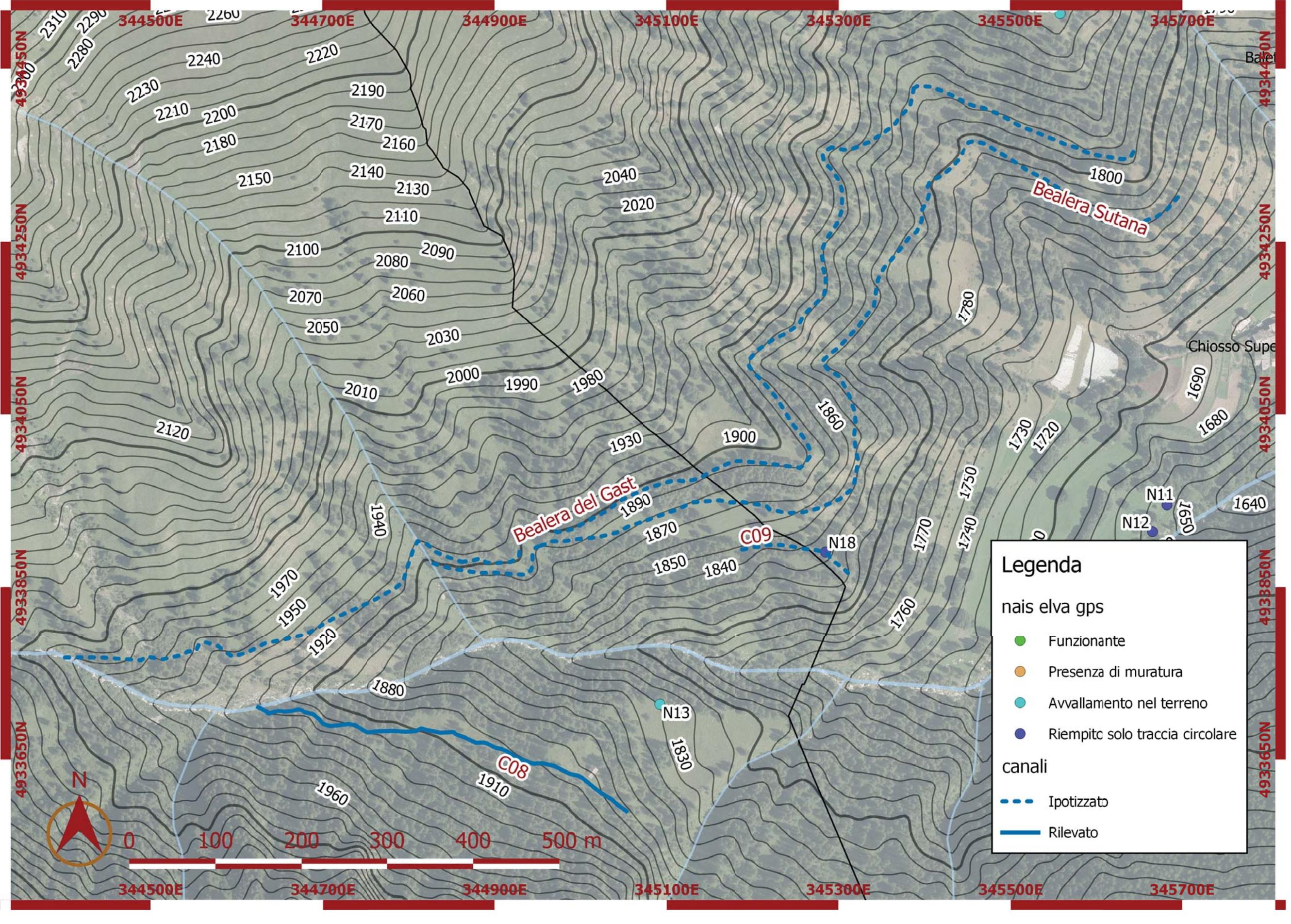
Ipotizzato dalla comparazione delle ortofoto e Nir con l'estrazione delle curve di livello dal DEM

N.D.

lunghezza: 1294 m

Fa parte del sistema insieme alla bealera del Gast. Mentre la sua "gemella" superiore era per quasi l'intero percorso fiancheggiata dalla strada, essa ne è sprovvista; rimane solo la traccia della canalizzazione ed un piccolo sentiero ed è presente la seconda gorgia.





Legenda

nais elva gps

- Funzionante
- Presenza di muratura
- Avvallamento nel terreno
- Riempito solo traccia circolare

canali

- Ipotizzato
- Rilevato





Nais e Canali

Bealera di

San Michele

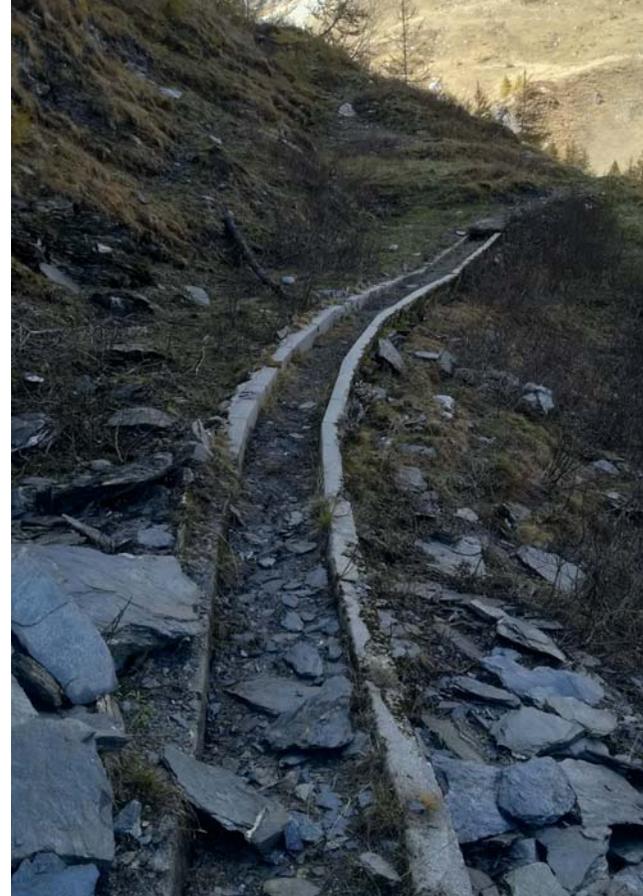
Rilevata con la metodologia del palmare G.P.S. e ipotizzata dalla comparazione dell'IGM 1960.

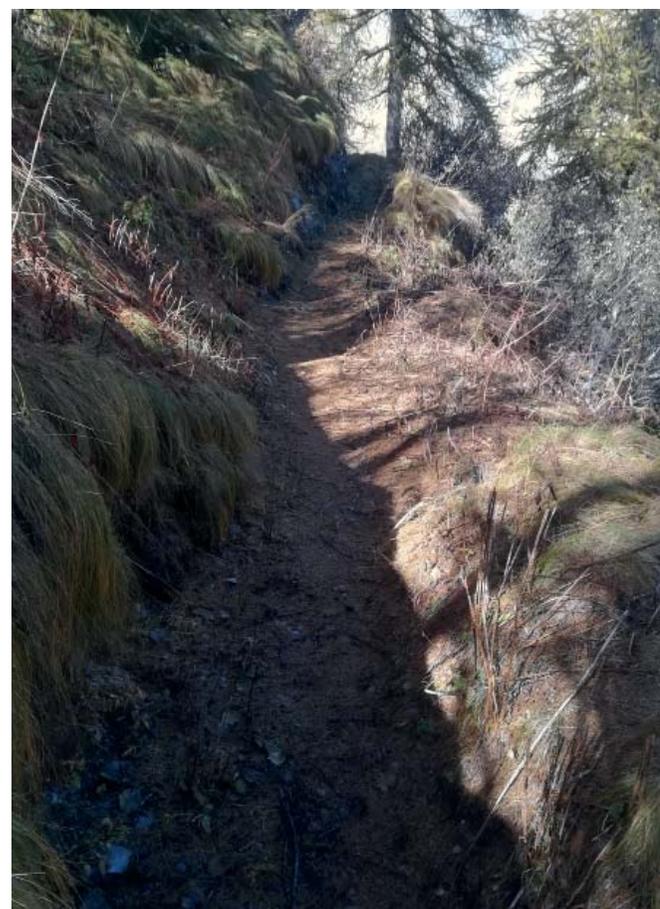
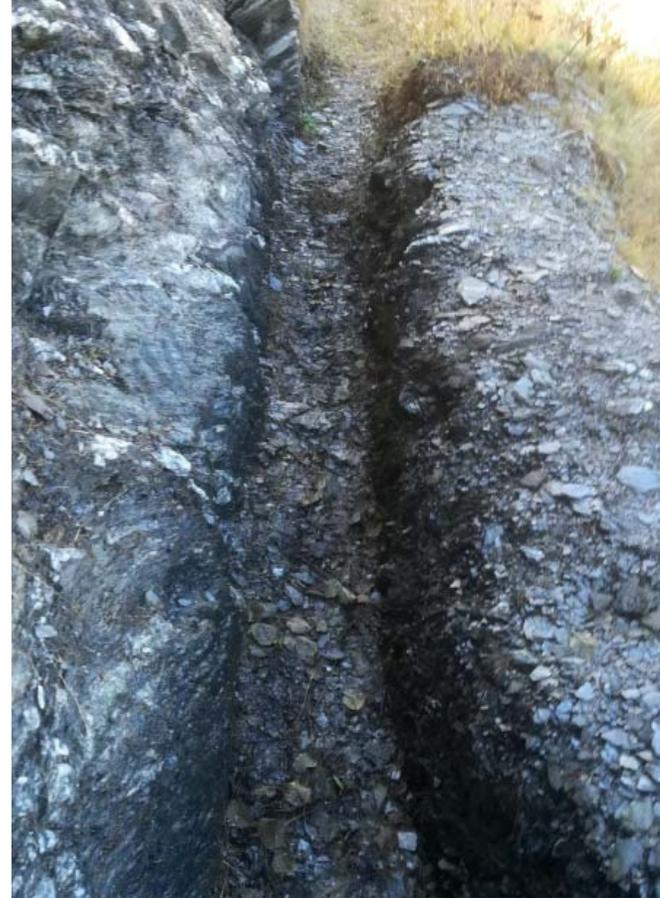
il 24-10-2020

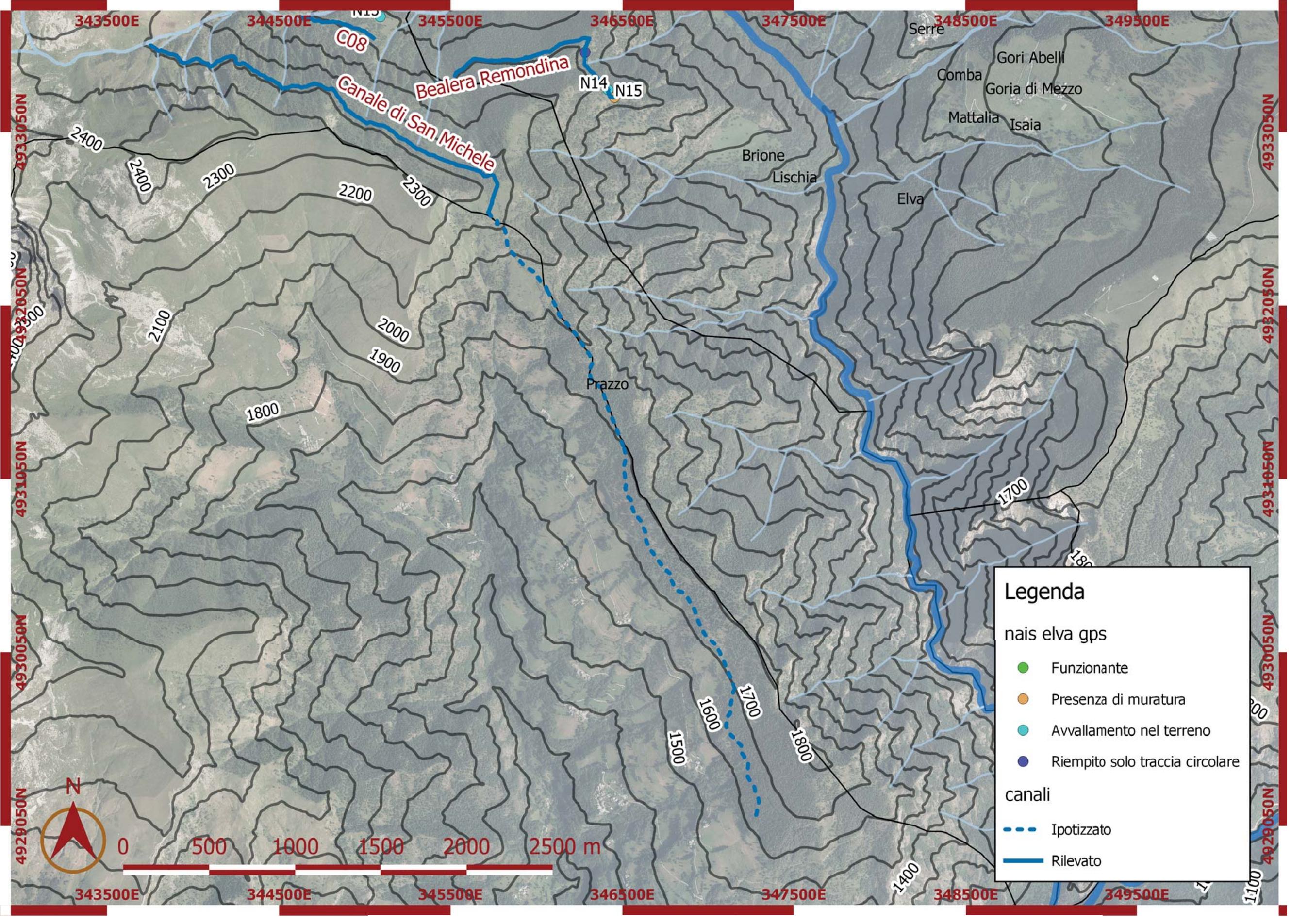
Lunghezza: 7507,10 m

Famosa per la diatriba durata circa 460 anni, opera monumentale, aveva lo scopo di portare l'acqua dalla Fonte di Fontana Nera sino alla borgata di San Vittore a San Michele di Prazzo. Il primo tratto è stato rilevato con la metodologia del palmare, vista la possibilità di percorrenza.

Il secondo, invece, è stato ipotizzato tramite l'ortofoto, l'immagine infrarossi Nir e l'IGM del '60. La lunghezza della porzione di canale rilevata è di 2656,24m, i restanti 4850,86 sono stati ipotizzati. Affronta un dislivello complessivo di 45,44 m per la parte rilevata e 704,1m per la seconda parte. Questo canale si presenta per il primo tratto come scavo nel terreno con una zona di decantazione delle acque successivamente sostituita da elemento cementizi, per i tratti siti in prossimità delle rocce, sono stati effettuati degli scavi nella pietra viva con l'utilizzo di mine e picconi. Questa canalizzazione presenta tutte e tre le tipologie per il superamento degli avalamenti precedentemente descritte.







C08
Canale di San Michele
Bealera Remondina

N14 N15

Prazzo

Brione
Lischia

Elva

Serre
Comba
Gori Abelli
Goria di Mezzo
Mattalia
Isaia

Legenda

nais elva gps

- Funzionante
- Presenza di muratura
- Avvallamento nel terreno
- Riempito solo traccia circolare

canali

- Ipotizzato
- Rilevato



0 500 1000 1500 2000 2500 m

343500E 344500E 345500E 346500E 347500E 348500E 349500E

4933050N
4932050N
4931050N
4930050N
4929050N

4933050N
4932050N
4931050N
4930050N
4929050N



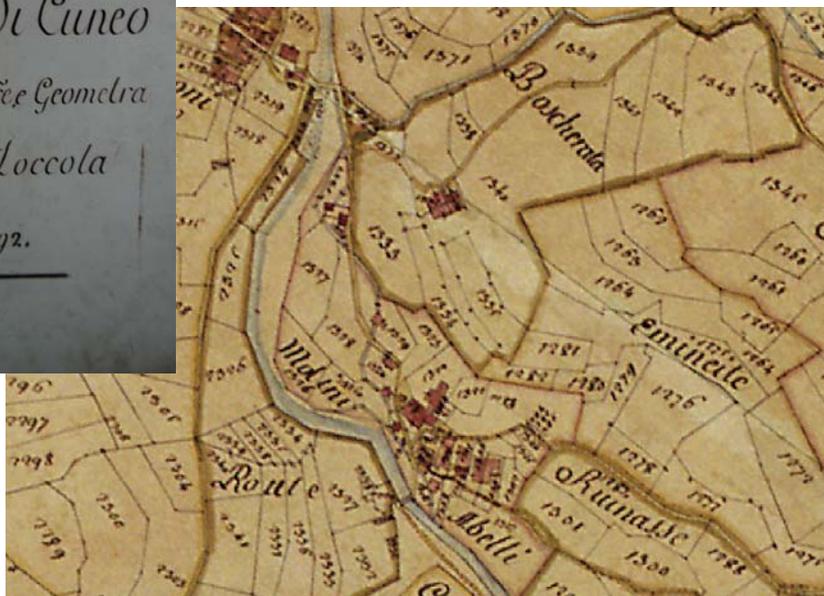
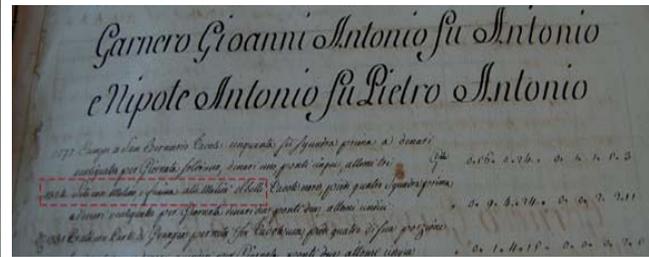
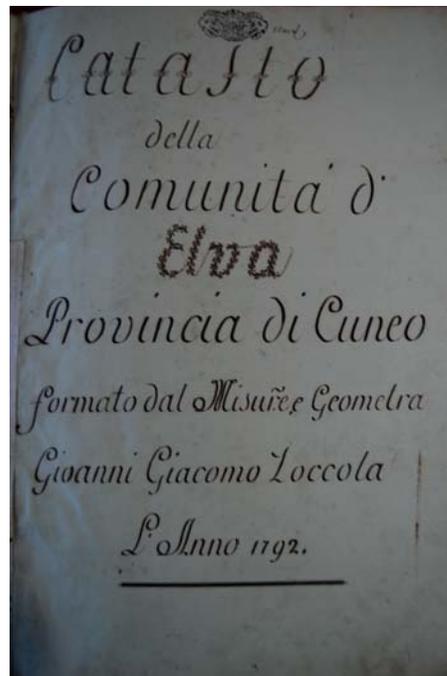
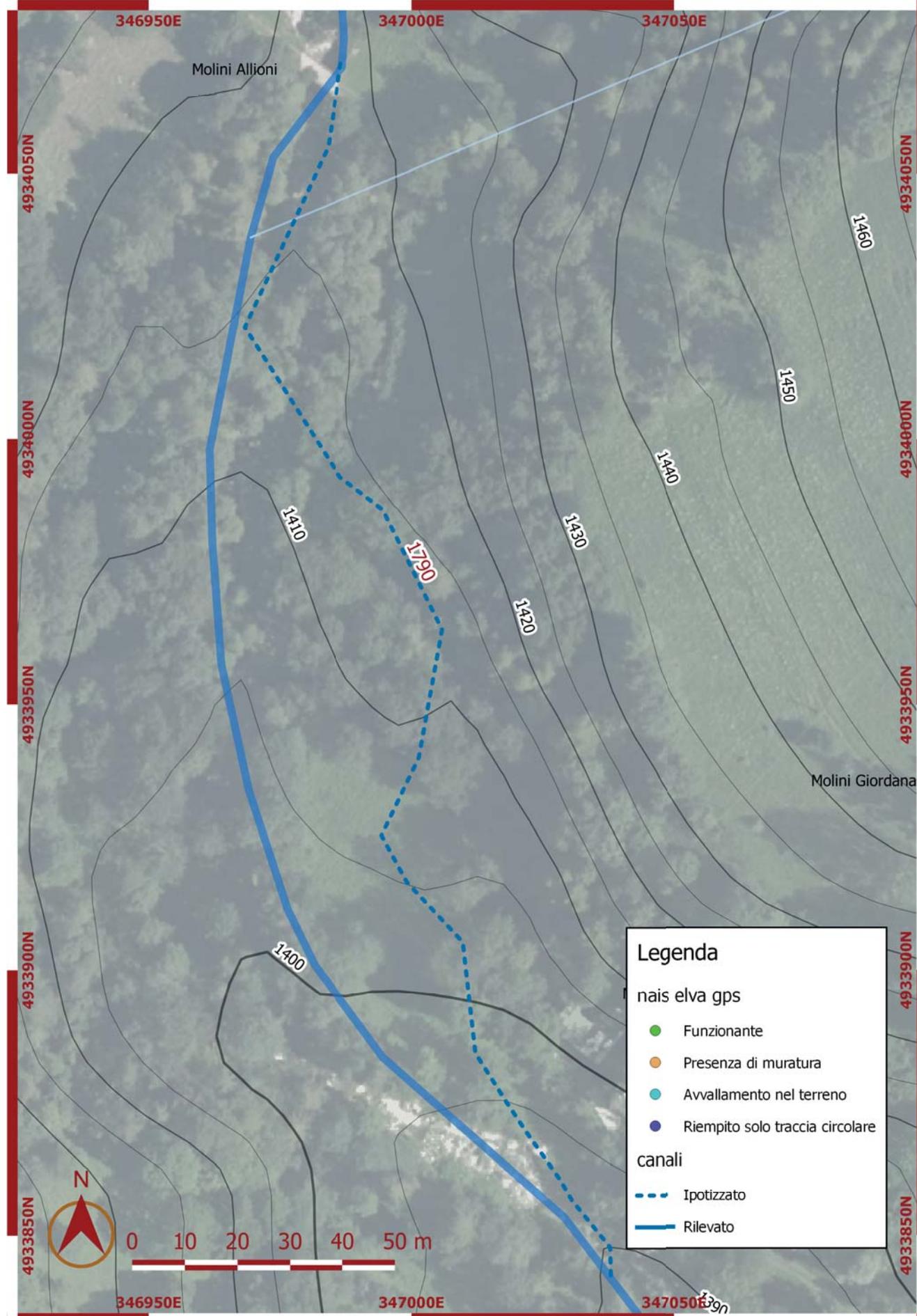
Nais e Canali

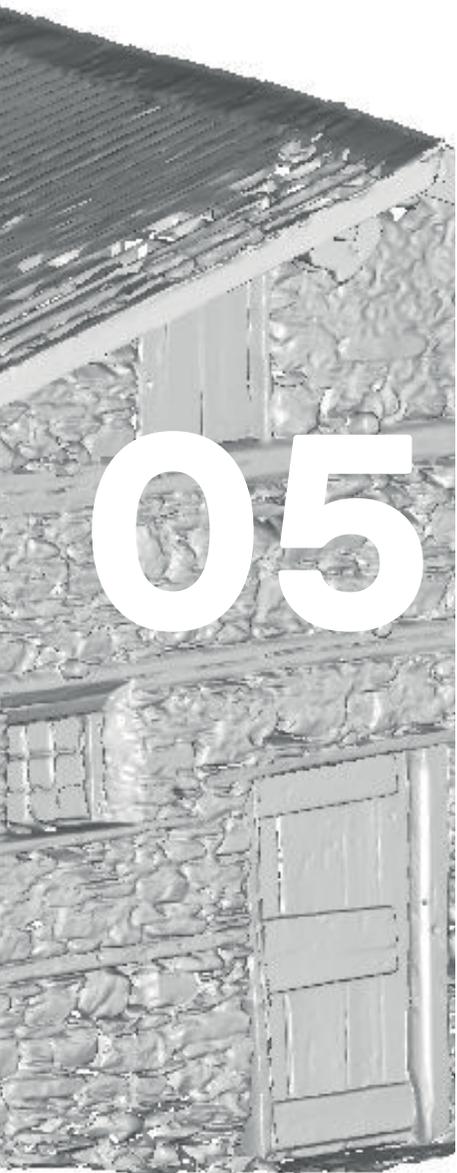
Canalizzazione individuata nel catasto storico del 1790 G. Zoccola

Ipotizzata dalla cartografia storica del 1790 dello Zoccola.

Lunghezza: 296,14 m

E' segnalato nella cartografia storica del 1790 realizzata dal regio misuratore Zoccola. Oggi non sono più presenti tracce sul territorio, la presa era situata in prossimità dell'imbocco della borgata di Molini Allioni dal fiume Rio Maggiore o Rio d'Elva ed alimentava le macchine ad acqua presenti nella borgata Abelli, quali fucine, batou e macine.





05 IL RILIEVO METRICO 3D DELLA BORGATA ATTRAVERSO LE METODOLOGIE DELLA GEOMATICA

5.1 Le operazioni di rilievo metrico 3D¹⁶⁵.

A Molini Allioni sono state effettuate tre operazioni di rilievo metrico sul campo:

- La prima, il 19 luglio 2019, è stata dal Team Direct e ha riguardato il rilievo degli esterni con fotogrammetria aerea e scansioni LiDAR terrestri;
- La seconda, il 1 ottobre 2020, è stata realizzata dalla Prof.ssa Spanò, da due membri del Team¹⁶⁶ e da noi tesisti, e sono state effettuate acquisizioni fotogrammetriche terrestri e delle scansioni LiDAR integrative;
- La terza, il 21 ottobre 2020, è stata realizzata da noi tesisti per effettuare il rilievo diretto degli ambienti interni accessibili, delle acquisizioni fotogrammetriche terrestri di prospetti che nei rilievi precedenti non erano stati rilevati e infine effettuare un'operazione di fotogrammetria speditiva tramite rapid mapping per testare l'efficacia del sensore della fotocamera di uno smartphone di ultima generazione in un rilievo fotogrammetrico digitale.

Sono state utilizzate più tecniche per rilevare il fabbricato, secondo un approccio multisensore utile a ottenere dati a diversi livelli di dettaglio in base alla scala a cui si vuole fare riferimento nell'elaborazione delle rappresentazioni grafiche. La procedura di acquisizione dei dati prevede una serie di operazioni successive per stabilire innanzitutto un sistema di riferimento in cui inserire le misure rilevate, e successivamente i rilievi metrici sugli edifici.

Per determinare innanzitutto la rete di inquadramento in cui inserire le misurazioni è stato realizzato un rilievo topografico con un sistema GNSS e per riferire le misurazioni dei fabbricati alla rete topografica ottenuta è stato effettuato un rilievo celestematico dei punti *target* applicati alle superfici tramite l'utilizzo di stazioni totali; successivamente, per le superfici esterne sono state effettuate le operazioni di rilievo fotogrammetrico aereo e terrestre rispettivamente tramite l'utilizzo di UAV (*Unmanned Ae-*

¹⁶⁵ Paragrafo in comune con la tesi in fase di stesura "Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico." di Philippe Rosset

¹⁶⁶ Giacomo Patrucco e Lorenzo Teppati Losè

rial Vehicle, in italiano comunemente *droni*) e fotocamere digitali *reflex*, le operazioni di rilievo a scansione LiDAR terrestre e infine dei rilievi diretti per la misurazione degli ambienti interni.

Di seguito verranno descritte le tecniche, gli strumenti e le procedure di rilievo della borgata.

Come già accennato nelle note alcuni paragrafi del capitolo 2 e alcune parti di questo capitolo saranno in comune con la tesi di *"Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico."* di Philippe Rosset: le operazioni di rilievo e le successive elaborazioni delle nuvole di punti sono state effettuate in collaborazione, essendo la borgata il caso studio in esame di entrambe le tesi. Nello specifico, i paragrafi in comune saranno relativi al rilievo fotogrammetrico aereo e al rilievo LiDAR terrestre, e all'elaborazione delle nuvole di punti così ottenute.

Le due tesi differiscono negli edifici specifici in esame: mentre in questo elaborato l'analisi è relativa all'analisi del sistema dell'acqua e sul Mulino presente nella borgata, la tesi di Rosset si concentra sulle abitazioni nella parte sud della borgata e alla Congregazione. I rilievi di dettaglio e le elaborazioni relativi alle due parti saranno quindi trattate separatamente.

5.1.1 Il rilievo topografico della rete d'inquadramento:¹⁶⁷

Nell'ambito del rilievo metrico 3D di un edificio, la definizione di una rete di inquadramento topografico è un'operazione necessaria alla georeferenziazione di tutti i dati metrici degli edifici rilevati all'interno di un dato Sistema di Riferimento¹⁶⁸ e quindi alla definizione delle coordinate spaziali plano-altimetriche¹⁶⁹ dei punti rilevati all'interno di quel sistema.

La rete di inquadramento è formata da più vertici di appoggio di cui bisogna determinare le coordinate XYZ all'interno del Sistema di Riferimento. Stabilite le coordinate, dai vertici vengono rilevate le coordinate di punti chiamati Ground Control Points (GCP), che vengono disposti sulle superfici degli oggetti da rilevare, in questo caso gli edifici (e a scala minore la borgata, con anche la superficie del terreno), in modo tale da poterli riferire a loro volta nel Sistema di Riferimento stabilito¹⁷⁰.

Durante l'operazione di rilievo topografico a Molini Allioni¹⁷¹, sono stati stabiliti 2 vertici per generare la rete di inquadramento: uno nella parte sud della borgata (denominato 700) e uno nella parte nord (800). I due vertici sono stati materializzati a terra tramite dei picchetti di legno¹⁷², i quali fanno parte di una rete topografica più estesa che comprende la strada S.P. 104 (strada chiusa nel 2014) e . La posizione dei vertici materializzati va riportata in apposite monografie, che contengono le informazioni necessarie a indicare e riconoscere il punto individuato per il vertice (in planimetria), oltre ad altri dati come il nome del vertice, il tipo di ma-

¹⁶⁷ Paragrafo in comune con la tesi in fase di stesura *"Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico."* di Philippe Rosset

¹⁶⁸ In questo caso WGS84/UTM32N, sistema standard adottato

¹⁶⁹ Coordinate X,Y e Z

¹⁷⁰ Nel caso gli oggetti venissero rilevati senza GCP disposti su essi, o senza dei punti naturali di cui sono state rilevate le coordinate nel SR, le nuvole di punti generate dagli strumenti presenterebbero delle misure proporzionali a quelle reali ma inesatte, con i punti disposti in un sistema di riferimento stabilito dallo strumento.

¹⁷¹ 19/06/2019

¹⁷² La materializzazione dei vertici è utile ad avere un riferimento per successive campagne di rilievo.

► **Monografie dei vertici 700 e 800 della rete di inquadramento elaborate dagli studenti partecipanti all'operazione di rilievo di luglio 2019.**
Fonte: Team Direct



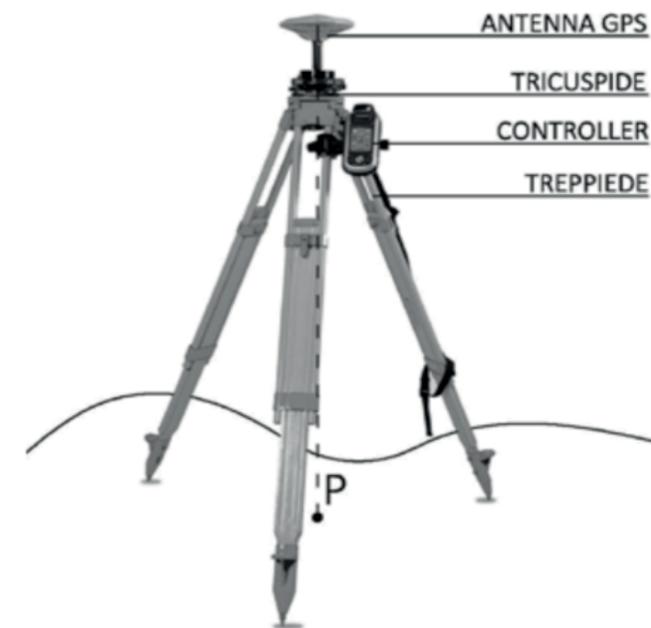
▼ **Posizione dei vertici della rete di inquadramento misurati.**
Ortofoto fotogrammetrica aerea georeferenziata in WGS84/UTM32N.



materializzazione utilizzato e il tipo di strumento usato per acquisire le coordinate del vertice.

Materializzati e riportati nelle monografie i vertici della rete, si è proceduto con il rilievo e determinazione delle loro coordinate XYZ

La determinazione delle coordinate dei vertici è avvenuta tramite sistema GNSS: sono state utilizzate due ricevitori GPS su cui sono stati montati due ricevitori Geomax 2011 e 1011, che per la determinazione delle coordinate sono stati posizionati per un certo periodo di tempo sopra ai vertici materializzati con dei supporti treppiede¹⁷³.



▲ **Ricevitore GNSS Geomax Zenith.**

◀ **Esempio di stazione GPS.**
Fonte: Roberto D'Apostoli, Francesco Giampalo, Guida pratica al rilievo topografico con GPS e stazione totale, p. 30

¹⁷³ La misurazione delle coordinate dei vertici è avvenuta tramite sistema GNSS: sono state utilizzate due stazioni GPS su cui sono stati montati due ricevitori Geomax 2011 e 1011, che per rilevare le coordinate sono stati posizionati per un certo periodo di tempo sopra ai vertici materializzati con dei supporti treppiede¹⁴

Un ricevitore GPS è costituita da più parti¹⁷⁴:

- Il ricevitore GPS/GNSS, in cui vengono registrate le distanze del punto rilevato;
- L'antenna esterna connessa al ricevitore;
- La strumentazione accessoria, che comprende anche il controller.

I due ricevitori hanno rilevato la posizione dei vertici 700 e 800 utilizzando la tecnica di "correzione differenziale"¹⁷⁵ in modalità statica, che consiste nella misurazione dei punti, usando i due ricevitori contemporaneamente, in modo che trasmettendosi i dati satellitari permettano un posizionamento relativo con una maggiore accuratezza.

¹⁷⁴ Roberto D'Apostoli, Francesco Giampalo, Guida pratica al rilievo topografico con GPS e stazione totale, EPC Editore, Roma, 2018, p. 30

¹⁷⁵ Ivi p 32

5.1.2 Il rilievo di dettaglio dei punti di controllo:¹⁷⁶

Determinata la posizione dei vertici della rete di inquadramento si è potuto procedere con il rilievo dei punti di controllo (Ground Control Points).

Sono state effettuate due operazioni di rilievo dei GCP:

- Nella prima, durante campagna di rilievo a luglio 2019, sono state determinate le coordinate di punti di controllo (o punti di dettaglio) disposti a terra, utili all'allineamento e georeferenziazione in WGS84/UTM32N della nuvola di punti fotogrammetrica aerea;
- Nella seconda invece, effettuata il 1 ottobre 2020, sono stati rilevati punti disposti sulle pareti degli edifici che sono stati rilevati con fotogrammetria terrestre (la Casa delle Colonne, il Complesso Garnero e la Congregazione).

In questa fase del rilievo i punti di dettaglio vengono materializzati tramite dei target a scacchiera di forma quadrata, in cui l'intersezione dei quadrati rappresenta il punto da misurare. A differenza che siano punti disposti a terra o sulle pareti, cambia il tipo di target.

Questi target, in entrambi i casi, vengono disposti in maniera più omogenea possibile sulle superfici da misurare. Oltre ai target, come punti di dettaglio vengono individuati dei punti naturali sulle superfici, come degli spigoli o degli elementi puntuali facilmente riconoscibili, che servono come punti fissi da utilizzare in rilievi successivi nel caso i target vengano tolti o spostati.

Determinare le coordinate di questi punti nella rete di appoggio topografica precedentemente individuata serve poi a georeferenziare nel Sistema di Riferimento della rete (WGS84/UTM32N) il modello 3D del costruito che si ottiene tramite il rilievo LiDAR e fotogrammetrico.

La misurazione delle coordinate di questi punti avviene posizionando il centro strumentale dei dispositivi usati per il rilievo cen-

¹⁷⁶ Paragrafo in comune con la tesi in fase di stesura "Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico." di Philippe Rosset

▼ Esempio di target per la materializzazione dei GCP a terra.
Fonte <https://3dmetrica.it/>



▼ Esempio di target per la materializzazione dei GCP a parete.
Foto acquisita dallo studente Philippe Rosset.



trato sull'asse verticale del vertice della rete.

Il rilievo dei GCP a terra è avvenuto disponendo a terra 27 target e utilizzando due punti naturali, per un totale di 29 punti di dettaglio distribuiti lungo tutta la borgata.



▲ Distribuzione dei punti di dettaglio a terra. In azzurro i punti materializzati tramite target; in rosa i punti di dettaglio naturali; in giallo i vertici della rete di inquadramento. Come si può notare la distribuzione è omogenea in tutto l'insediamento. Ortofoto fotogrammetrica aerea georeferenziata in WGS84/UTM32N.

Per il rilievo delle coordinate dei punti si è utilizzato anche in questo caso il sistema GNSS: però anziché usare due ricevitori fissi, ne sono stati uno fisso e uno mobile.

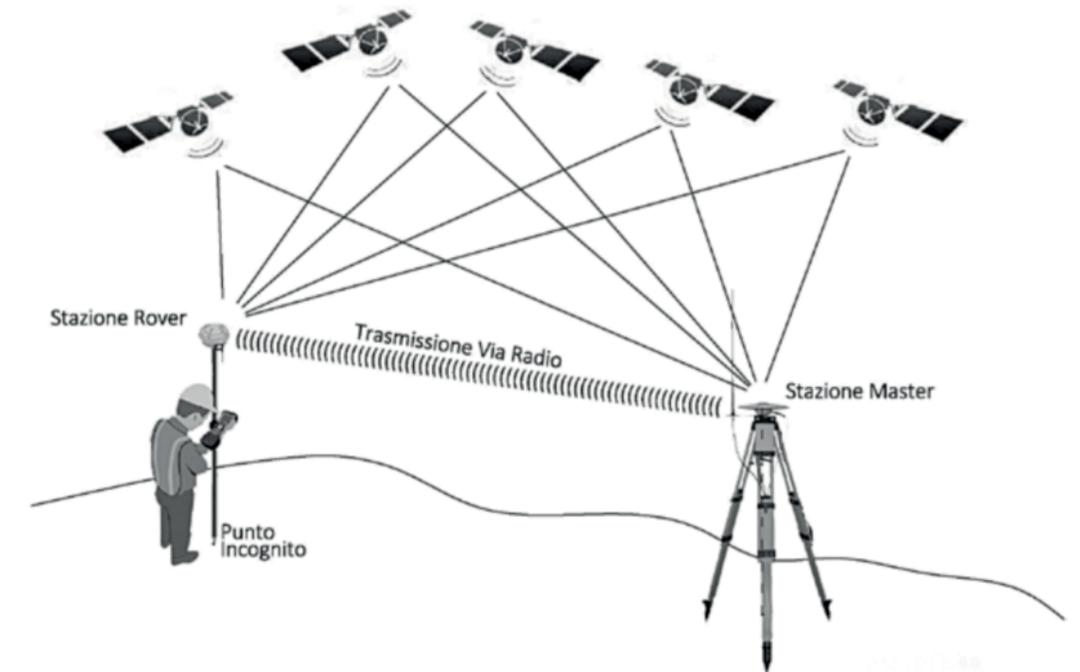
Questa tecnica è denominata RTK (Real Time Kinematic)¹⁷⁷, e permette di determinare e visualizzare in tempo reale le coordinate planoaltimetriche di punti di dettaglio a terra in rapida successione.

Il funzionamento dell'RTK necessita di due ricevitori GNSS: uno fisso di riferimento, la stazione master, e uno mobile da posizionare man mano sopra ai punti da misurare, la stazione rover.

¹⁷⁷ R. D'Apostoli, Francesco Giampalo, Guida pratica al rilievo topografico con GPS e stazione totale, p. 30

La stazione master è posizionata su un vertice della rete di inquadramento topografica su un supporto a treppiede, e comunica tramite onde radio i dati satellitari alla stazione rover, che usa come supporto una *palina*¹⁷⁸ posizionata sul punto a terra materializzato tramite il target o il punto naturale. La trasmissione dei dati tra i due ricevitori (correzione differenziale) permette precisioni molto alte e tempi di acquisizione ridotti.

Per il rilievo dei GCP disposti sulle pareti degli edifici, anche questo svolto durante la campagna di rilievo del 1 ottobre 2020, è invece stato effettuato un rilievo celerimetrico attraverso Stazione Totale.



Dovendo rilevare punti disposti sui tre edifici nella parte sud della borgata (Casa delle Colonne, Complesso Garnero e Congregazione) la Stazione Totale - il cui funzionamento è esposto nel capitolo 2 - è stata posizionata sul vertice 700 ed è stata effettuata la sua messa in stazione, procedura che prevede una serie di ope-

¹⁷⁸ Asta che viene piantata nel terreno per le misurazioni topografiche

```
GCP.txt - Blocco note di W...
File Modifica Formato Visualizza ?
001;346959.530;4934124.013;1428.936
002;346972.184;4934076.911;1421.068
003;346973.303;4934084.653;1421.243
004;346962.792;4934083.267;1422.065
005;346957.539;4934081.659;1422.680
006;346954.744;4934090.274;1423.801
007;346944.428;4934087.421;1425.193
009;346938.389;4934084.152;1425.313
008;346947.525;4934095.270;1426.014
010;346944.410;4934095.927;1426.684
011;346943.297;4934100.318;1427.319
012;346948.198;4934105.155;1427.526
```

▲ Estratto del file .txt in cui sono contenute le coordinate XYZ dei GCP a terra; il file viene successivamente importato nei software fotogrammetrico.

▲ Schema di funzionamento della tecnica RTK. Fonte: Roberto D'Apostoli, Francesco Giampalo, Guida pratica al rilievo topografico con GPS e stazione totale p. 33

razioni¹⁷⁹ volte a impostare la verticalità dell'asse principale dello strumento e il suo passaggio per il vertice a terra.

Sono stati disposti sulle pareti 15 GCP, di cui 5 individuati su punti naturali (come spigoli delle travi o angoli nei fori della muratura). La posizione dei punti è stata riportata su degli eidotipi che ne riportano la denominazione.

Mentre i GCP disposti a terra sono stati utilizzati per l'allineamento e la successiva georeferenziazione della nuvola di punti fotogrammetrica aerea, questi punti sono serviti per la georeferenziazione della nuvola di punti fotogrammetrica terrestre e per la nuvola LiDAR.

Effettuato il rilievo dei punti di dettaglio per la georeferenziazione dei modelli tridimensionali, l'operazione successiva è stato il rilievo metrico 3D del costruito tramite fotogrammetria terrestre e aerea e sistema LiDAR

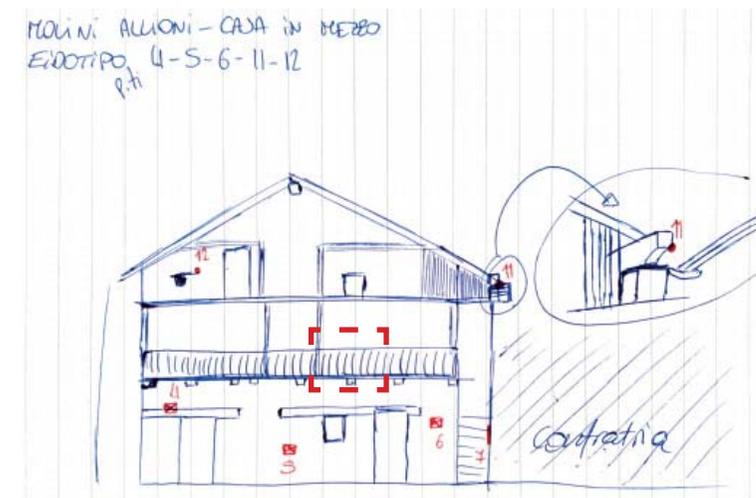
¹⁷⁹ Gli step della messa in stazione sono quattro:

- posizionamento del treppiede sulla verticale del vertice a terra;
- impostare la verticalità dell'asse principale agendo sulle gambe dello strumento e centrando la livella sferica;
- impostare la verticalità dell'asse principale agendo sulle viti calanti per centrare la livella torica;
- Posizionamento della stazione, assicurandosi il passaggio del vertice di stazione per l'asse principale con l'ausilio del piombo ottico.

Fonte: A. Spano, Dispense "Strumenti di misura. Appunti di Topografia", Politecnico di Torino, a.a. 2018/19, pp. 14-15

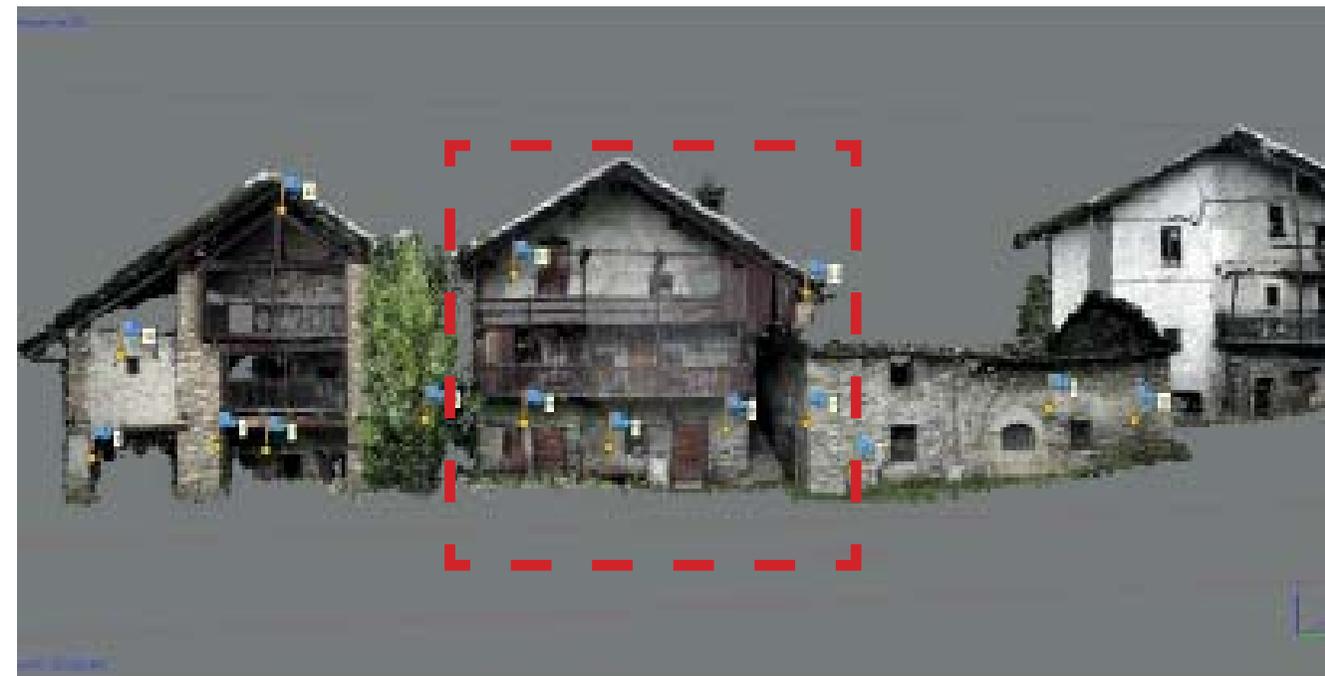


◀ Foto del tipo di target usato per questa fase di rilievo, diverso da quello usato per i punti a terra.

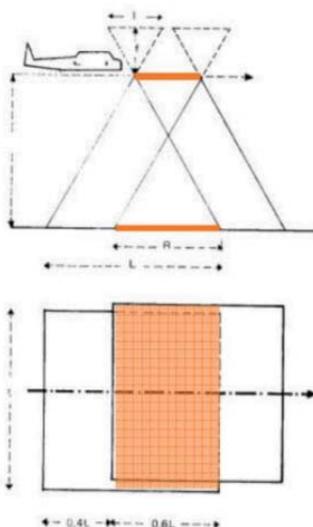


◀ Uno degli eidotipi realizzati per indicare la disposizione e la numerazione dei target sul prospetto, con la differenziazione dei target (quadrati rossi) dai punti naturali (punti rossi).
Fonte: Philippe Rosset

▼ Disposizione dei GCP oggetto del rilievo celerimetrico sui prospetti degli edifici in esame. Dense cloud fotogrammetrica terrestre elaborata in software Metashape



5.1.3 Il rilievo di dettaglio dei punti di controllo:¹⁸⁰



▲Schematizzazione dell'overlapping tra due immagini (arancione).
Fonte: A. Spanò, Dispense fotogrammetria: generalità e principi, op. cit. p51

La prima operazione di rilievo fotogrammetrico effettuato è stato quello aereo, il 19 luglio 2019, ed è stata utilizzata per realizzare una nuvola di punti 3D dell'intera borgata comprendente anche le coperture. Per il rilievo dei prospetti a una scala di dettaglio maggiore sono state effettuate successivamente le acquisizioni fotogrammetriche terrestri e LiDAR.

Il rilievo fotogrammetrico aereo va pianificato a priori: bisogna stabilire innanzitutto l'altezza a cui far volare lo strumento, sia per evitare che questo venga in contatto con determinati ostacoli (alberi, pali,...) sia per determinare il livello di dettaglio dell'immagine acquisita. La distanza di presa serve anche per il calcolo del GSD¹⁸¹ (Ground Sampling Distance), che rappresenta la dimensione del pixel del sensore della camera sull'oggetto da rilevare: in altre parole indica quanta porzione dell'oggetto rilevato è contenuta in un pixel dell'immagine, e si misura in cm/pixel. Bisogna inoltre pianificare la traiettoria del volo, per garantire un ricoprimento elevato dell'oggetto rilevato con un overlapping¹⁸² dei fotogrammi almeno dell'80%. Ogni fotogramma viene acquisito con un centro di presa posto a una distanza adeguata a garantire l'overlapping minimo dal centro di presa del fotogramma precedente¹⁸³, così che la stessa porzione dell'oggetto sia rappresentato in entrambe le immagini.

Per il rilievo della borgata sono stati predisposti 4 voli a traiettorie parallele:

1. Nadirale (con la direzione di presa perpendicolare al terreno) in direzione E-O;
2. Inclinati (con angolo di presa di 30°, che serve a rendere le facciate più visibili¹⁸⁴) con direzioni E-O, S-N e N-S.

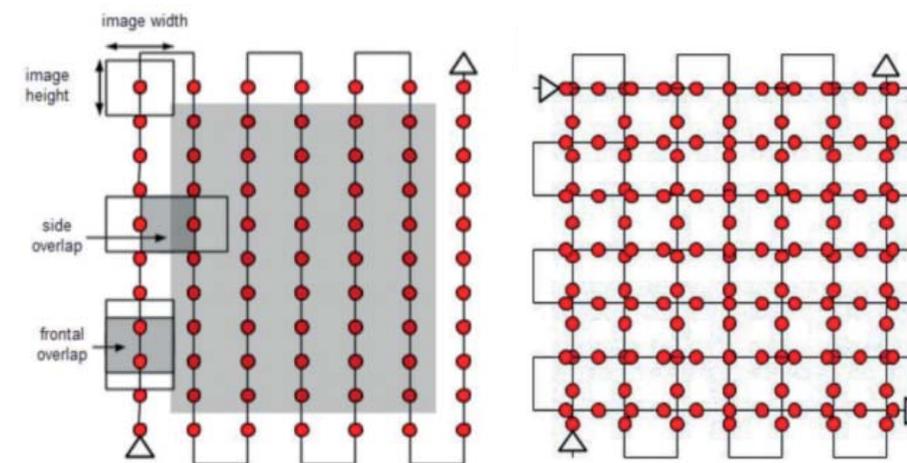
¹⁸⁰ Paragrafo in comune con la tesi in fase di stesura "Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico." di Philippe Rosset

¹⁸¹ A. Spanò, F. Chiabrando, A. Lingua, Nuove tecnologie di rapid mapping. Ricerche di soluzioni innovative ed esperienze formative., p. 2

¹⁸² Sovrapposizione dei fotogrammi

¹⁸³ A. Spanò, Dispense fotogrammetria: generalità e principi, Politecnico di Torino, a.a. 2018/19, p51

¹⁸⁴ A. Spanò, Dispense fotogrammetria generale 3, Politecnico di Torino, a.a. 2018/19, p29



◀Schematizzazione della traiettoria dei voli paralleli per il rilievo fotogrammetrico aereo con drone. A destra è rappresentata la sovrapposizione a griglia di voli effettuati con direzioni perpendicolari. Fonte: A. Spanò, Dispense fotogrammetria generale 3, op. cit., p.29



▲Direzioni delle traiettorie di volo per le acquisizioni fotogrammetriche a Molini Allioni (Le linee non rappresentano le traiettorie reali effettuate, sono puramente indicative delle direzioni di volo).

I voli sono stati svolti a circa 60m di altezza, e lo strumento utilizzato per le acquisizioni è stato un drone DJI Mavic Pro¹⁸⁵ con fotocamera integrata. Sono state acquisite in totale 367 immagini.

Vellivolo

Chiuso	83 x 83 x 198 mm
Diagonale (eliche escluse)	335 mm
Peso (con batteria ed eliche)	734 g (senza cappuccio del gimbal) 743 g (con cappuccio del gimbal)
Massima velocità ascendente	5 m/s in modalità Sport
Massima velocità di discesa	3 m/s
Velocità massima	65 km/h in modalità Sport e in assenza di vento
Quota massima di tangenza operativa sul livello del mare	5000 m
Autonomia di volo	27 minuti (a 25 km/h costante e in assenza di vento)
Autonomia in volo stazionario	24 minuti (in assenza di vento)
ESC (controllo velocità)	FOC
Massima distanza di volo (batteria completamente carica, in assenza di vento)	13 km
Temperatura operativa	0° - 40° C
Sistema di posizionamento satellitare	GPS / GLONASS

Fotocamera

Sensore	1/2.3" (CMOS), pixel effettivi 12.35 M (pixel totali 12.71 M)
Oiettivo	Campo visivo 78.8° 25 mm (25 mm equivalente) f/2.2 Distorsione < 1.5% Messa a fuoco da 0.5 m a ∞
Intervallo ISO	Video: 100-3200 Foto: 100-1600
Velocità dell'otturatore elettronico	1/8000 s
Dimensione dell'immagine	4000x3000



Calibrazione della fotocamera per le acquisizioni:

Risoluzione: 72 dpi
Apertura: f/2.2
Tempo di esposizione: 1/647 sec.
ISO: 100
Distanza focale: 4.73mm
Dimensione dell'immagine: 4000x3000 pixels
Dimensione del pixel: 1.57 x 1.57 µm

GSD: 1.87 cm/pix

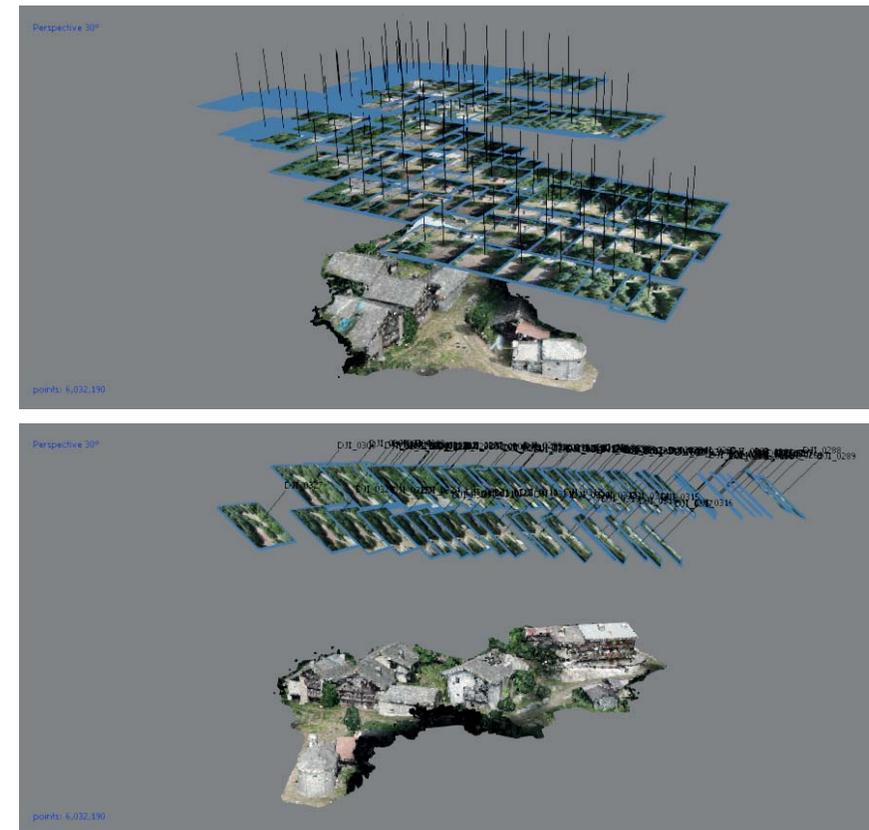
▲ Drone DJI Mavic Pro utilizzato per le acquisizioni fotogrammetriche aeree, con caratteristiche tecniche.
Fonte: <https://www.dji.com/it/mavic>

Attraverso le immagini così acquisite è stata generata¹⁸⁶ la nuvola di punti 3D nel software Metashape, che utilizza la tecnica di *Structure-from-Motion*¹⁸⁷ per stimare la posizione tridimensionale dei punti rappresentati nei fotogrammi, ricostruendo la geometria dell'oggetto rilevato e la posizione delle prese delle immagini. L'allineamento e la georeferenziazione in WGS84/UTM32N è stata poi effettuata collimando i punti di appoggio a terra (GCP) rilevati con la tecnica RTK.

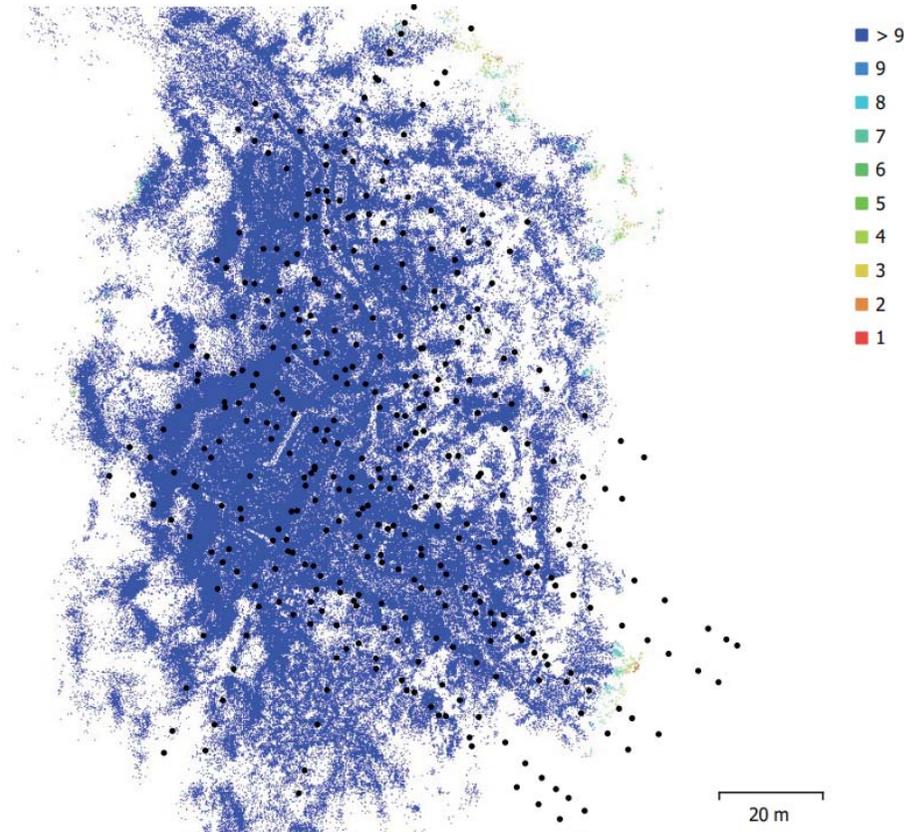
¹⁸⁵ Scheda tecnica drone Mavic Pro <https://www.dji.com/it/mavic>

¹⁸⁶ Paragrafo 5.2

¹⁸⁷ A. Spanò, Dispense fotogrammetria generale 3, Politecnico di Torino, a.a. 2018/19, p14



◀ Orientamento delle immagini acquisite nei voli (nadirale in alto, inclinato in basso), con relativa nuvola di punti densa elaborata nel software Metashape.



◀ Punti di presa (rappresentati dai punti neri) e overlapping delle immagini acquisite. La colorazione blu delle superfici indica che i punti sono stati acquisiti da almeno 9 immagini.

Oltre alle acquisizioni aeree, il 19 luglio è stata effettuata anche un'operazione di rilievo fotogrammetrico terrestre *close range* con fotocamera digitale reflex per il rilievo di dettaglio della Casa delle Colonne, del Complesso Garnero e della Congregazione.

Questa operazione di rilievo si è concentrata sui prospetti principali dei tre edifici, con una presa delle foto parallela alla superficie¹⁸⁸ e sempre garantendo un sufficiente overlapping adeguato di tutto il costruito, per un totale di 74 foto.

Il dispositivo utilizzato per le acquisizioni è stata una fotocamera digitale reflex CANON EOS 5DS R. Per georeferenziare la nuvola di punti così ottenuti in WGS84/UTM32N sono stati in seguito collimati, in fase di elaborazione, i punti di appoggio topografico disposti sulle pareti rilevati precedentemente tramite Stazione Totale.

► **Fotocamera reflex CANON EOS 5DS R utilizzata per le acquisizioni fotogrammetriche terrestri, e le specifiche di tale strumento**
Fonte: <https://www.juzaphoto.com>

Specifiche tecniche del sensore:

Tipo: CMOS da 36 x 24 mm
Pixel effettivi: 50,6 megapixel
Pixel totali: Circa 53 megapixel

Calibrazione della fotocamera per le acquisizioni:

Risoluzione: 72 dpi
Apertura: f/13
Tempo di esposizione: 1/13 sec.
ISO: 100
Distanza focale: 25mm
Dimensione dell'immagine: 8688 x 5792 pixels
Dimensione del pixel: 4.24 x 4.24 µm
GSD: 1.36 mm/pix



A questa campagna di rilievo fotogrammetrico ne è seguita una ulteriore il 21 ottobre 2020 di carattere speditivo, in cui sono stati acquisiti prospetti mancanti, dell'edificio oggetto di approfondimento (il Batou) da integrare alle misurazioni già effettuate, che si affrontano nel paragrafo successivo.

¹⁸⁸ Ad una distanza media degli oggetti di 9,6 m

5.1.3 Il rilievo da scansione LiDar:¹⁸⁹

Le due tecniche di rilievo fotogrammetrico descritte sono basate su un sistema image-based, che ricava le informazioni spaziali e le misure degli oggetti dalle immagini.

Il sistema a scansione LiDAR invece è *range-based*, basato sulla misurazione della distanza tramite l'emissione di un impulso laser per determinare le coordinate spaziali dei punti misurati.

Come già accennato nel capitolo 2, gli scanner usati nel sistema LiDAR sono *distanziometrici*¹⁹⁰, e similmente alle Stazioni Totali rilevano i punti mediante la misura diretta di due angoli e di una distanza: la distanza può essere determinata misurando il tempo di volo dell'impulso (*Time of Flight*) oppure la differenza di fase tra l'onda emessa e l'onda riflessa (comparazione di fase). Lo strumento registra la posizione del punto in coordinate sferiche, che vengono convertite in coordinate cartesiane calcolate in un sistema di riferimento solidale allo strumento di acquisizione.

Lo scanner registra i punti in maniera automatica, esuberante e acritica, strutturando i dati in maniera indipendente dalla forma dell'oggetto architettonico rilevato. Il risultato di una scansione LiDar¹⁹¹ è una nuvola di punti (distribuiti nel Sistema di Riferimento in base alle coordinate misurate) che rappresenta la geometria e la forma dell'oggetto scansionato.

Le registrazioni delle nuvole avvengono all'interno di un Sistema di Riferimento prescelto¹⁹², che può essere quello arbitrario interno definito dallo scanner oppure uno esterno definito per via topografica: l'appoggio delle nuvole di punti alla rete topografica misurata avviene tramite dei punti omologhi individuati dalla scansione, i cosiddetti GCP, che nel rilievo della borgata sono stati disposti sul terreno e sulle pareti e misurati tramite GNSS e Stazione Totale. In fase di elaborazione delle nuvole scansite, vengono collimati i target che materializzano i GCP, attribuendo-

¹⁸⁹ Paragrafo in comune con la tesi in fase di stesura "Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico." di Philippe Rosset

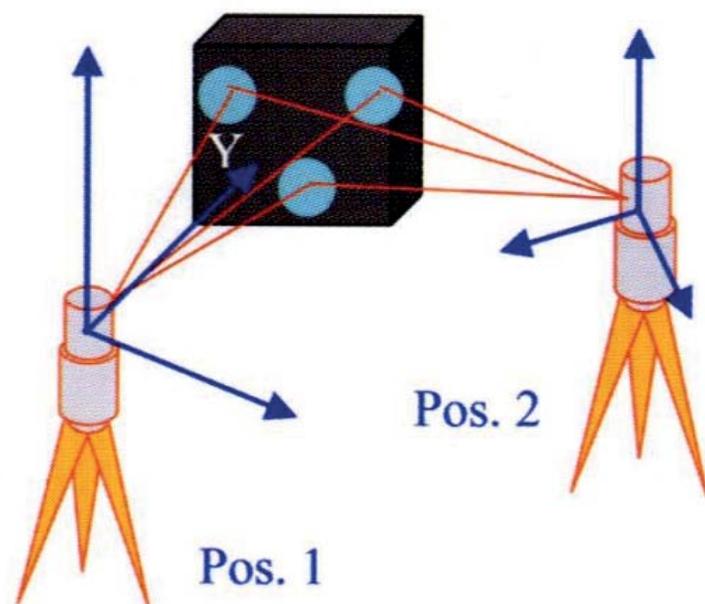
¹⁹⁰ A. Spanò, Dispense Sistemi a scansione (LiDar Tecnologia), Politecnico di Torino, a.a. 2018/19, p14

¹⁹¹ A. Spanò, Dispense sistemi a scansione. Acquisizione, a.a. 2018/19, p12

¹⁹² Ivi, p6

gli le coordinate misurate e georeferenziando per rototraslazione le nuvole nel Sistema di Riferimento noto WGS84/UTM32N. Il metodo di registrazione, avviene prima per forma, un algoritmo ottimizzata la posizione reciproca di due scansioni e poi avviene

►Principio dell'utilizzo di più scansioni LiDAR da più posizioni per la creazione di un modello 3D dell'oggetto.
Fonte: A. Spanò, Dispense "Sistemi a scansione. Acquisizione, Politecnico di Torino, a.a. 2018/19, p.6



quella per target, che offre anche la georeferenziazione¹⁹³.

Il LiDAR è un sistema di scansione laser terrestre fisso (TSL, *Terrestrial Laser Scanning*), che utilizza scanner distanziometrici posizionati su supporti treppiede per il periodo di tempo necessario a effettuare la scansione. Ogni scansione LiDAR rileva i punti degli oggetti disposti sulle superfici in vista dallo scanner entro un certo raggio. Ogni scanner presenta infatti un *range*¹⁹⁴ entro cui possono essere rilevati i punti.

Il rilievo metrico 3D LiDAR di un oggetto architettonico non può essere effettuato, nella sua interezza, da una sola scansione, che rileva i punti in vista da una sola posizione: per questo motivo devono essere predisposte più scansioni in più punti intorno all'oggetto per garantire un *overlapping* più opportuno della superficie dell'oggetto, in modo da poterlo rappresentare nel-

¹⁹³ Ivi, p8

¹⁹⁴ Portata massima prima che il raggio luminoso (Laser) si disperda nell'ambiente.

la sua interezza nel modo più completo ed esaustivo possibile. Le nuvole prodotte da ogni scansione, correttamente georeferenziate in un unico Sistema di Riferimento, vengono unite per forma¹⁹⁵ infatti sovrapponendosi vanno a formare il modello 3D dell'oggetto rilevato¹⁹⁶. Le operazioni di rilievo LiDAR vanno quindi pianificate a priori¹⁹⁷ in base alla morfologia dell'oggetto, in modo da garantirne un ricoprimento più alto possibile e la corretta registrazione e unione delle nuvole in fase di elaborazione.

La campagna di scansioni LiDAR a Molini Allioni si è svolta in due operazioni successive.

- Durante la prima, il 19 luglio 2019, sono state effettuate 14 scansioni della borgata;
- Nella seconda, il 1 ottobre 2020, sono state effettuate ulteriori 7 scansioni ad integrazione alle precedenti.

Gli strumenti usati sono stati due scanner FARO, un CAM2 FOCUS^{3D} X330 con un range fino a 330m, e un CAM2 FOCUS^{3D}

¹⁹⁵ Metodo *Cloud to Cloud*, che allinea i punti per forma e distribuzione spaziale: il software utilizza un algoritmo specifico, *l'Iterative Closest Point*.

¹⁹⁶ A. Spanò, Dispense sistemi a scansione. Acquisizione, a.a. 2018/19, p23

¹⁹⁷ Ivi, p10

▼Indicazione dei punti in cui sono stati disposti gli scanner per le scansioni. In verde sono indicate le scansioni effettuate il 19/07/2019; in giallo le scansioni effettuate il 1/10/2020.



▼CAM2 FOCUS^{3D} X330 della FARO.
Fonte: <https://www.faro.com>



X130 con un range fino a 130m, due dispositivi che si adattano in maniera efficace a un contesto montano: le dimensioni ridotte e la semplicità di utilizzo facilitano il trasporto in luoghi più impervi e riducono i tempi di acquisizione. Le scansioni sono state distribuite in tutta la borgata. Per il posizionamento dei punti di scansione, generalmente si predilige una disposizione circolare, così da collocare l'oggetto al centro di un ipotetico anello rappresentato dai punti di scansione; quando ciò non è possibile, per particolari condizioni del costruito, gli scanner vengono disposti lungo direzioni più o meno parallele alle superfici degli edifici da documentare. Nel caso della borgata, gli scanner sono stati disposti lungo la strada principale.

La necessità di effettuare due operazioni di rilievo successive è stata determinata da due motivi:

- Rilevare porzioni della borgata che in seguito alle prime scansioni presentavano un ricoprimento basso;
- In sede di elaborazione delle prime scansioni, ci si è imbattuti in una problematica relativa alla collimazione dei target a terra (GCP), essendo questi non disposti perpendicolarmente rispetto allo scanner e quindi visti in modo obliquo, il che aumentava l'errore di registrazione. Di conseguenza si riscontrava una difficoltà nella georeferenziazione del modello 3D nel Sistema di Riferimento WGS84/UTM32N. Inoltre, la forte presenza di vegetazione intorno alla borgata rendeva ostica anche la registrazione per forma delle nuvole da parte del software, che senza l'appoggio topografico non riusciva a effettuare correttamente la rototraslazione delle nuvole e a unirle per forma.

Per la seconda operazione di rilievo LiDAR, quindi, sono stati disposti i target sulle pareti, in modo che fossero perpendicolari al raggio dello scanner e quindi facilmente collimabili. I GCP posizionati sono stati misurati con Stazione Totale, e sono i medesimi usati per il rilievo fotogrammetrico terrestre della Casa delle Colonne, del *Complesso Garnero* e della *Congregazione*.

Le nuove scansioni si sono concentrate principalmente nel passaggio tra il *Complesso Garnero* e la *Congregazione*, in modo da avere un sufficiente numero di nuvole concentrate in prossimità delle superfici dove erano disposti i target: l'unione per forma delle nuvole più distanti¹⁹⁸, in cui non erano ripresi i target, ha permesso di georeferenziarle tutte in WGS84/UTM32N, risolvendo

¹⁹⁸ Tramite un overlapping adeguato tra nuvole adiacenti.

do il problema di registrazione e georeferenziazione che si era presentato in prima battuta.

L'elaborazione delle nuvole è avvenuta nel software dedicato Scene, sviluppato dall'azienda FARO Technologies, anche produttrice degli scanner utilizzati.

L'elaborazione delle nuvole LiDAR verrà trattata nel paragrafo 5.3.



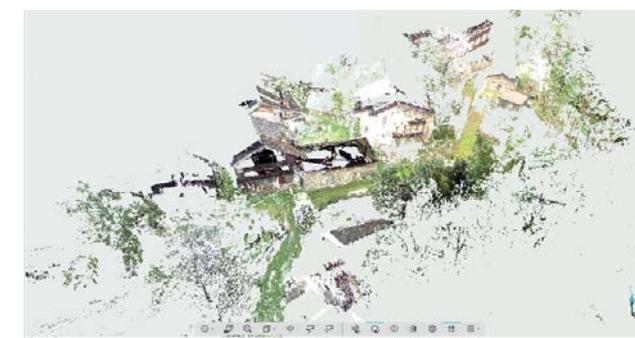
◀Visualizzazione planare di una delle scansioni effettuate, in cui sono identificati i target collimati per la georeferenziazione e la posizione degli altri scanner.



◀Visualizzazione delle nuvole LiDAR registrate e unite nel software Scene. Ogni nuvola è indicata con un falso colore differente, per facilitare l'operazione di avvicinamento utile all'unione per forma.



◀Nuvola di punti risultante dall'unione delle 14 scansioni del primo rilievo: a ogni punto è attribuito il dato RGB.



◀Nuvola di punti risultante da secondo rilievo, che si è principalmente concentrato sulla zona di passaggio tra il Complesso Garnero e la Congregazione.

5.1.4 Rilievo da fotogrammetria speditiva

Per il rilievo fotogrammetrico in *close range*, è stata utilizzata una fotocamera di proprietà, una reflex Nikon D40; sono stati svolti due rilievi: il primo con una focale fissa a 18 mm ed il secondo con una focale fissa.

L'edificio oggetto del rilievo è il Mulino presente nella borgata. Per un corretto rilievo fotogrammetrico occorre rilevare il manufatto in tutte le sue parti, se possibile, e cercare di tenere la medesima distanza dall'oggetto durante tutta la fase di presa delle fotografie; inoltre non bisogna mai divergere la presa, ma sempre convergerla sul manufatto. Con tale approccio sono stati rilevati i prospetti più impervi per la vicinanza tra l'edificio e il Rio Maggiore o di Elva.

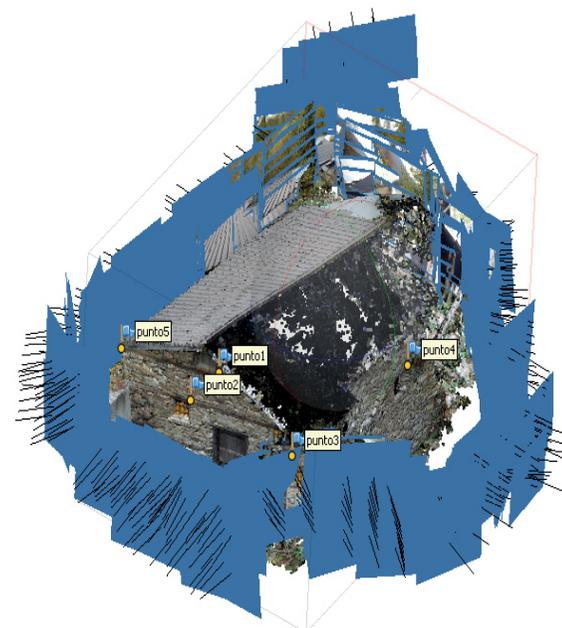
Per il rilievo a 18mm sono state fatte 67 fotografie dei quattro prospetti del manufatto edilizio, per il rilievo a 24 mm sono state invece realizzate 415 fotografie. Si è scelto di eseguire due strisciate a differente distanza e con focali diverse per un semplice motivo, cercare di acquisire più dati possibile ed inoltre, qualora il rilievo di dettaglio a 24 mm fosse risultato di più difficile gestione, si sarebbe utilizzato quello da 18 mm. Durante la fase di elaborazione è stato possibile utilizzare il rilievo di dettaglio a 22 mm per ottenere abbracciamenti maggiori dei fotogrammi. Le prese fotografiche, sono state riprese con asse perpendicolare alla parete; per un buon risultato non è stata inclinata la macchina, ma alzata per seguire le altezze del prospetto, con un ricoprimento del 70%.

Con questo rilievo sono stati integrati i prospetti non rilevati dalle scansioni LiDar, cioè l'intero prospetto Sud e metà di quello Est; per le coperture si è utilizzato il rilievo UAV.

L'aspetto interessante di un rilievo integrato è la possibilità di rendere collaborative le tecniche di rilievo impiegate lidar e fotogrammetrico, estrapolando i punti naturali e collimandoli sul progetto fotogrammetrico è stato possibile estrapolare punti di coordinate note dal rilievo LiDar per ottimizzare il processo fotogrammetrico ricavando GCPs.

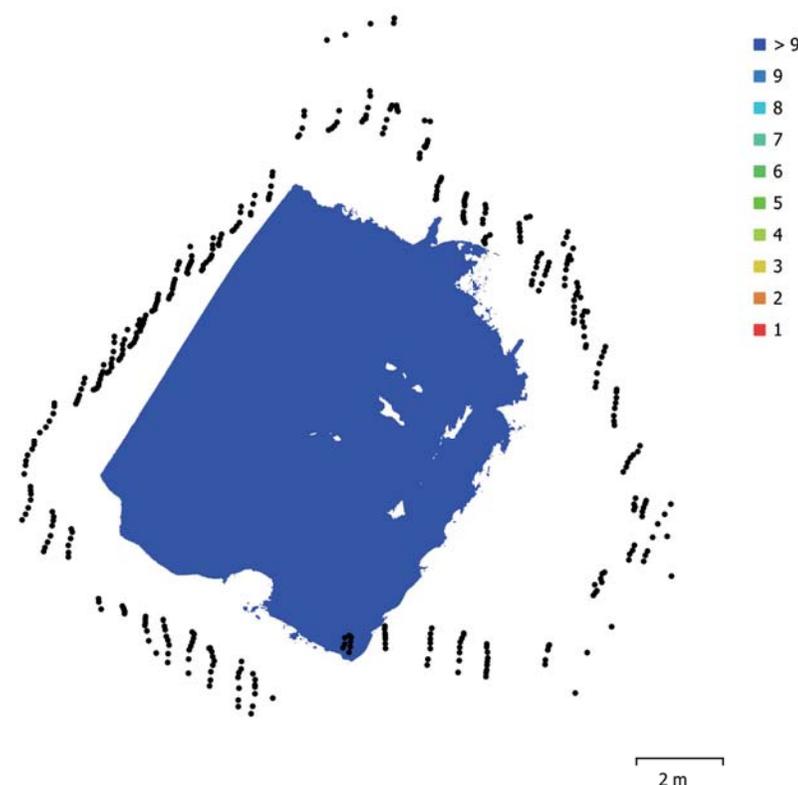
La parte difficoltosa del rilievo è stata il mantenimento della stessa distanza, data la prossimità della struttura con il rivo di Elva. È stato impostato un valore ISO basso, per evitare i "noise to images"¹⁹⁹. I rumori luminosi consistono nella perdita di particolari

¹⁹⁹ Agisoft PhotoScan Manuale d'Uso, p4, www.agisoft.com.



◀ Orientamento delle immagini acquisite. Con l'allineamento delle stesse e realizzazione della nuvola sparsa

▼ Punti di presa (rappresentati dai punti neri) e overlapping delle immagini acquisite. La colorazione blu delle superfici indica che i punti sono stati acquisiti da almeno 9 immagini.



► **Fotocamera reflex Nikon d40 utilizzata per le acquisizioni fotogrammetriche terrestri del 21 ottobre 2020, e le specifiche di tale strumento**
 Fonte: <http://www.tecnozoom.it>

Specifiche tecniche del sensore:

Tipo: Ps-C da 36 x 24 mm
 Pixel 6,0 megapixel

Calibrazione della fotocamera per le acquisizioni:

ISO: 400
 Distanza focale: 24mm
 Dimensione dell'immagine: 3008 x 2000 pixels
 Dimensione del pixel: 7,99 x 7,99 µm
 GSD: 1.21 mm/pix



nel dettaglio, mentre quelli cromatici sono degli artefatti che producono una distorsione cromatica²⁰⁰.

Il rilievo è stato effettuato con il cielo coperto, per avere una luce diffusa ed evitare ombre nette, le quali avrebbero potuto creare problemi nell'allineamento dell'immagine. Per il rilievo del Batou è stata effettuata una presa circolare a più fasce, dall'attacco a terra fino alla linea di gronda (fino a che si riusciva ad alzare la macchina), mantenendo la camera sempre parallela al terreno il più possibile così da evitarne l'inclinazione che avrebbe potuto comportare un aumento di incertezze nella misurazione ed elaborazione successiva.

Dopo la fase di acquisizione vi è la fase di elaborazione con il software Metashape.

¹⁹⁸ Alessio Furian, La sensibilità ISO in fotografica www.tecnicafotografica.net

5.2 Elaborazione delle nuvole fotogrammetriche²⁰¹:

La prima fase di elaborazione ha riguardato la nuvola di punti UAV acquisita con l'uso del drone DJI Mavic Pro.

Per l'elaborazione fotogrammetrica è stato utilizzato il software Agisoft Metashape, che tramite la tecnica dello *Structure-from-Motion* per la ricostruzione e l'orientamento 3D del modello fotogrammetrico sulla base dei punti omologhi (*Tie points*). Il programma permette la gestione del processo fotogrammetrico in maniera automatizzata, dall'orientamento interno ed esterno alla determinazione dei centri di presa dei fotogrammi.

Il processo prevede una serie di operazioni successive organizzate in un *workflow* operativo. La prima operazione è consistita nell'importazione delle immagini acquisite dal drone all'interno del software (*add photos*). Inserirle le immagini, si è proceduto con l'orientamento delle immagini (*align*)²⁰², con cui il software ha ricostruito l'orientamento dei fotogrammi e ha restituito una prima nuvola di punti sparsa.

È stato quindi importato il file .txt contenente le coordinate dei GCP a terra, in modo da individuare su ogni immagine i *target* e impiegando la tecnica dell'*image matching* a cui attribuire il GCP corrispondenti: su 29 target ne sono stati collimati 26, in quanto 3 di questi non risultavano ben definiti nelle immagini quindi il centro non era ben definito. L'attribuzione dei GCP ai target è il passaggio fondamentale che permette alla nuvola di punti l'appoggio alla rete topografica, e quindi di essere georeferenziata all'interno del Sistema di Riferimento WGS84. Attribuiti, in ogni immagine, i corrispondenti GCP ai target è stata effettuata un'ottimizzazione della camera (*camera calibration*), miglioramento della stima dei centri di proiezione, per aumentare l'accuratezza del modello 3D. Lo step successivo è stata la generazione della nuvola di punti densa (*build dense cloud*)²⁰³.

²⁰¹ Paragrafo in comune con la tesi in fase di stesura "Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico." di Philippe Rosset

²⁰² Che ha richiesto un tempo di processamento di 8 minuti

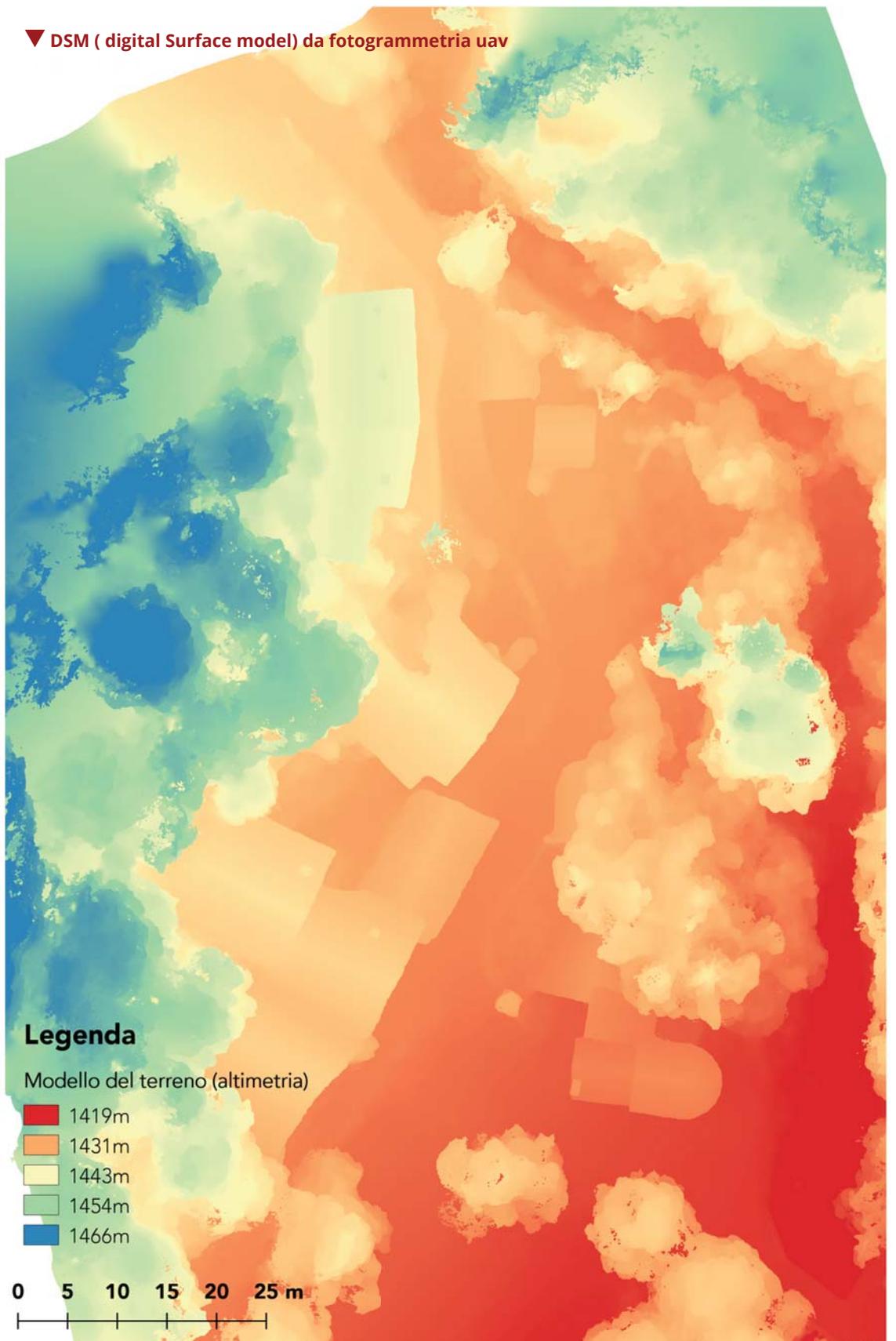
²⁰³ Che ha richiesto il tempo di processamento di 11 ore e 25 minuti

Generata la nuvola densa, è stata effettuata un'operazione di rimozione di porzioni della nuvola non utili alla ricostruzione del modello 3D, quali la vegetazione, gli alberi e porzioni di nuvola troppo periferici. L'ultima fase del *workflow* è consistita nella generazione del DSM (*build DEM*) e dell'ortofoto (*build orthomosaic*) della borgata²⁰⁴, prodotti da utilizzare per l'analisi del costruito.

Il DSM (*Digital Surface Model*) è un'immagine raster, in cui a ogni pixel non è assegnato un valore RGB ma una quota altimetrica: il DSM, importato nel *software GIS*, viene utilizzato per effettuare analisi geomorfologiche e per realizzare un raster ombreggiato del terreno (*hillshade*). L'ortofoto planimetrica viene utilizzata come mappa descrittiva dello stato attuale e della configurazione del costruito. Un ortofoto può rappresentare porzioni di territorio a differenti scale di dettaglio, in base al GSD²⁰⁵ determinato.

L'errore medio ottenuto è di 0.021m (Control Points) e di 0.027 (Check Points).

²⁰⁴ Tempistica circa 6 minuti
²⁰⁵ Il GSD delle acquisizioni fotogrammetriche tramite UAV della borgata è di 1.92 cm/pix: a ogni pixel dell'immagine corrispondono 1.92cm dell'oggetto rappresentato.





Il rilievo metrico 3D della borgata attraverso le metodologie della Geomatica

5.3 Elaborazione delle nuvole LiDar²⁰⁶:

L'elaborazione delle nuvole LiDAR è avvenuta nel software FARO Scene.

Importate le nuvole acquisite con le varie scansioni, la registrazione delle nuvole avviene attraverso tre fasi:

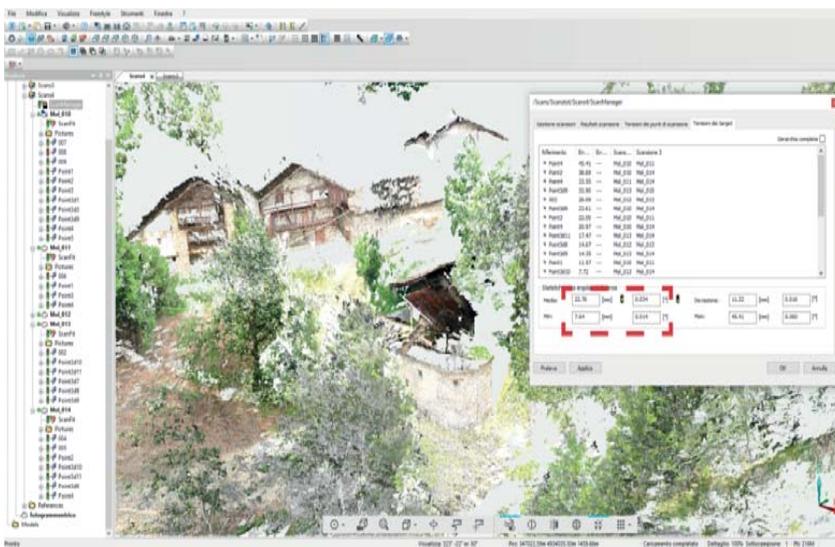
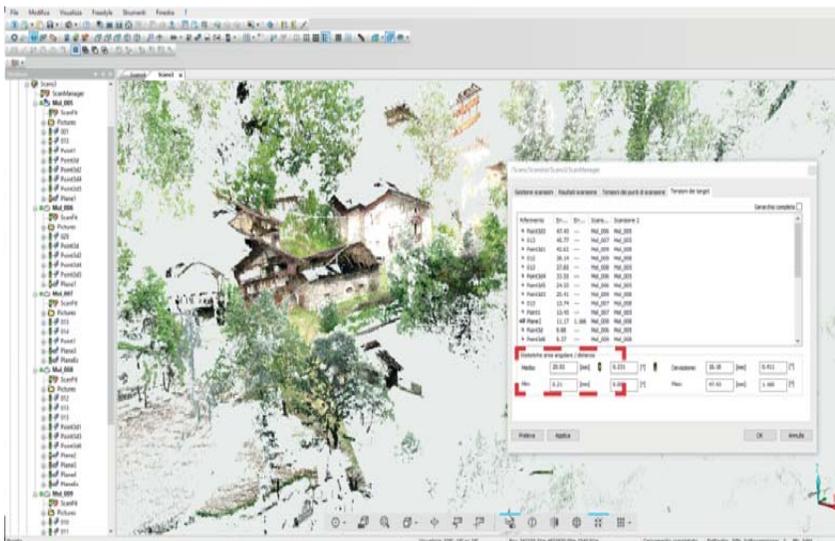
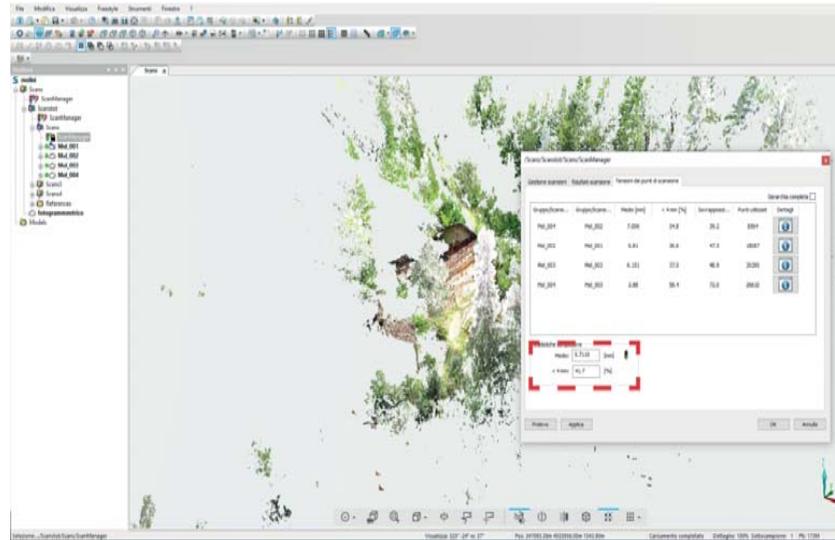
1. Una prima fase di avvicinamento manuale delle scansioni, per facilitare la successiva registrazione per forma.
2. La registrazione per forma (Cloud to Cloud) avviene automaticamente tramite un algoritmo specifico ICP: in questa fase tuttavia la registrazione delle nuvole avviene in un sistema di riferimento locale determinato dallo strumento di acquisizione.
3. Se la registrazione per forma va a buon fine, si procede con la registrazione con target, tramite cui la nuvola di punti viene georeferenziata all'interno del Sistema di Riferimento WGS84.

Come già accennato nel paragrafo 5.1, il progetto di registrazione delle scansioni effettuate nel primo rilievo non sono andate a buon fine. Le scansioni sono state suddivise in 3 gruppi in base alle zone della borgata. Mentre la registrazione per forma di uno dei tre gruppi risultava soddisfacente, con un errore medio di 5,71mm, gli altri due gruppi presentavano un errore medio superiore ai 20mm, a causa della difficoltà nel collimare i GCP disposti a terra e perchè la vegetazione circostante alla borgata non facilitava il processo di registrazione per forma. Si è provato a estrarre punti naturali dalla nuvola fotogrammetrica UAV da usare come punti omologhi per referenziare le scansioni, ma presentando questa un GCD più elevato risultava troppo diradata rispetto alla nuvola da TSL.

Individuate le problematiche, si è concordato con la professoressa Spanò e con i membri del Team di effettuare una seconda operazione di scansioni nella borgata, al fine di diminuire l'errore tramite l'integrazione di nuove scansioni, così da poter effettuare la registrazione.

²⁰⁶ Paragrafo in comune con la tesi in fase di stesura "Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico." di Philippe Rosset

► **Indicazione degli errori medi individuati per ogni gruppo di scansioni: il secondo e il terzo sono quelli con un errore medio superiore ai 20mm, che hanno necessitato il secondo intervento di rilievo.**

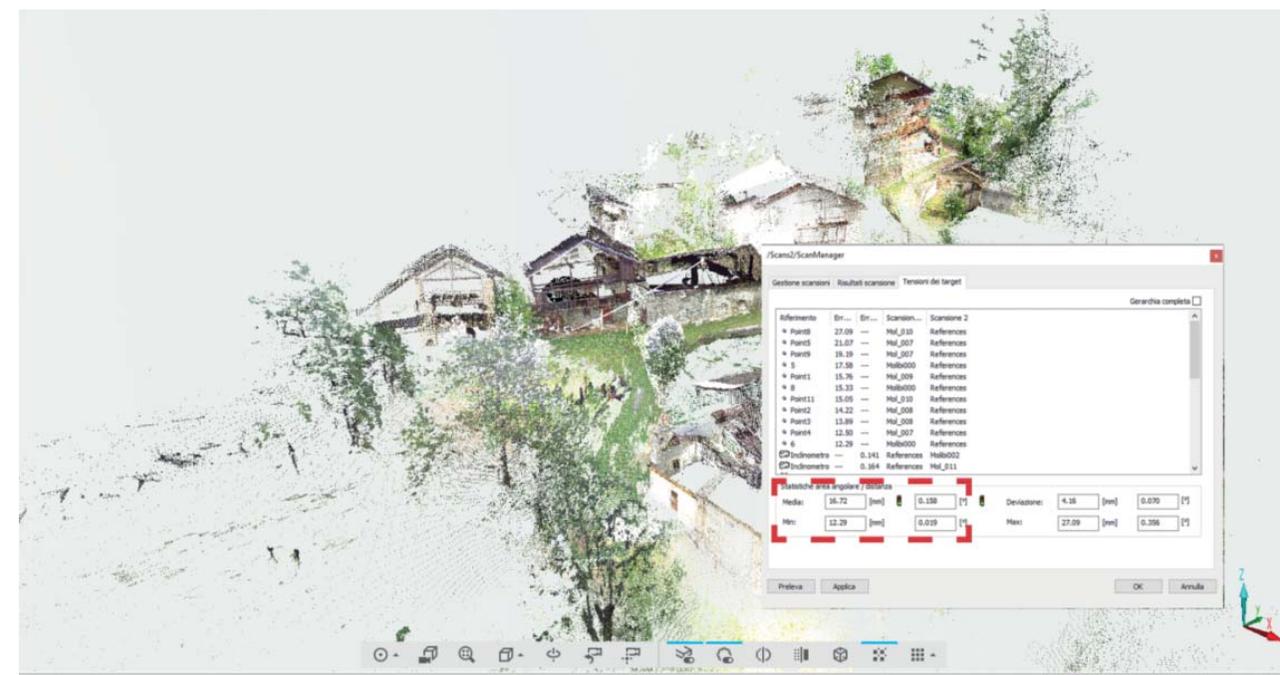


L'inserimento delle 7 nuove scansioni ha permesso di risolvere i problemi relativi alle registrazioni precedenti: le nuove scansioni si sono concentrate sulle zone che nel primo rilievo risultavano con un basso ricoprimento, e quindi la loro integrazione ha consentito di effettuare la registrazione per forma senza dover più suddividere le scansioni in 3 gruppi.

Inoltre, le nuove scansioni sono state effettuate in seguito al posizionamento dei GCP sulle pareti - misurati con Stazione Totale dal vertice 700 della rete topografica di appoggio - che ha permesso di georeferenziare le scansioni registrate nel Sistema di Riferimento WGS84.

In totale sono state registrate 21 scansioni - 14 del primo rilievo e 7 del secondo -, con un errore di allineamento per forma di 10,08mm e un errore medio complessivo di 16,72mm.

▼ **Indicazione dell'errore medio complessivo della registrazione delle 21 nuvole.**



5.4 Elaborazione della nuvola fotogrammetrica speditiva:

Dopo il rilievo è stata effettuata l'elaborazione dei dati, sempre utilizzando l'applicativo Agisoft Metashape.

L'orientamento delle immagini è stato eseguito con il parametro Highest, per via dell'uniformità materiale della struttura. Sono state scattate e allineate 415 fotografie. Successivamente sono stati ricavati punti naturali sulla scansione (TSL) georiferita in precedenza. Sono stati estratti cinque punti naturali dalle scansioni Mol_004 e Molini 002 chiamati: punto1, punto 2, punto 3, punto 4, punto 5. Il "punto4" si trova sul prospetto laterale Est, parzialmente crollato, in prossimità dell'angolo della finestra. E' l'unico punto certo della scansione *LiDar* inerente a quel prospetto.

► I cinque punti ricavati dalla nuvola TSL registrata, estratti in un file di testo e collimati nel fotogrammetrico speditivo per il corretto allineamento



I punti ricavati sono stati inseriti tramite file di testo csv nel programma Metashape, collimandoli in tutte le foto; 4 sul prospetto nord e 1 sul prospetto est. Si è proseguito con l'aggiustamento della camera e con la generazione della nuvola di punti densa.

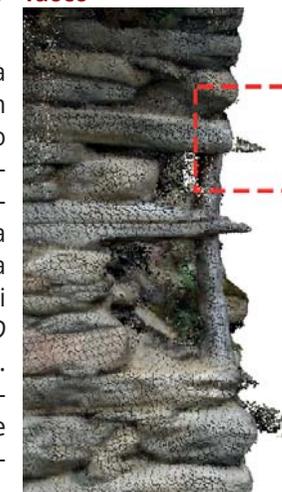
Da queste elaborazioni sono state ricavate le mesh²⁰⁷ dei quattro prospetti e la rappresentazione classica in 2D. Le elaborazioni richiedono delle tempistiche diverse in base alle prestazioni della macchina utilizzata, ho riscontrato i tempi di:

- Orientamento delle fotografie, settaggio parametri: *Accuracy Highest, Key point limit 40.000, Tie point limit 4,000* in 23 minuti;
- Generazione della nuvola densa, settaggio parametri: *Quality medium Depth filtering Agressive* in 43 minuti;

Una volta ricavata la nuvola, per avere un controllo sulla bontà del rilievo, si è effettuato il paragone tramite un applicativo open source *Cloud Compare* con le scansioni laser, le stesse da cui sono state ricavate le coordinate dei punti. Il risultato di tale comparazione è una media di 1,5 cm di distanza tra le due nuvole. L'analisi "distanza da nuvola a nuvola" ha richiesto come tempistica 20 minuti; quest'analisi verifica la bontà dell'accuratezza, della geometria e del posizionamento della nuvola fotogrammetrica di dettaglio. In seguito, si è proseguito su un altro programma *3D Resahper 2017*, scelto per via delle sue capacità computazionali. Per la computazione di una mesh totale del manufatto, sono state caricate le nuvole lidar e la nuvola del fotogrammetrico, divise in prospetti e copertura; sono state pulite dal rumore, soprattutto il fotogrammetrico che presenta più errori nelle misurazioni.

Dopo la pulitura delle nuvole, è stata eseguita la mesh dell'intero edificio, ove possibile, raffinandola con la nuvola TSL più densa e precisa.

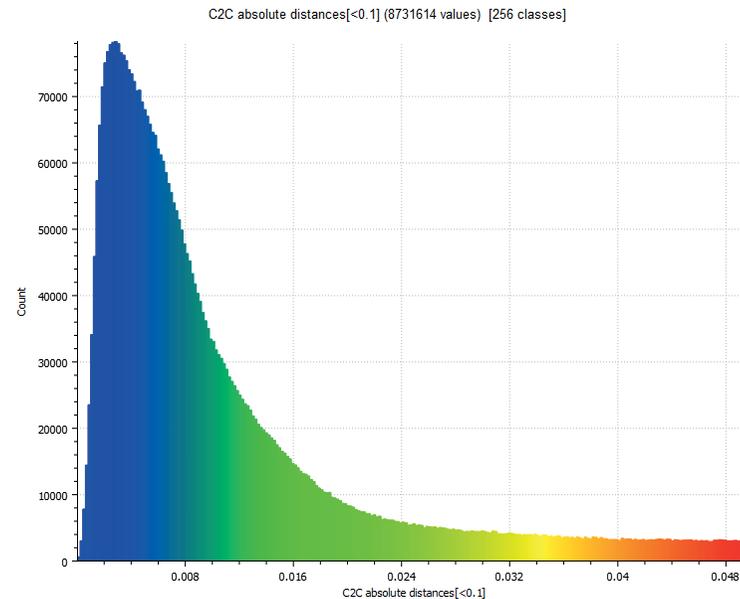
► Valore d'incertezza della misurazione rappresentato da un cluster di punti anomalo, ciò è dovuto alle immagini che presentano una ISO elevata ed alcune immagini non completamente messe a fuoco



²⁰⁷ La mesh è la triangolazione dei punti appartenenti alla nuvola, creando una superficie continua.

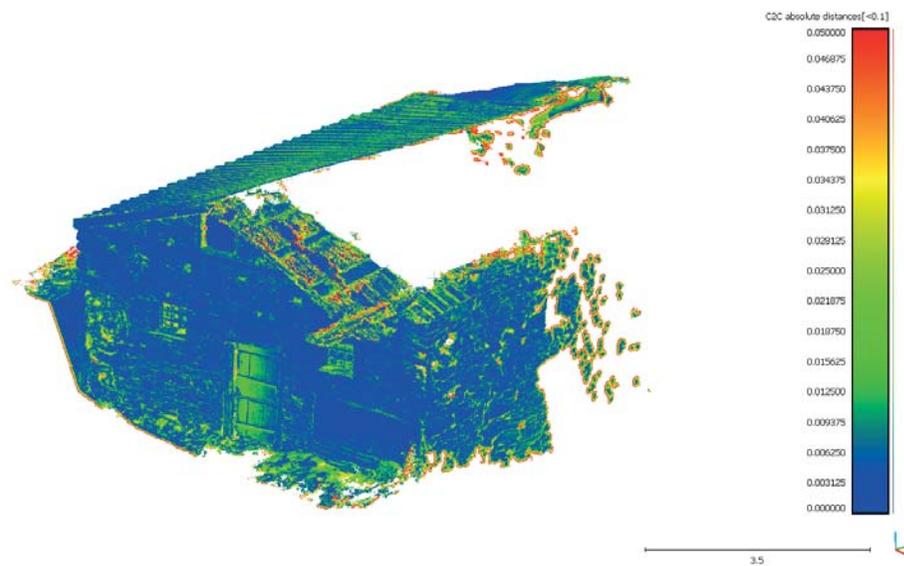
▼ **Istogramma di analisi distanza nuvola TSL e fotogrammetrica di dettaglio.**

Fonte: elaborazione con Cloud compare



▼ **Nuvola in falsi colori per verificare la qualità del rilievo fotogrammetrico e dell'elaborazione successiva, la maggior parte della superficie, rappresentata in blu, presenta scarti tra le due nuvole al di sotto dei 5 mm.**

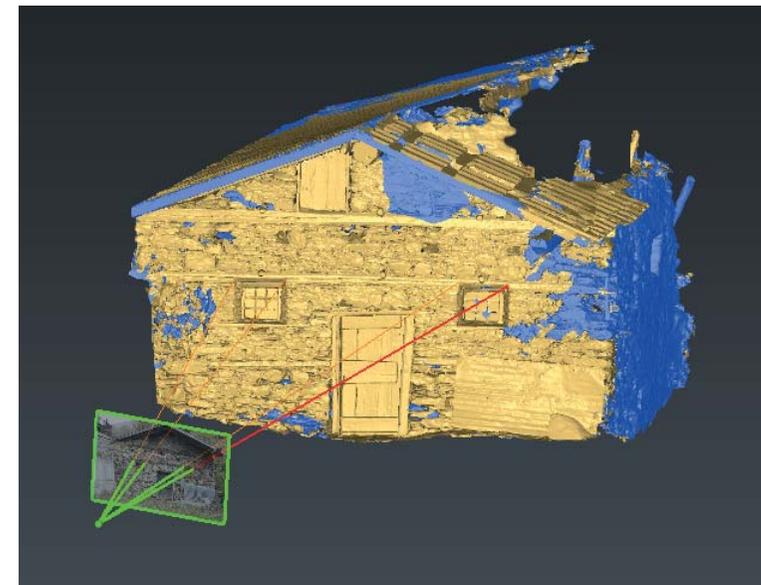
Fonte: Cloud Compare



Successivamente alla mesh è stato applicato il colore, dalle fotografie o dalla nuvola; per l'applicazione fotografica il software necessita di almeno due punti cosicché possa inserire la fotografia per colorare la mesh²⁰⁸.

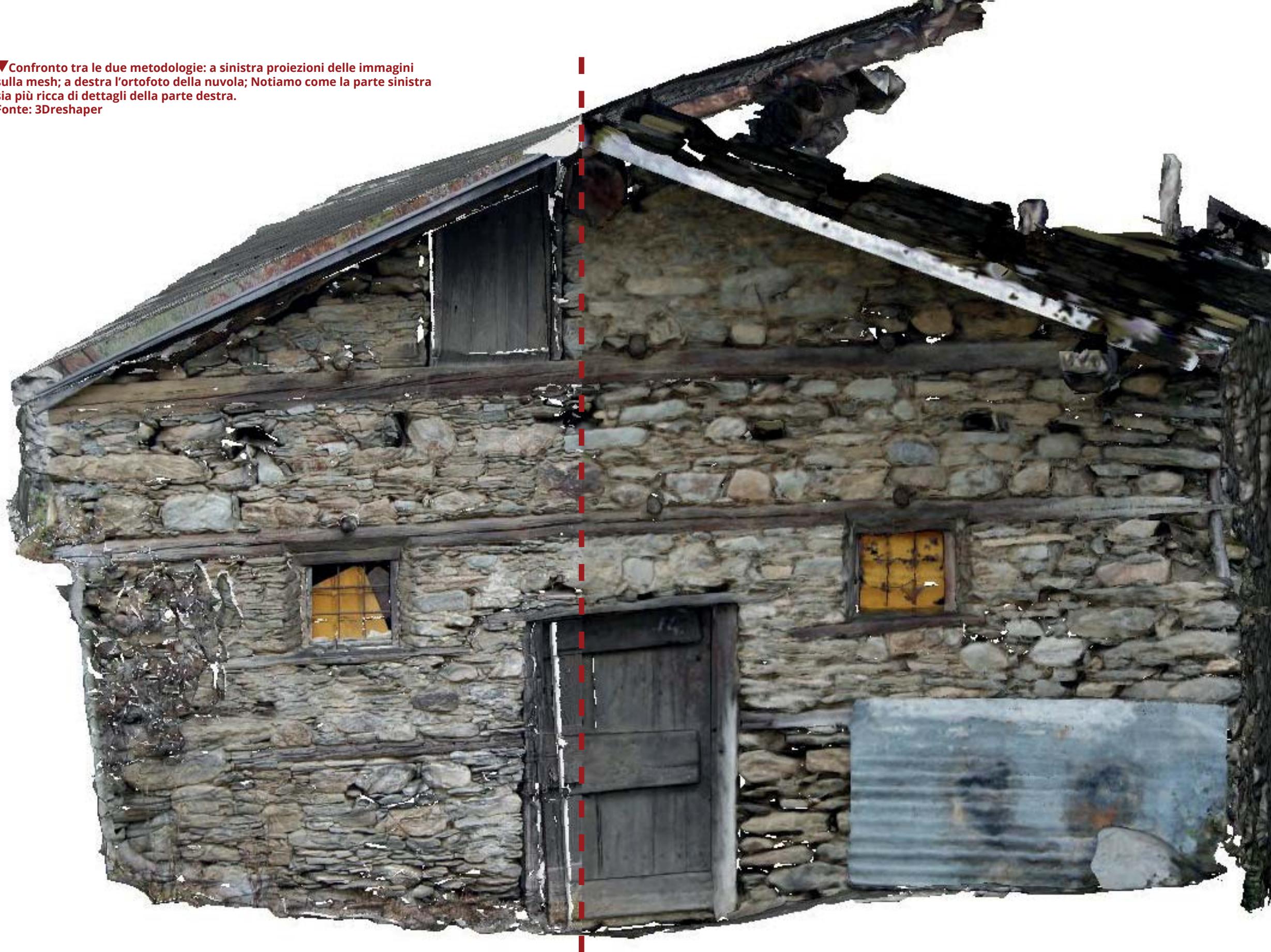
▼ **Inserimento colore sulla mesh tramite l'uso delle fotografie scattate per il rilievo fotogrammetrico**

Fonte: 3Dreshaper

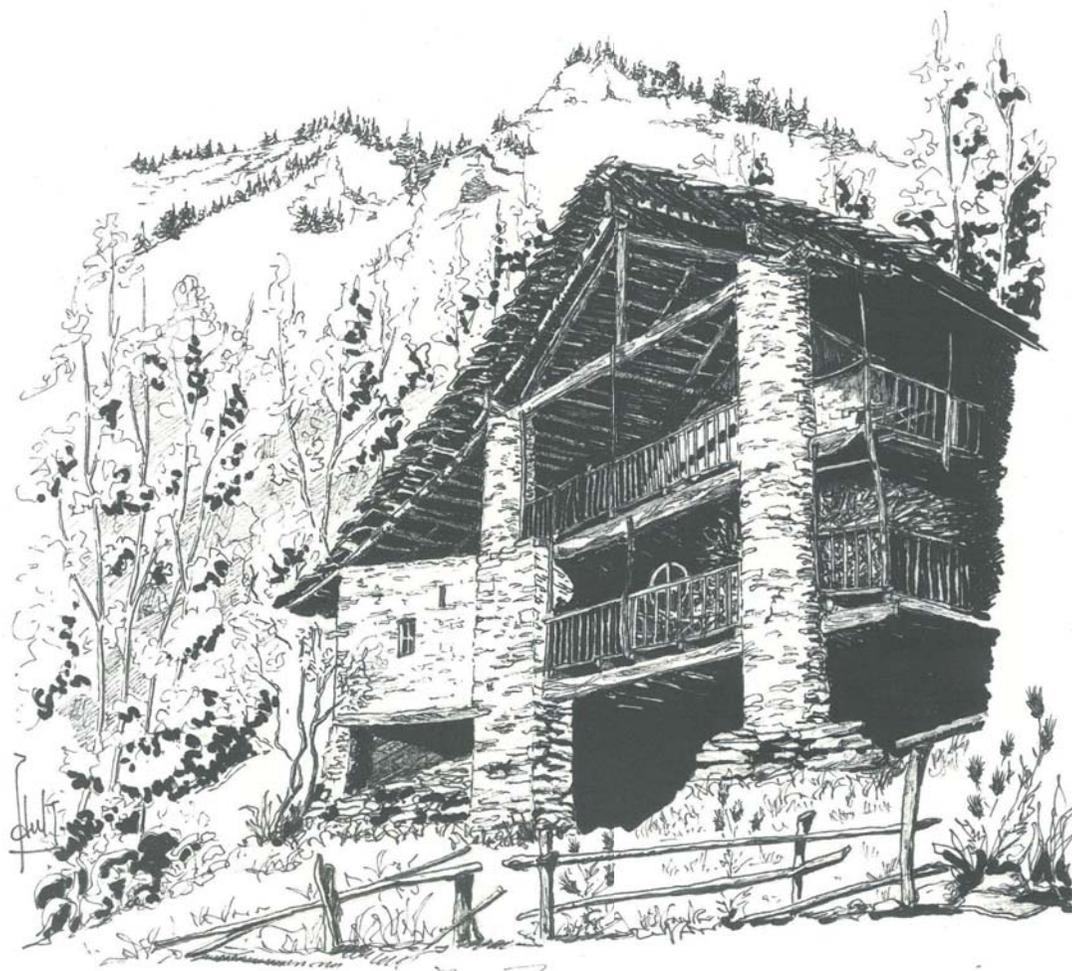


La proiezione dei fotogrammi orientati sulla mesh prende il nome di texturizzazione, è utile per una analisi materica e colorimetrica dell'edificio, che con queste strumentazioni e metodologie può essere gestita in remoto.

▼ Confronto tra le due metodologie: a sinistra proiezioni delle immagini sulla mesh; a destra l'ortofoto della nuvola; Notiamo come la parte sinistra sia più ricca di dettagli della parte destra.
Fonte: 3Dreshaper



_ Elva. alta Val Maira.
tipica abitazione con colonne rotonde.



▲Disegni di Paul Terrematte, Casa delle Colonne Borgata Molini Allioni Elva
Fonte: Paul Terrematte, Sinfonie di antiche borgate, p117.



**RESTITUZIONE DEGLI
ELABORATI**

6.1 Utilizzi, obiettivi e risultati dalle restituzioni grafiche:

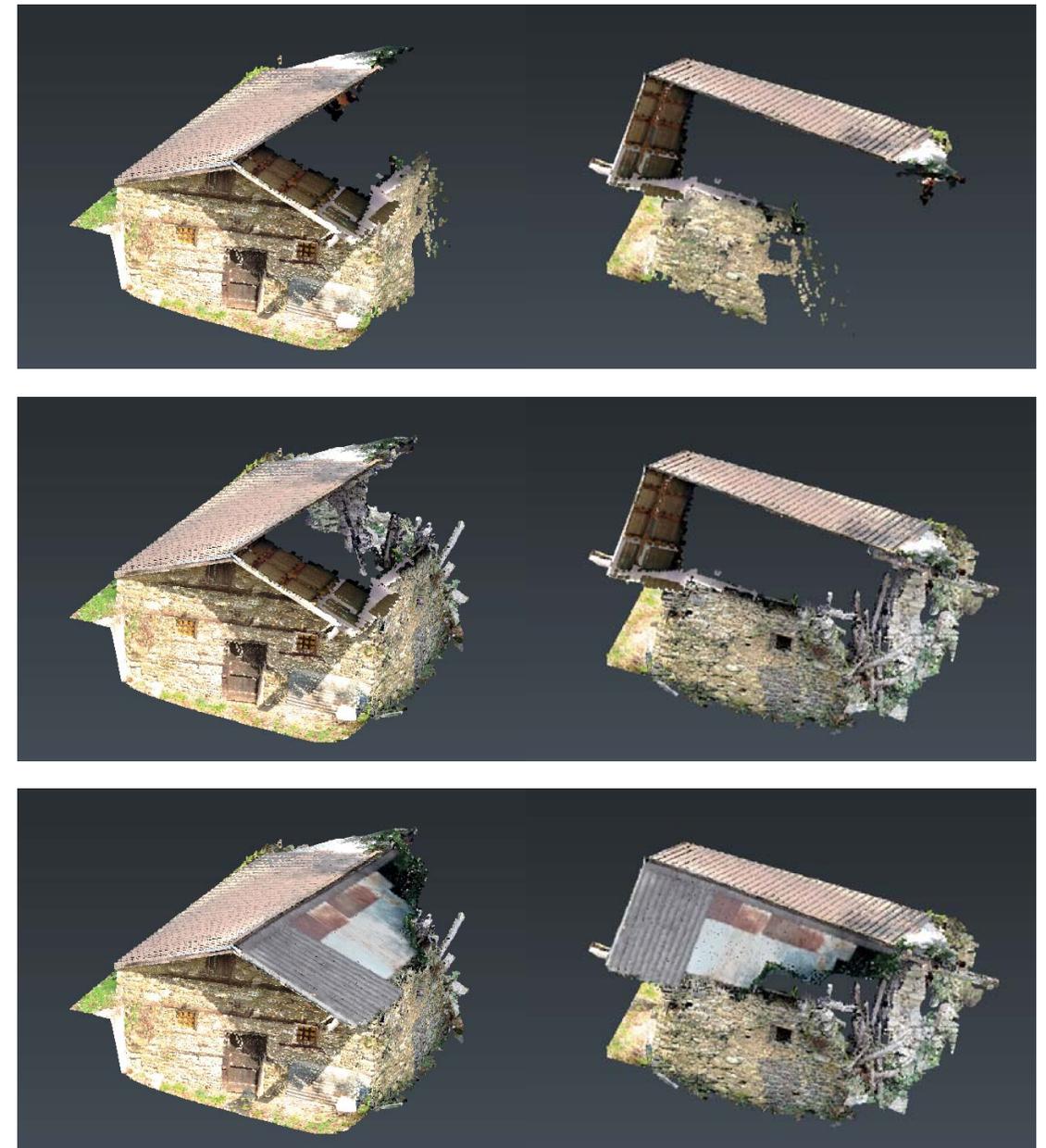
Dopo aver registrato le nuvole TSL, allineato le nuvole UAV, quelle del fotogrammetrico terrestre, e averne effettuato il filtraggio del rumore e la pulitura da porzioni non significative (vegetazione), esse sono pronte per essere vettorializzate; per realizzare tale operazione ho utilizzato un software, Point Cab. Esso compone, in base alla definizione scelta, un ortofoto della nuvola; per ricavare tale elaborato, occorre predisporre la vista opportuna con le coordinate X e Y iniziali e finali. Possiamo rilevare con più precisione tali coordinate utilizzando il noto software di disegno Autocad. Per eseguire tale elaborazione è necessario aprire la nuvola nella vista "Top" generata automaticamente da Point Cab; una volta visualizzata, con lo strumento "linea", ho disegnato la linea di sezione della vista desiderata, e ho letto le coordinate; quest'ultime sono riportate su Point Cab, e successivamente ho settato la risoluzione, la profondità di campo e generato l'ortofoto desiderata. Ho generato la vista della proiezione della nuvola colorata, anche detta, (benchè impropriamente) ortofoto.. Il prossimo passo è la sua vettorializzazione tramite l'applicativo Autocad per la restituzione degli elaborati architettonici: Piante e Prospetti, Siccome non si è potuto accedere non è stato possibile eseguire il rilievo dell'ambiente interno.

Per l'estrazione della proiezione della nuvola relativa a fronti dell'edificio, è stato selezionato l'assetto delle UCS opportune..

Nonostante il ricoprimento delle varie scansioni e l'integrazione con il fotogrammetrico terrestre di tipo speditivo, non si è riuscito ad ottenere una completo rilievo dell'edificio; l'unica parte non rilevata è stata la falda posizionata sul angolo nord - est, a causa della presenza di vegetazione, la falda sul prospetto est è documentata dalla la nuvola del volo UAV integrandola con le precedenti. Il lavoro di acquisizione e restituzione si configura come base scientifica conoscitiva sullo stato di fatto della borgata, e del mulino, nel rapporto con le reti idrauliche storiche, nella prospettiva della conservazione integrata di questi manufatti.

▼ Unione delle Nuvole dall'alto in basso:

- Lidar,
 - Fotogrammetrico, integrazione nuvola
 - UAV integrazione copertura
- Batou Angolo Nord - Est, a lato l'angolo Sud - Est



6.1.1 Analisi delle coperture della borgata.

Dall'ortofoto ricavata dal volo UAV, possono essere eseguite, tramite il Gis, diverse analisi. La più rilevante è l'analisi delle coperture. Le coperture osservabili dall'ortofoto sono variegata sia in quanto a materiali che per differente stato di degrado.

- Coperture in pietra: nella borgata sono presenti due tipologie di copertura in pietra, benché la struttura di sostegno sia la stessa, le lose sovrastanti sono diverse. La prima è la copertura in lose alla Piemontese, in cui le lose sono caratterizzate da una forma esagonale irregolare che una che forniscono la tipica finitura a rombi allineati. La seconda è invece la copertura che utilizza scandole in pietra dalla forma irregolare, ma semplificabile ad una forma rettangolare, disposte sul lato più lungo e parallelo alla linea di colmo; questa tipologia è la più antica.
- Copertura il lamiera: anche qui vi sono due tipologie di lamiera, la prima di recente costruzione utilizza tavolati in lamiera pinzata, la seconda utilizza tavolati di lamiera grecata di fortuna.
- Copertura in tegole, l'unica copertura realizzata con questo materiale è la tettoia posizionata tra la segheria e l'edificio di culto. Utilizza le tegole della tipologia marsigliese.

La classificazione del degrado è così definita: nuovo, degradato, molto degradato e crollato. La planimetria basata su ortofoto riporta un'analisi dello stato di conservazione e della tipologia di materiale utilizzato. Da questa analisi emerge come la maggior parte delle coperture si trovino attualmente in un stato degradato, molto degradato e crollato.

Segue l'analisi sullo stato di conservazione complessivo degli edifici della borgata suddivisi in: nuovo, ottimo, buono e scarso; sono riportate le nomenclature attribuite agli edifici della borgata e il numero di piani di ogni edificio.



▼ Analisi stato di conservazione della borgata



Legenda

Stato di conservazione

- ristrutturato
- buono
- scarso



4934070N 4934090N 4934110N 4934130N 4934150N 4934170N

346920E 346940E 346960E 346980E

346920E 346940E 346960E 346980E

6.1.2 Analisi dell'edificato della borgata di Molini Allioni:

Dopo aver trattato della collocazione della Borgata rispetto al Valone di Elva, in questo paragrafo tratterò una prima analisi dello stato di conservazione dell'edificato, delle coperture e dello schema generale degli edifici residenziali in linea con le altre borgate sparse sul territorio.

Come accennato in precedenza, le zone produttive si focalizzano su edifici posizionati a Sud, a Nord e nella parte centrale della borgata. Gli edifici complessivi che compongono la borgata sono: la Scuola, la Chiesa, le residenze, il Forno, la Segheria, l'Apiario, la Congregazione e il Batou, solo gli ultimi cinque sono attribuiti alla produzione.

- Chiesa: l'edificio di culto posizionato in prossimità dell'accesso alla borgata si presenta in è stata restaurata, all'interno non sono presenti affreschi e viene utilizzato durante la ricorrenza di San Giovanni. La copertura alla "Piemontese" è stata realizzata in legno e pietra, il materiale lapideo è composto da lose alla Piemontese di forma regolare e di recente realizzazione, con qualche elemento di recupero della vecchia copertura; il colmo si presenta in elementi prefabbricati in cemento. L'edificio è quasi completamente intonacato e si presenta con due diverse altezze in gronda.
- Scuola: l'edificio a uso collettivo è posizionato nella zona centrale e raccoglieva gli studenti delle borgate di Chiosso, Lischia, Brioni e Molini²⁰⁹. L'edificio si presenta diviso a metà con due funzioni principali: la scuola e l'edificio residenziale su tre livelli fuori terra: al piano terra sono collocati due vani voltati in pietra utilizzati come antiche stalle, sono ancora visibili le mangiatoie in legno, al piano primo e secondo sono collocate le aule il cui accesso è garantito da scale esterne in tecniche costruttive tradizionali, poi consolidate in cemento armato. Oggi questi vani, principalmente al piano primo, sono adibiti a deposito legname. Per l'altra metà l'accesso era garantito da una scala lignea esterna crollata per cui non è stato possibile accedervi. La copertura è per metà in lamiera e l'altra metà crollata, da cui è possibile visionare il piano secondo, vano unico, il cui accesso poteva essere garantito da

una passerella in legno. Le murature perimetrali si presentano per la metà ad uso scolastico intonacata, mentre l'altra metà si presenta con pietre a vista.

- Gli edifici residenziali: questi ultimi svolgevano diverse funzioni, erano posizionati su differenti piani: al piano terra la stalla (edificio per ricovero degli animali), al piano primo e oltre le residenze, al piano ultimo i fienili per lo stoccaggio del fieno (per il nutrimento del bestiame nel periodo invernale). La maggior parte delle stalle sono voltate in pietra salvo per la Congregazione, le cui volte sono ancora rappresentate dal rilievo pubblicato nel testo di Claudia Bonardi²¹⁰. Le caratteristiche principali di questi edifici sono: i muri portanti in pietra a vista, gli elementi lignei presenti nei prospetti, nei ballatoi, e gli assiti in block bau presenti su alcune murature perimetrali dei fienili, e infine nella maggior parte delle aperture è presente la svasatura. I fienili sono caratterizzati da vani unici su tutta la superficie dei fabbricati con capriate lignee ad eccezione del fenile situata nel Complesso Garnero (Complesso Garnero 2), in prossimità dell'apiario, che presenta una colonna rotonda al suo interno. Altra peculiarità degli edifici residenziali è la presenza di pilastri a sezione circolare noti sul posto e attraverso una letteratura locale come "colonne rotonde", l'unico edificio con questa caratteristica è situato a sud della borgata, denominata per l'appunto, Casa delle Colonne. L'unico edificio residenziale ristrutturato ed abitato della borgata risulta essere in prossimità del Batou posizionato a Nord ed è l'ultimo edificio.

Edifici produttivi della borgata:

- Il Forno: l'edificio si presenta in muratura portante, costruito in pietra a vista, copertura in legno e lose (tipiche della Valle Maira, di forma rettangolare, non squadrate). su un solo piano, all'interno si trovano due vani, uno principale e l'altro dove è collocata la camera del forno, il tetto a vista ne permette l'identificazione degli elementi costitutivi. La volta a cupola ribassata è realizzata in materiale lapideo ed una pietra ne garantisce la chiusura, è presente una fumarola o camino per l'aspirazione dei fumi della cottura. L'accesso, con por-

²¹⁰ L. Mamino, P. Mellano, C. Bonardi, R. Olivero, *Atlante dell'edilizia montana nelle alte Valli del Cuneese vol. 5: La valle Maira (valloni di Elva, Marmora, Preit, Unerzio, Traversiera)*, scheda numero 127

ta lignea, è sul fronte ovest all'asse di sviluppo della borgata (nord - sud). Su un solo piano è la parte adibita alla camera del forno, che presenta un muro circolare che segue l'andamento dello stesso. Al di sopra della camera è presente un vano utilizzato, con molta probabilità, per lo stoccaggio del legname d'accensione.

- La Congregazione: edificio in muratura a vista, su due livelli fuori terra, l'accesso sul fronte sud, posizionato in prossimità dell'edificio Garniero, è garantito da un'apertura lignea. Il prospetto est presenta 4 finestrate, due delle quali allineate tra il piano terra e il piano primo, ed una presenta un sistema trilitico in materiale lapideo, con architrave ad arco in unico blocco in pietra; i piedritti laterali sono caratterizzati da due blocchi del medesimo materiale, con molta probabilità questa apertura costituiva l'accesso principale e in un secondo momento fu trasformata in finestra. L'interno: al piano terra sono presenti due vani adibiti, secondo le fonti orali dei proprietari, a stalle; dalle finestre è possibile intravedere la struttura di solaio in latero - cemento, un rifacimento strutturale dell'inizio '90 presumibilmente in virtù di tale tecnica costruttiva. Al piano primo il locale si presenta senza divisioni con un pilastro in muratura posizionato centralmente il quale sorregge la trave di colmo della copertura lignea e con il rivestimento esterno in lose tipico della Valle. L'accesso a questo vano è garantito da due aperture posizionate sui rispettivi fronti ortogonali al prospetto principale (stradale).
- La segheria: edificio produttivo, si presenta in muratura lapidea portante, disposto su due piani fuori terra e diviso a metà in due vani separati e non collegati all'interno a livello del piano terra. L'accesso è garantito da aperture lignee che danno sulla tettoia posizionata nello spazio tra la chiesa e l'edificio stesso (prospetto sud). La tettoia presenta una copertura in legno e rivestita in tegole, la struttura portante si caratterizza da tre elementi: i primi due di recente costruzione, trattati di pilastro in calcestruzzo armato ed il secondo in muratura portante. Come per gli altri edifici della borgata l'architrave delle aperture è in materiale ligneo. Resti di un balcone sono posizionati sopra l'accesso principale, formato da chiusura lignea di recente costruzione; dall'architrave posizionato sulle finestre e sul secondo accesso, notiamo la sua continuità interrotta dal portone principale, citato precedentemente, e ne

deduciamo che quest'apertura in tempi recenti sia stata ampliata. La seconda apertura si presenta in uno stato "originale". L'interno: come accennato in precedenza, l'edificio è diviso in due vani con accessi separati al piano terra, ma in quello superiore è posizionato un soppalco ligneo non continuativo su tutta la superficie, che li collega in ambiente unico; l'accesso a questo secondo piano è garantito da un'apertura posizionata sul fronte Sud dove non sono presenti chiusure. Sul prospetto Ovest è collocata una piccola apertura. L'aspetto curioso è che queste aperture non presentano gli sguinci come negli altri edifici. La storia produttiva, secondo le fonti orali, è la seguente: nel catasto del 1792 (libro dello Zoccola) viene identificata come fucina²¹¹, dopo il 1977²¹² la macina e gli ingranaggi presenti nel Batou furono spostati in questo edificio, che ha continuato a "battere" la canapa fino agli anni '80²¹³. Successivamente a questa data il proprietario lo trasformò in una segheria, con i macchinari presenti tutt'oggi.

- L'apiario: si presenta con una copertura di fortuna in lamiera, oggi conserva la sua funzione, insieme a quella di deposito, in quanto dopo la mia prima visita al sito effettuata il 19 agosto 2020 ho notato l'inserimento di arnie in legno all'interno di questa struttura. La struttura portante si presenta in muratura in pietra a vista. È posizionato tra la Scuola e Il Complesso Garniero, nella corte a ovest della Congregazione.

Il Batou verrà affrontato nello specifico nel paragrafo successivo

²¹¹ E.Dao, *Elva un paese che era*, p 235

²¹² L. Mamino, P. Mellano, C. Bonardi, R. Olivero, *Atlante dell'edilizia montana nelle alte Valli del Cuneese vol. 5: La valle Maira (valloni di Elva, Marmora, Preit, Unerzio, Traversiera)*, scheda numero 127 scheda 130

²¹³ Fonte orale signori Mattalia e Garniero, Franco Baudino, confermata nella tesi: Pomatto Chiara, Rorato Elena, o, *Gli edifici comunitari e produttivi di Elva in Alta Valle Maira. Catalogazione e progetto ecomuseale per la valorizzazione del territorio*, Regis Daniele, Olivero Roberto, Politecnico di Torino a.a. 2016-2017, alla scheda 101 .

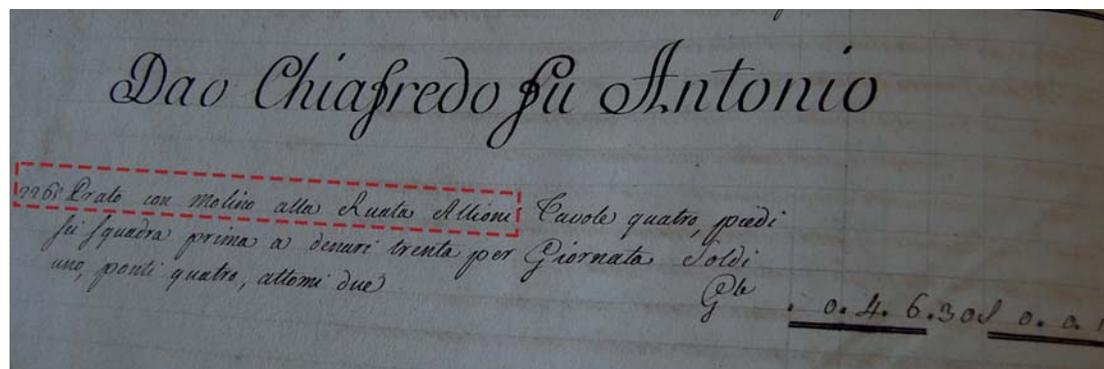
6.1.2 Il Batou, oggetto di studio:

L'edificio, si presenta in uno stato di conservazione degradato, la copertura completamente crollata è stata ripristinata con rimedi di fortuna e non congrui con il carattere storico dell'edificio, benché sia stata utilizzata la stessa tipologia strutturale, realizzata in legno recuperando, quanto possibile, le travi presenti e rivestendole in lamiera. L'angolo Sud-est risulta crollato dopo il 1977.²¹⁴ Secondo la Bonardi e su conferma del Signor Franco Baudino, l'edificio in origine doveva essere composto da due vani di superficie simile. Il secondo, posizionato in prossimità al rio, risulta completamente crollato. Permane sul territorio la traccia della canalizzazione uscente da questo locale ormai scomparso. Dopo il 1977 l'edificio fu svuotato dei macchinari interni che furono collocati nell'edificio denominato Segheria. Nel catasto del 1792 leggiamo:

"2265 Prato con Molino alla Ruata Allioni..."²¹⁵

Mentre nella cartografia storica del 1745 non troviamo il simbolo

▼ **G. Zoccola, Catasto della Comunità d-Elva Provincia di Cuneo formato dal Misure e Geometra, 1792, consultato presso l'archivio storico Comunale a Elva notiamo la presenza di mulini nel lotto 2265.**



che indicava le paleoindustrie, per cui possiamo datare l'edificio fine XVIII secolo, viene riportato nella cartografia dell'IGM del 1960.

Vista la vicinanza dell'edificio al rio, possiamo dedurre che a causa di una piena improvvisa parte della struttura sia stata spazzata

²¹⁴ L. Mamino, P. Mellano, C. Bonardi, R. Olivero, *Atlante dell'edilizia montana nelle alte Valli del Cuneese vol. 5: La valle Maira (valloni di Elva, Marmora, Preit, Unerzio, Traversiera)*, scheda numero 130

²¹⁵ G. Zoccola, *Catasto della Comunità d-Elva Provincia di Cuneo formato dal Misure e Geometra, 1792, l'archivio storico Comunale a Elva*

via; alcune pietre provenienti dall'edificio sono state riutilizzate come basamento per l'edificio in lamiera di recente costruzione e posizionato in prossimità, adibito probabilmente alla funzione di deposito.

I Fronti:

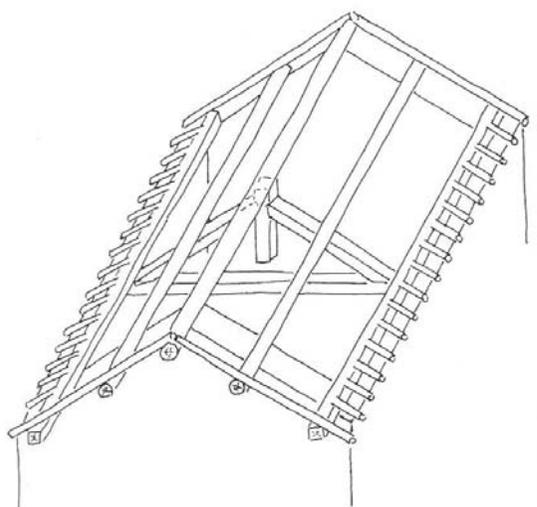
- Fronte Ovest: tale prospetto si presenta completamente contro terra, vista la prossimità della strada, questo ha permesso di rilevare con le strumentazioni citate precedentemente la copertura.
- Fronte Sud: tale prospetto risulta essere in stato di degrado avanzato, in quanto la maggior parte della struttura muraria è in uno stato di ribaltamento, consolidata dal puntone ligneo, (probabilmente il vecchio colmo della copertura, riutilizzato a tale scopo). Il crollo ci permette di visionare l'interno dell'edificio e di comprenderne la tipologia muraria.
- Fronte Est: risulta anch'esso essere in uno stato di degrado elevato, poiché parte di tale prospetto, l'angolo Sud - Est, risulta crollata e non più protetta dalla copertura, anch'essa crollata. La parte rimanente presenta una finestra con architrave ligneo, la apertura sui lati presenta una svasatura per aumentare la luminosità all'interno senza incrementare l'apertura della stessa.
- Fronte Nord: il più libero e significativo, si presenta con quattro aperture sulla muratura, due finestre e due porte. Queste ultime presentano un allineamento verticale. Le due finestre sono costituite da un architrave ligneo che corre su tutto il prospetto, eseguendo la duplice funzione di architrave delle finestre posizionate al piano terra e ausiliando la muratura dal punto di vista strutturale, e ricoprendo il ruolo di catene²¹⁶. Il materiale ligneo utilizzato, vista la sua abbondanza nei boschi limitrofi, è il larice. L'architrave risulta svasato in prossimità delle finestrate, mentre la funzione di davanzale è a listelli lignei. L'accesso alla struttura è garantito da una porta in legno posizionate su questo prospetto. Curiosa la porta posizionate al di sopra della seconda catena lignea. In prossimità dell'accesso, rispettivamente ai due lati, sono collocate nella muratura catene lignee. Il primo trat-

²¹⁶ L. Mamino, P. Mellano, C. Bonardi, R. Olivero, *Atlante dell'edilizia montana nelle alte Valli del Cuneese vol. 5: La valle Maira (valloni di Elva, Marmora, Preit, Unerzio, Traversiera)*, scheda numero 130

tasi di un piedritto della scala a pioli, il secondo, posizionato sul lato opposto, di una trave. Su tale prospetto sono ancora visibili le buche puntaie, ovvero fori per l'attacco dei ponteggi di costruzione. Per l'apparecchiatura muraria risultano utilizzati blocchi pressoché squadrati a spacco, negli angoli, punto critico degli edifici in muratura, sono stati posizionati blocchi di dimensioni maggiori per garantire una più elevata collaborazione tra i maschi murari. In prossimità dell'angolo posizionato ad est è presente un degrado di mancanza di materiale, consolidato da un puntone ligneo. Il giunto della muratura è stato eseguito in malta terrosa. La struttura del muro risulta a sacco, come tipico di queste zone²¹⁷.

Struttura della copertura: trattasi di tipologia costruttiva Pfettendach²¹⁸, tetto con travi orizzontali, possiede un carattere tipico dell'area mediterranea ed è adatto a sostenere falde dalla debole pendenza. Il colmo in questa struttura ricopre un ruolo fondamentale e portante, insieme alle costane posizionate parallelamente ad esso; i puntoni di dimensioni minori sono sostenuti dal colmo e dalle costane (le costane posizionate sulle murature

► Schema della tipologia Pfettendach.
Fonte: Luigi Massimo, Architettura tradizionale, p24



²¹⁷ Luigi Massimo, Architettura tradizionale tra piemonte & provenza, Peveragno Cuneo, 1999, p 17

²¹⁸ L. Massimo, Architettura della valle Maira, p 52

funzionano da dormienti). Sopra troviamo la piccola orditura di sostegno alle lose in pietra, curiosa è la forma di quest'orditura, simile a tavolati posizionati, nel nostro caso, ad una luce di circa 70 cm. Generalmente questi assiti sono posizionati più ravvicinati tra i 20 e 40 cm.

L'interno del Batou risulta essere privo, come detto in precedenza, dei macchinari. Formato da un unico vano senza orizzontamenti interni, attualmente svolge la funzione di deposito; dato il mancato sostegno della copertura fornita dalla muratura disposta a sud, all'interno è presente un impalcato in ferro che funge da sostegno.

In prossimità di quest'edificio nel 2000 sono state eseguite delle opere di difesa spondale in risposta all'alluvione dello stesso anno. Questo muro a secco presenta un'altezza di 2,25 metri per parte più bassa e 4,80 metri in quella più alta, è stato posizionato in prossimità dell'argine sinistro orografico. Come si legge dalla relazione tecnica quest'alluvione ha portato gravi danni alla stabilità dell'intera borgata²¹⁹. È stato ripristinato l'argine consolidandolo in cemento armato e blocchi in pietra²²⁰.

²¹⁹ Intervento argine Mulini Allioni, 2000 archivio comunale d'elva, relazione tecnica.

²²⁰ Ibidem

6.2 Analisi della muratura del DSM e ortofoto:

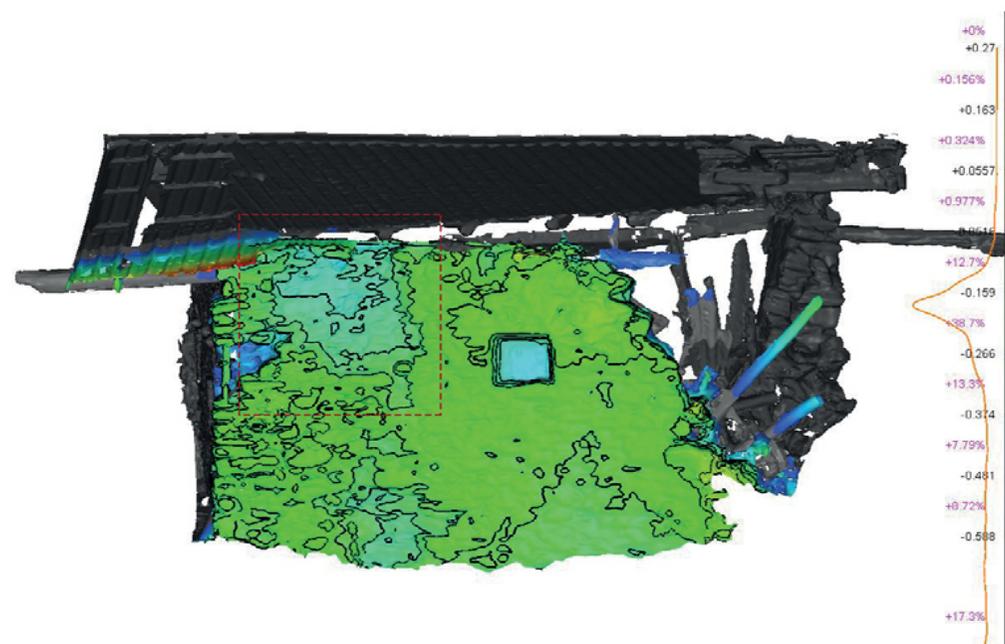
La creazione della mesh è servita per la valutazione della verticalità con la realizzazione delle curve di livello sui prospetti, come una prima verifica di deformità nella muratura portante. Per tale analisi è stato impostato un piano perfettamente verticale; siccome l'edificio non presenta murature ortogonali è stato utilizzato lo strumento "genera piano" che ha realizzato il miglior piano passante per tale superficie, al piano verticale interpolante il fronte lo si è paragonato al prospetto. Così facendo si è ottenuta in falso colore una scala di valori, e infine sono state realizzate le curve di livello.

Dall'analisi ottenuta notiamo: fronte sud: in fase di ribaltamento, analisi; fronte ovest: analisi non necessaria poiché l'unico elemento strutturale consiste in un cordolo cementizio a sostegno della copertura, ; fronte nord: analisi eseguita, la muratura risulta in ottime condizioni di verticalità; fronte est: si presenta con una zona di depressione, possiamo ipotizzare uno spanciamento interno dei due paramenti della muratura portante, probabilmente causato da vari fattori; senza un'analisi qualitativa strutturale non è possibile delineare con chiarezza le cause, ma solo fare ipotesi: sappiamo che questa zona ha subito delle alluvioni che hanno eliminato metà dell'edificio, inoltre questa tipologia di degrado strutturale è principalmente dovuta ai carichi di punta, che hanno causato una pressa - flessione di una porzione della muratura²²¹.

Per completare l'analisi, sono state calcolate le curve di livello e inserite in sovrapposizione a mesh texturizzata.

²²¹ Sisto Mastrodicasa, *Dissesti statici delle strutture edilizie diagnosi - consolidamento istruzioni teoriche, ottava edizione*, Ulrico Hoepli Milano, 1988 p 237

▼ Analisi su un piano perfettamente verticale passante per la parete del prospetto est, con inserimento curve di livello con passo di 5 cm.



▼ Analisi su un piano perfettamente verticale passante per la parete del prospetto nord, con inserimento curve di livello con passo di 5 cm.



▼ Prospetto Ovest realizzato dal software Poin Cab, passo per la vettorializzazione dei prospetti dopo l'elaborazioni dei dati ottenuti dalla campagna di rilievi

PointCab



▼ Prospetto Sud

PointCab



▼ Prospetto Est

PointCab



▼ Prospetto Nord.

PointCab



6.3 Restituzione degli elaborati architettonici:

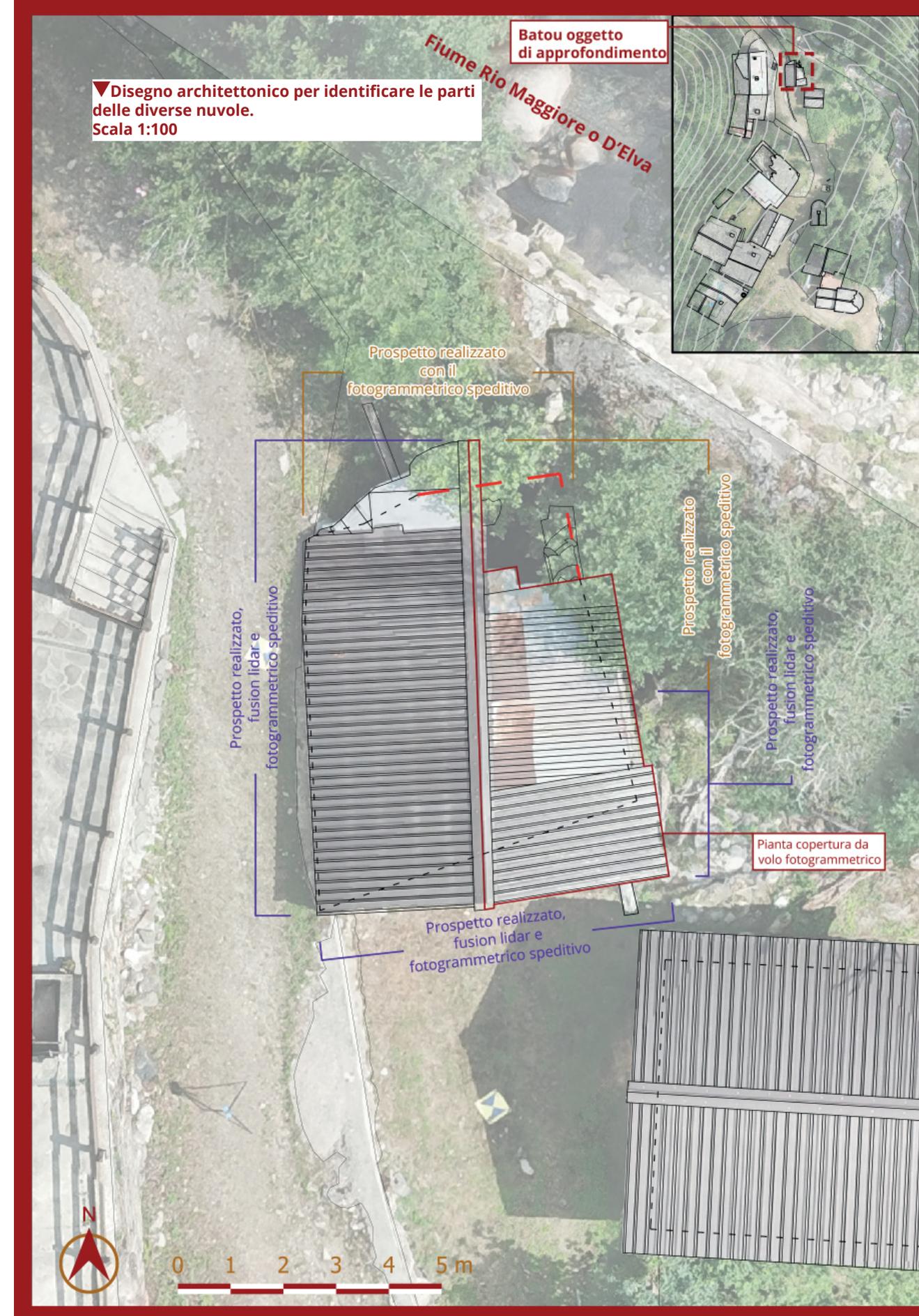
Per le orto foto dei fronti si sono eseguite con una risoluzione impostata a 5mm che hanno permesso una maggiore chiarezza sulla muratura, è stato scelto di inserire il colore alle ortofoto.

Per i prospetti:

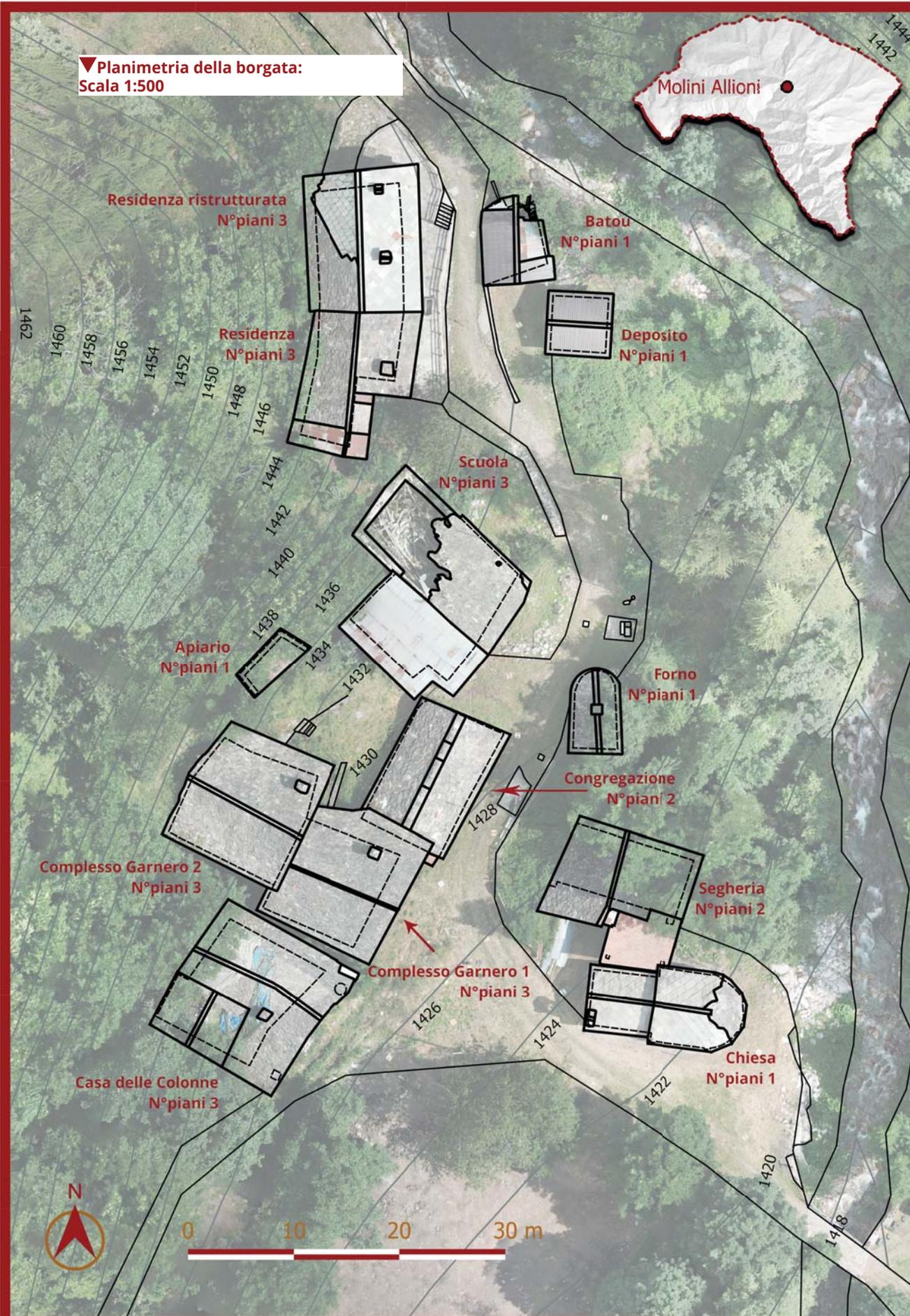
- Prospetto Nord e Ovest è stata utilizzata la metodologia "fusion" tra la nuvola TSL e il fotogrammetrico;
- Prospetto Est: per la metà di tale prospetto si è applicata la metodologia precedente in quanto esso è stato rilevato sia dalle scansioni LiDar che dal fotogrammetrico, per la parte in prossimità dell'angolo sud-est è stato utilizzato solo il fotogrammetrico in quanto la strumentazione non è riuscita a rilevare l'intero prospetto, per la copertura è stata utilizzata la nuvola UAV;
- Prospetto Sud è stata utilizzata la nuvola del solo fotogrammetrico.

Per le piante:

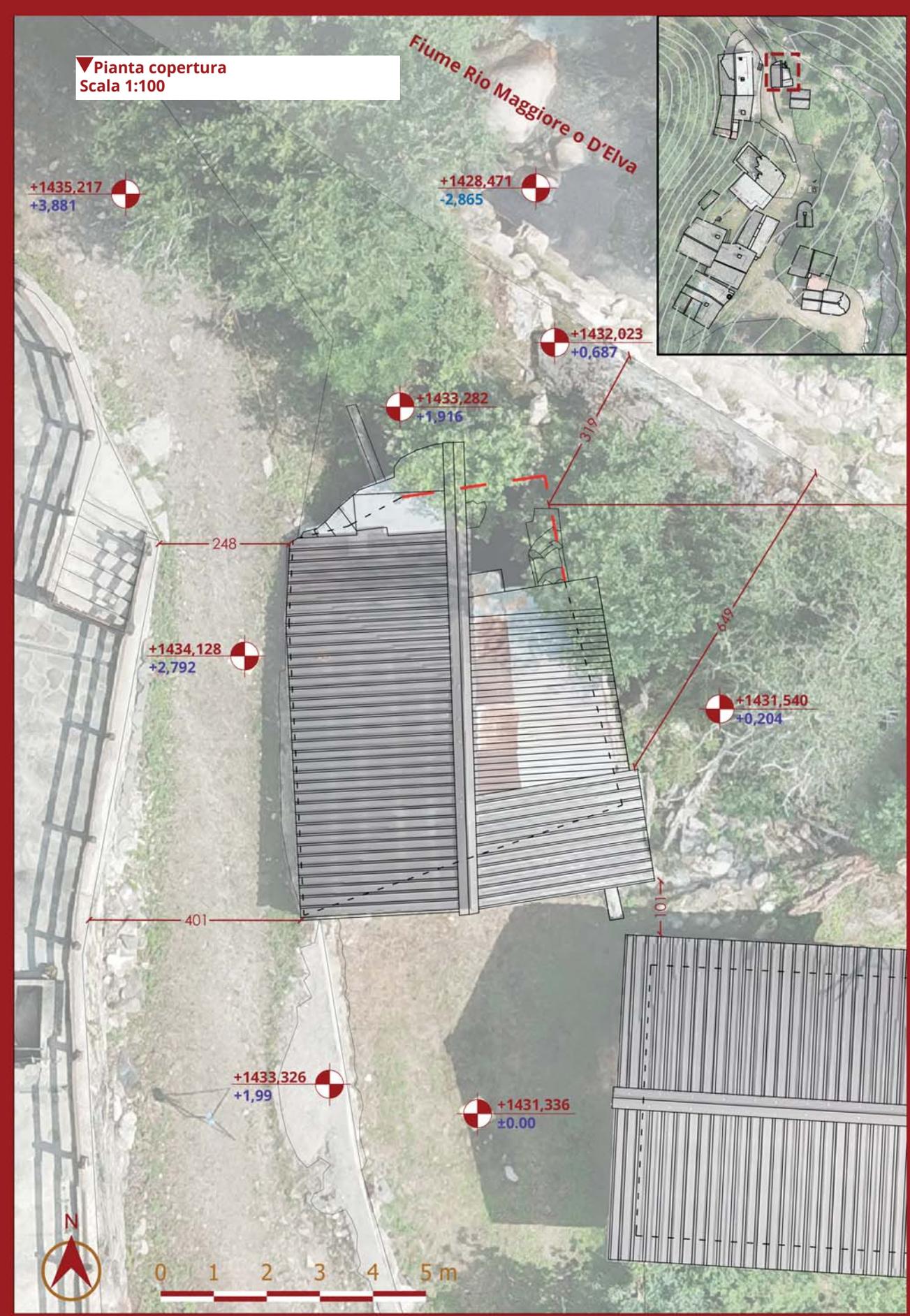
- Pianta della copertura per la falda posta ad est si è integrata la nuvola del volo UAV, mentre per la restante parte si è utilizzata la nuvola LiDar insieme al fotogrammetrico;
- Pianta del piano terra si è applicata la metodologia "fusion" come per i prospetti est ed ovest.



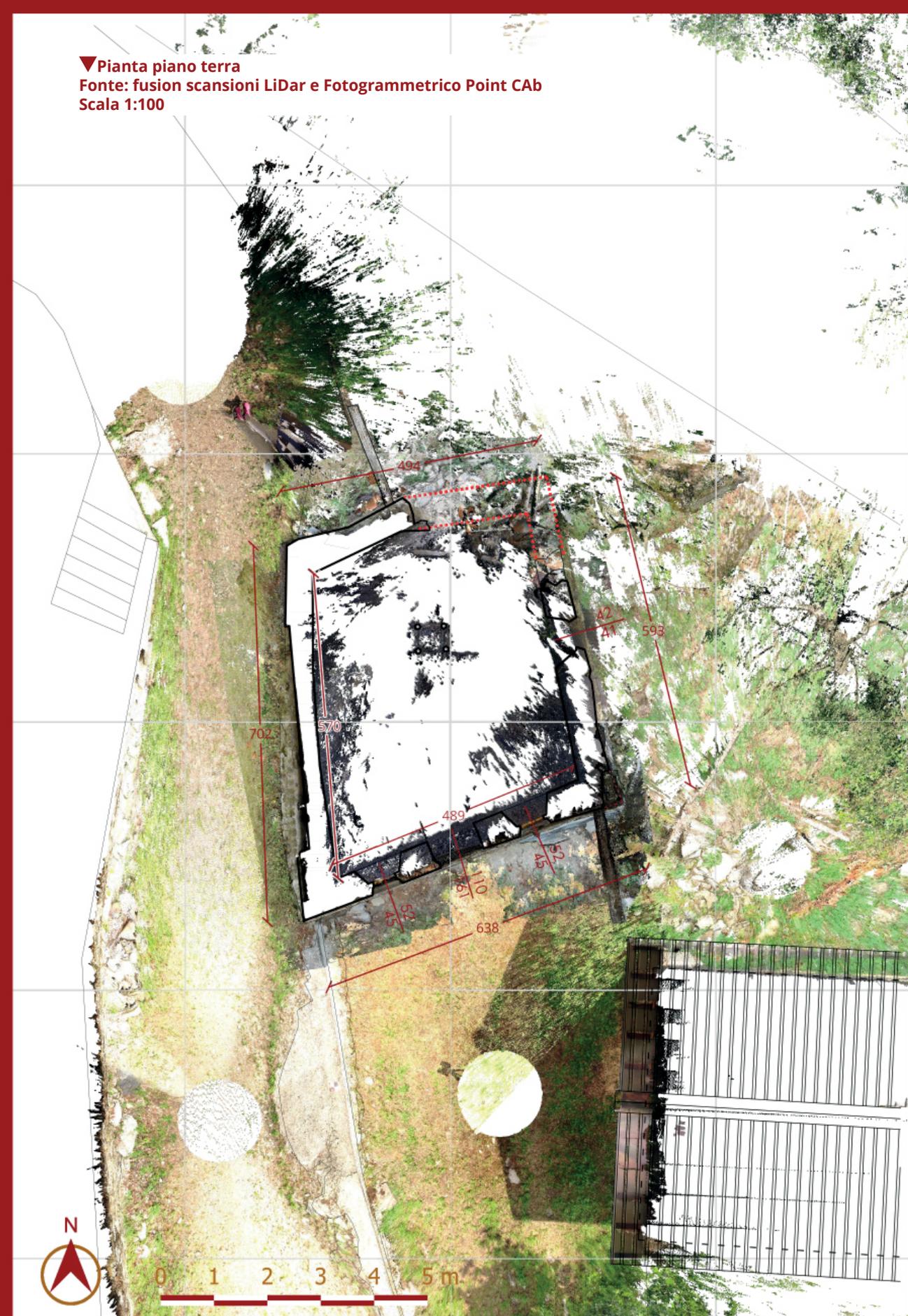
▼ Planimetria della borgata:
Scala 1:500



▼ Pianta copertura
Scala 1:100



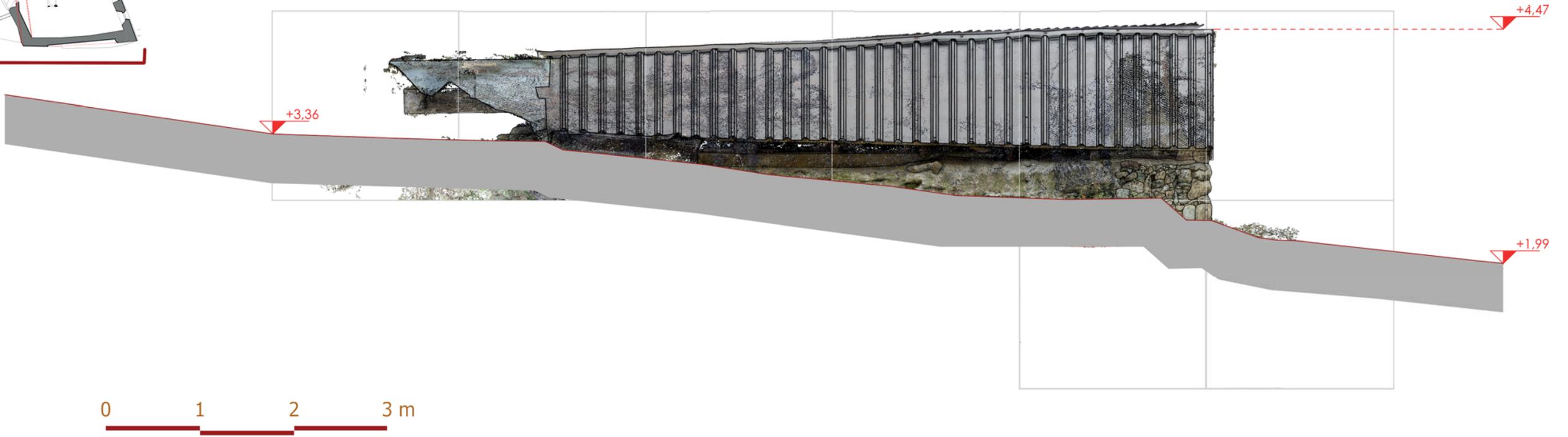
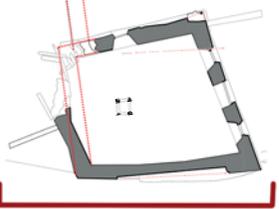
▼ Pianta piano terra
Fonte: fusion scansioni LiDar e Fotogrammetrico Point CAB
Scala 1:100



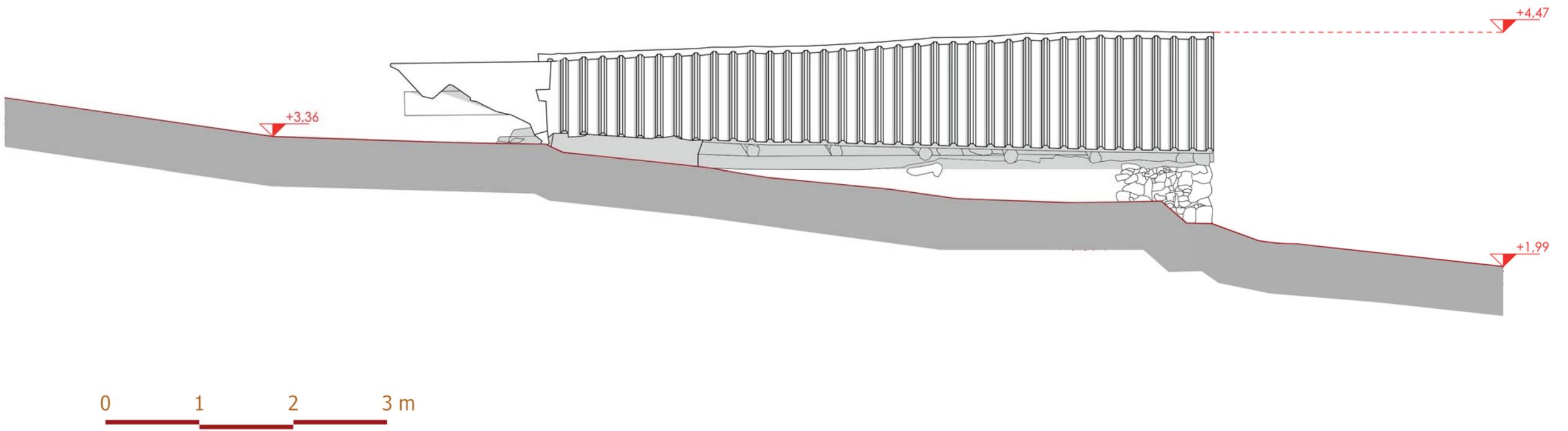
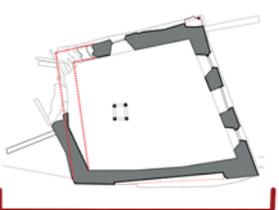
▼ Pianta piano terra
Fonte: fusion scansioni LiDar e Fotogrammetrico vettorializzato con Autocad
Scala 1:100

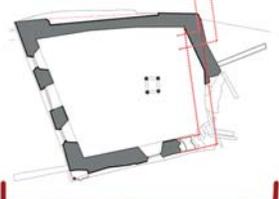


▼ Prospetto Ovest
Fonte: fusione LiDar e Fotogrammetrico terrestre, Point Cab
Scala 1:50

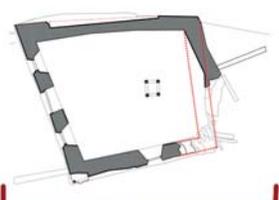
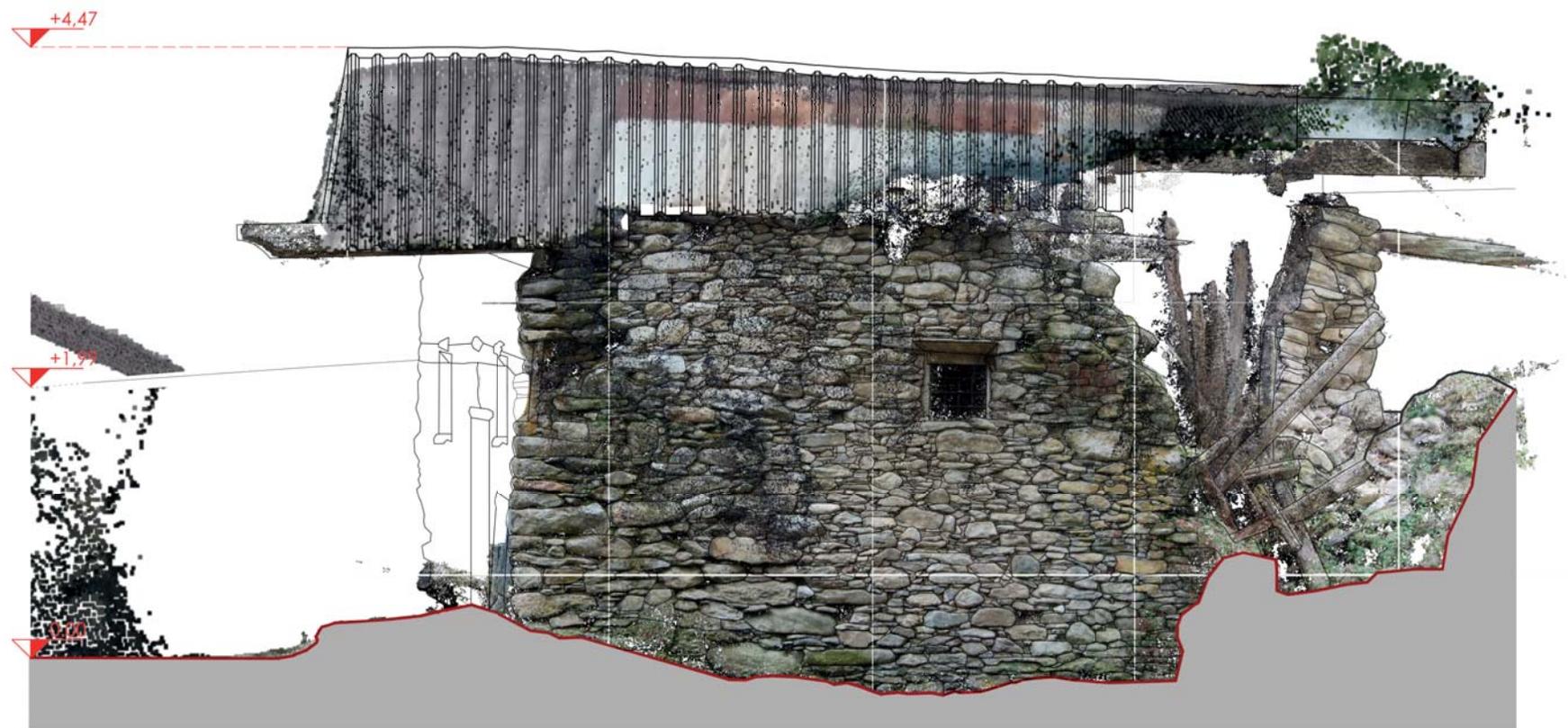


▼ Prospetto Ovest
Fonte: fusione LiDar e Fotogrammetrico terrestre, vettorializzato
Autocad
Scala 1:50

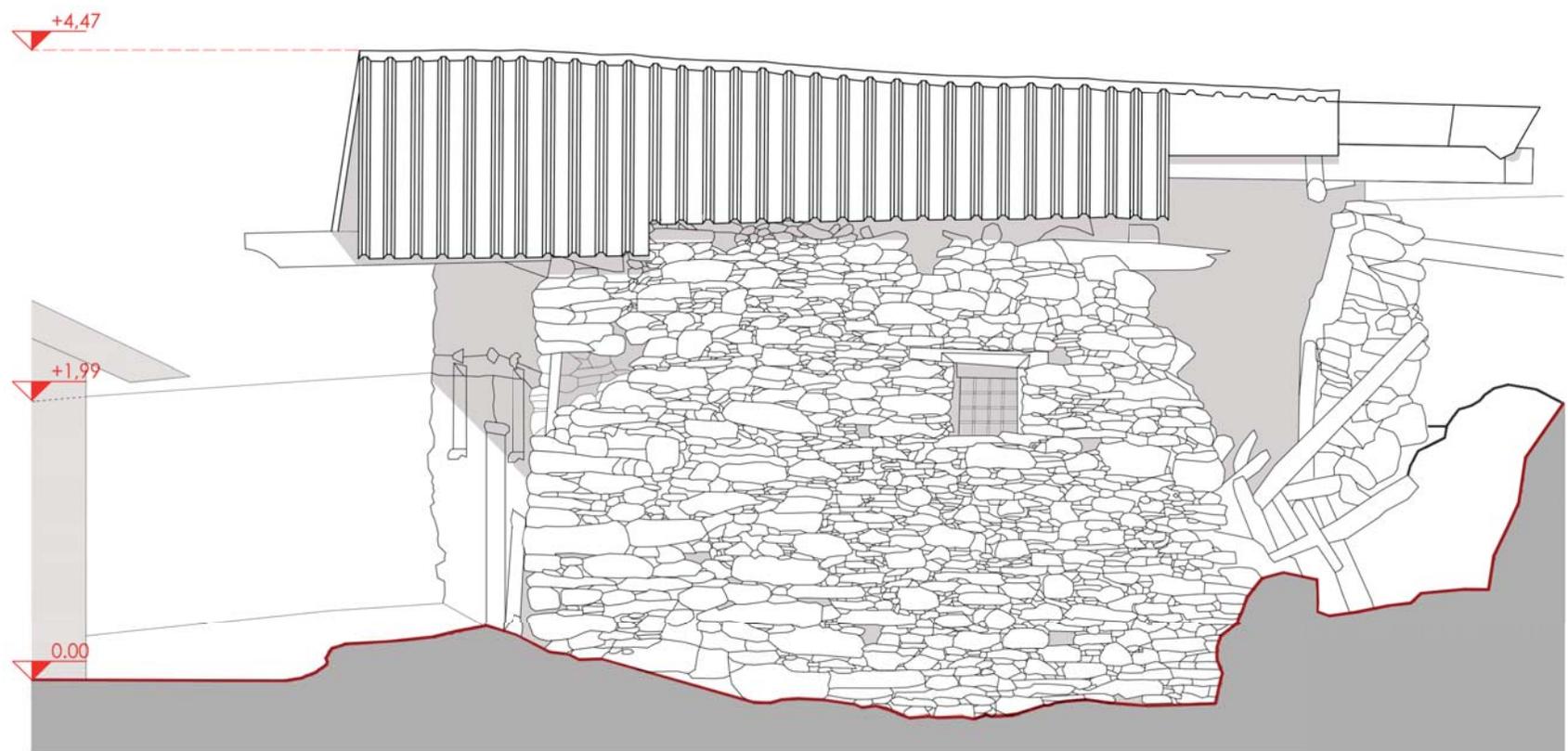




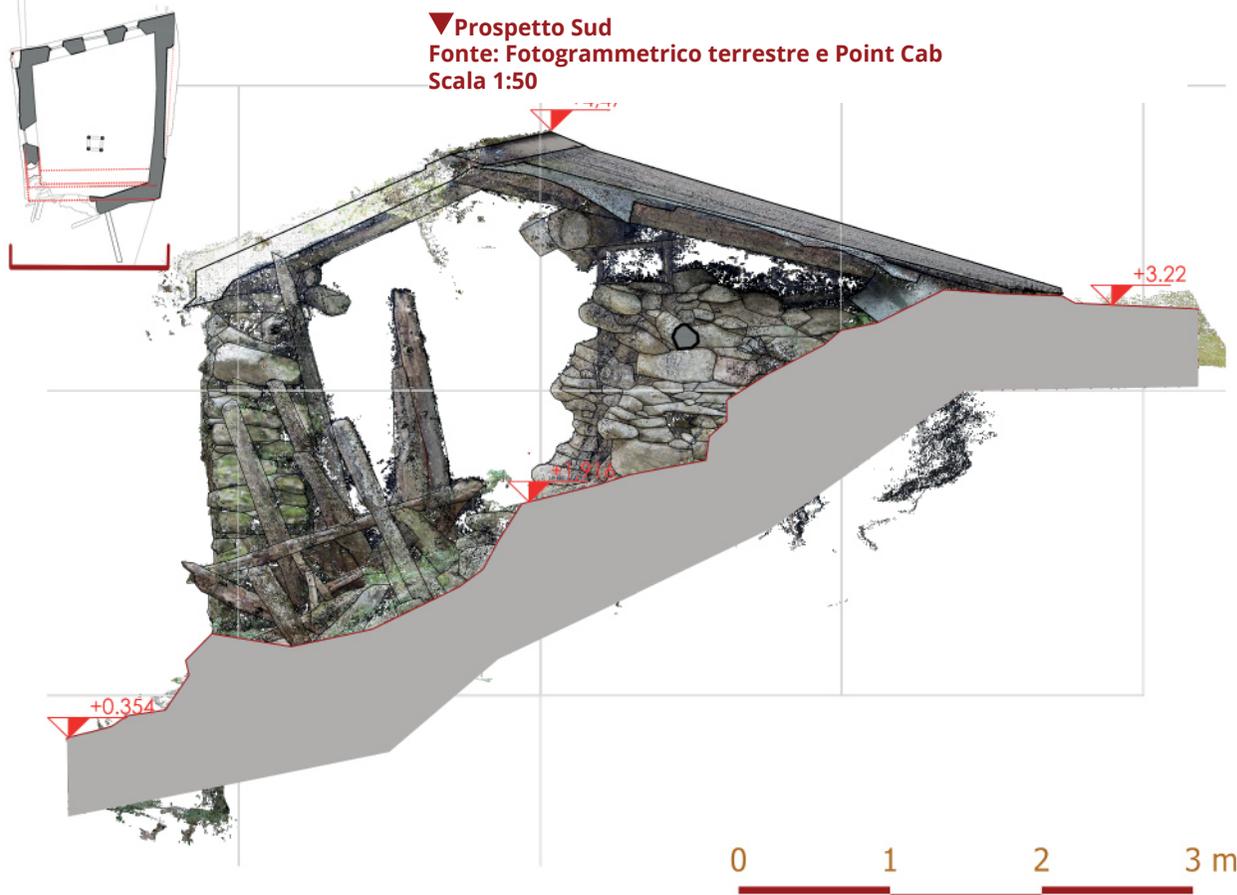
► **Prospetto Est**
Fonte: fusion LiDar,
Fotogrammetrico terrestre e
UAV elaborato su PointCab
Scala 1:50



▼ **Prospetto Est**
Fonte: fusion LiDar, Fotogrammetrico terrestre e UAV
vettorializzato Autocad
Scala 1:50

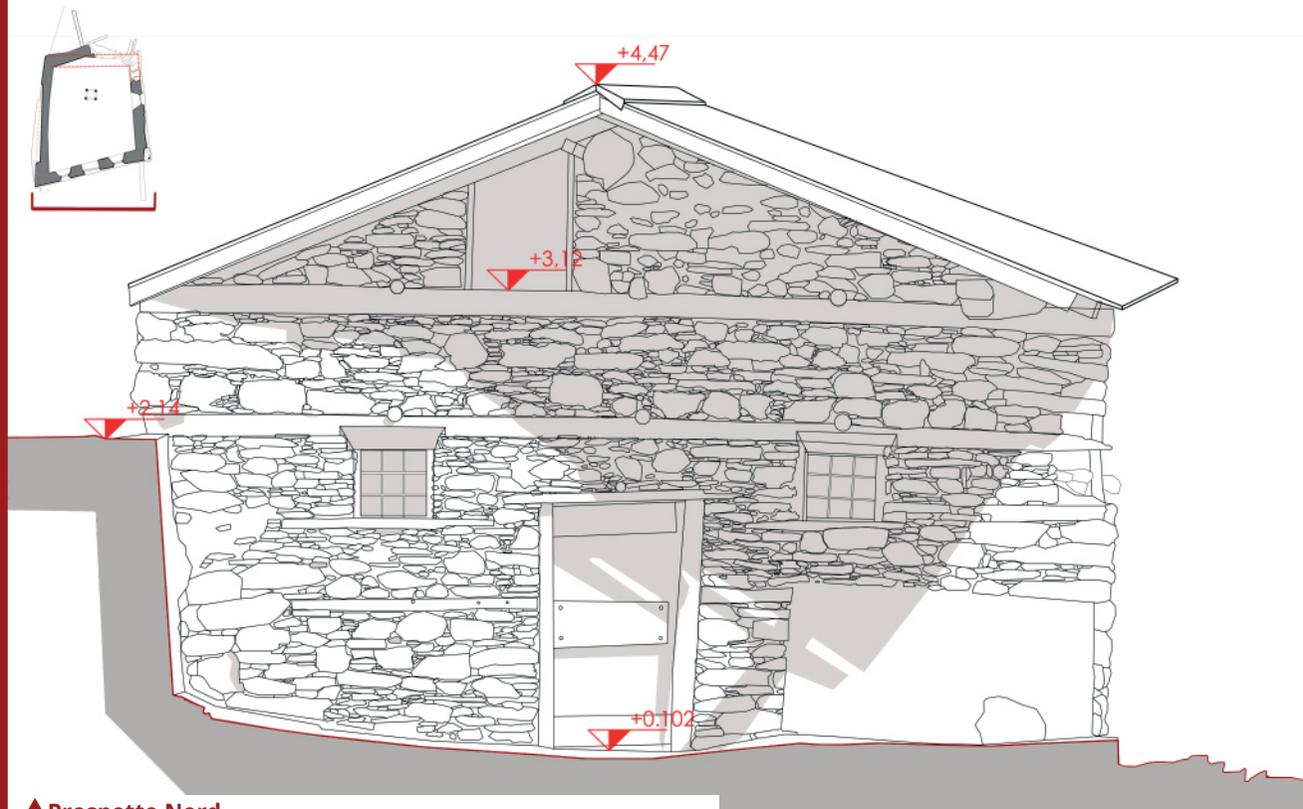
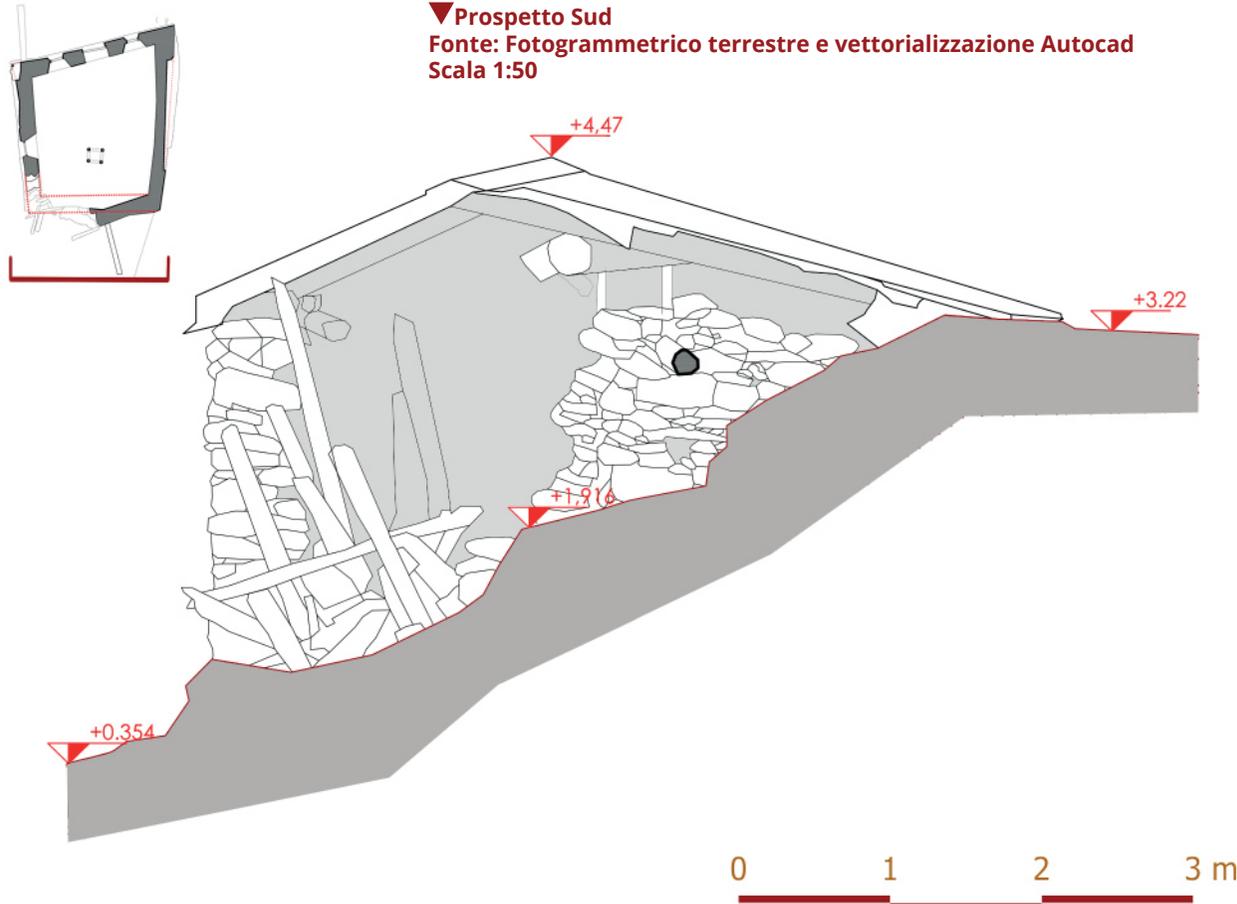


▼ **Prospetto Sud**
Fonte: Fotogrammetrico terrestre e Point Cab
Scala 1:50

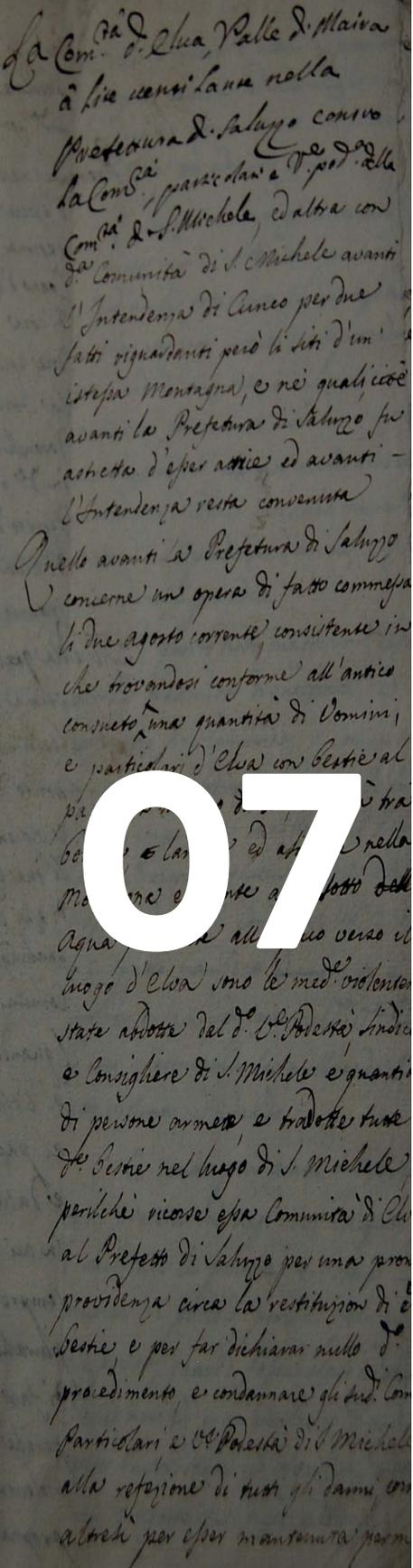


▲ **Prospetto Sud**
Fonte: fusion LiDar e Fotogrammetrico terrestre e Point Cab
Scala 1:50

▼ **Prospetto Sud**
Fonte: Fotogrammetrico terrestre e vettorializzazione Autocad
Scala 1:50



▲ **Prospetto Nord**
Fonte: fusion LiDar e Fotogrammetrico terrestre e vettorializzazione Autocad
Scala 1:50



CONCLUSIONI - BIBLIOGRAFIA

Conclusioni:

Con le metodologie citate, sono state effettuate le analisi sullo stato di conservazione complessivo della borgata, sulle coperture e l'approfondimento sul Batou. Con il rilievo tradizionale sarebbero state necessarie tempistiche più lunghe con l'omissione di alcune misurazioni e facendo ipotesi, in base alla lettura dell'edificato e delle tipologie costruttive, per tutte quelle parti non rilevate. Inoltre è stato possibile realizzare una mappatura a grande scala del sistema delle acque presenti nel vallone andando a rilevare principalmente le canalizzazioni a servizio dei Nais e delle paleoindustrie.

Queste metodologie presentano pregi e difetti:

- La tecnica più sostenibile in termini di costi è fotogrammetria terrestre, in quanto sono sufficienti alcune attente misure per l'assegnazione della scala, il software di gestione ed una macchina fotografica, ma questo metodo presenta delle criticità come ad esempio il rilievo delle coperture.
- La scansione laser terrestre, poichè è uno strumento quasi automatizzato, richiede un ricoprimento delle scansioni; non fa parte di quei dispositivi "low cost"; è preferibile l'allineamento con il sistema di coordinate, soprattutto nel caso in cui si utilizzano metodologie di "fusion". Il prezzo di tale strumento si avvicina a quello di un'automobile di fascia medio-alta. Le sue principali criticità sono: il disturbo della vegetazione che causa errori alti in fase di registrazione, la posizione dello strumento nelle aree impervie con forte pendenza e la fotocamera in dotazione che non presenta risoluzioni pari a quelle di una macchina professionale.
- Il volo da drone: questo metodo permette il rilievo di prospetti e di coperture. Necessita di un appoggio con GNSS/RTK oppure scansioni TSL dai cui possiamo estrapolare i punti per il corretto allineamento del volo.
- Altro metodo di rilevamento è l'utilizzo del palmare GPS/GNSS della Garmin: questo dispositivo permette il rilievo a scala territoriale con una buona precisione, l'inconveniente è la visibilità satellitare che, in quelle zone boschive o densamente urbanizzate, presenta errori di posizionamento. Le caratteristiche positive di questa metodologia sono: l'automazione, le tempistiche di rilievo e la loro elaborazione senza possedere un'infrastruttura computazionale importante.

Con queste strumentazioni e metodologie abbiamo documentato il costruito e, trattandosi di un rilievo in 3D, è possibile ricreare tramite disegni e mesh il manufatto completo, sia come futura memoria storica e sia per successive elaborazioni di sviluppo, per tour virtuali e per successivi progetti di restauro.

La proposta progettuale potrebbe essere l'utilizzo del Batou come museo sulle paleoindustrie con ruota orizzontale e inserirlo in un sistema più ampio, recuperando e valorizzando il sentiero che connette la borgata Molini con la borgata Chiosso, passando per il Mulino dell'Alberg o Raina il quale è già utilizzato come museo con l'inserimento dei macchinari per la macinazione.

In conclusione questo elaborato intende costruire una base conoscitiva, redatta con l'incrocio di fonti metodi e strumenti diversificati e integrati, per progetti di recupero, riuso e valorizzazione di questo territorio dimenticato anche a causa della chiusura della strada principale di ascesso e per ricordare quanto segue: se la montagna rimane allo stato di abbandono, queste realtà rischiano di scomparire completamente, gli edifici si sfalderanno e, poiché realizzati con materiali poveri e metodologie semplici, non rimarranno che cumuli di pietre che la natura reclamerà, scomparendo totalmente dal panorama italiano come sta accadendo purtroppo nella vicina borgata di Molini Abelli e in altre realtà dell'arco Alpino.

Abbreviazioni

ASTO: Archivio di Stato di Torino

DEM: Digital Elevation Model

DIRECT: Disaster and Recovery Team

DSM: Digital Surface Model

DTM: Digital Terrianl Model

IGM: Istituto Geografico Militare

LARTU: Laboratorio di Analisis e Rappresentazioni Territoriali e Urbane

Laser: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

LiDar: Light Detection and Ranging

TSL: Terrestrial Laser Scanner

UAV: Unmanned aerial vehicle

WMS: Web Map Service

Bibliografia in ordine cronologico:

Cadolini Giuseppe, *L'architettura Pratica Dei Mulini Trattata Con Metodi Semplici Ed Elementari Desunti Dal Neumann E Dall'Eytelwein Unitovi Un Ragguaglio Sulla Teoria Delle Ruote Idrauliche, Sulla Fabbricazione Delle Ruote Metalliche, E Sui Perfezionamenti Dell'arte Di Macinare Libro Primo*. Milano: Spese Dell' Editore, 1835

Giuseppe Manuel di San Giovanni, *Memorie storiche di Dronero e della valle Maira*, Volume I, Torino Tipografia subalpina di Marino e Gantin, 1868

Giuseppe Manuel di San Giovanni, *Memorie storiche di Dronero e della valle Maira*, Volume II, Torino Tipografia subalpina di Marino e Gantin, 1868

Ettore Dao, *ELVA: il paese che era*, l'Artistica Savigliano, 1985

BURROUGH, P.A., *Principles of Geographic Information Systems for Land Resource Assessment. Monographs on Soil and Resources Survey, No. 12*, Ed. Oxford Science Publications, New York, 1986

Giovanni Romolo Bignami e Maria Grazia Codutti, *Gli uomini e l'acqua*, L'arciera, 1986

Bracco Giuseppe, Alliaud Giuliana, Barghini Andrea, A. Benedetto Stefano, Bonardi Maria Teresa, Chierici Patrizia, Comba Rinaldo, Mandracci Vera Comoli, Dal Verme Annalisa, Marchis Vittorio, Palmucci Quaglino Laura, Peyrot Ada, Rocca Rosanna, *Acque ruote e mulini a Torino*, Volume I, Archivio storico della città di Torino, 1988

Bracco Giuseppe, Alliaud Giuliana, Barghini Andrea, A. Benedetto Stefano, Bonardi Maria Teresa, Chierici Patrizia, Comba Rinaldo, Mandracci Vera Comoli, Dal Verme Annalisa, Marchis Vittorio, Palmucci Quaglino Laura, Peyrot Ada, Rocca Rosanna, *Acque ruote e mulini a Torino*, Volume II, Archivio storico della città di Torino, 1988

Sisto Mastrodicasa, *Dissesti statici delle strutture edilizie diagnosi - consolidamento istruzioni teoriche*, ottava edizione, Ulrico Hoepli Milano, 1988

Luigi massimo, *L'architettura della valle Maira*, Il drago, 1993

Luigi Dematteis, *Blins l'abitare di una comunità delle Alpi Occitane*, priuli & Verlucca, 1993,

Rinaldo Comba, *Mulini da Grano nel Piemonte medievale società per gli studi storici della provincia di Cuneo*, società per gli studio storici archeologici ed artistici della provincia di Cuneo, 1993

Giovanni bernard, *Lou saber: dizionario enciclopedico dell'occitano di Blins*, venasca:Ousitanio vivo, 1996

Luigi Massimo, *Architettura tradizionale tra piemonte & provenza*, Peveragno Cuneo, 1999

Luigi Dematteis, *Case Contadine nella Valli Occitane in Italia*, priuli & Verlucca, 2000,

Gianni Bodini, *Antichi sistemi di irrigazione nell'arco Alpino Ru, Bisse, Suonem, Waale*, Quaderni

di cultura Alpina/Priuli & Verlucca, editori, 2002

Patrizia Chierici, *Fabbriche, opifici, testimonianze del lavoro*, Celid, 2004

Paul Terrematte, *Sinfonie di antiche borgate*, L'arciera Dronero, 2004.

Giovanni Biallo, *Introduzione ai Sistemi Informativi Geografici*, Ed. MondoGIS, 2005

Giuseppe Gullino, *Aspetti di vita comunitaria in alta valle Maira alla fine del medioevo (dagli statuti del 1396)*, società per gli studi della provincia di cuneo comunità montana valle Maira, La Ghisleriana, 2008,

Giuseppe Gullino, *Gli statuti della valle Maira superiore (1394 - 1441)*, società per gli studi della provincia di cuneo comunità montana valle Maira, La Ghisleriana, 2008

Maurizio Fea, Mario Angelo Gomarasca, *Geomatica per la gestione del territorio*, Enciclopedia della scienza e della tecnica in Enciclopedia Treccani, 2008

Roberto Olivero, *Macchine ad Acqua Mulini in Valle Maira*, I Libri della Bussola, 2009,

Antonia Spanò, Giulia Sammartano, *Mapping speditivo da sensori mobili per il controllo della conservazione dei valori paesaggistici del territorio*, 2014

Antonia Spanò, Elisabetta Donadio., Filiberto Chiabrando, *Modelli 3D densi tra esperienze didattiche e ricerche di soluzioni fruibili*, Polymnia. Studi di Archeologia n.08, Edizioni Università di Trieste, 2017

Lorenzo Mamino, Paolo Mellano, Claudia Bonardi, Roberto Olivero, *Atlante dell'edilizia montana nelle alte Valli del Cuneese vol. 5: La valle Maira (valloni di Elva, Marmora, Preit, Unerzio, Traversiera) a cura di Claudia Bonardi*, politecnico di Torino, 2009.

Regione Piemonte, *Piano paesaggistico regionale. Schede degli ambiti di paesaggio*, approvato con D.C.R. n. 233-35836 del 3/10/2017.

Emanuela Genre, *Chi va al mulino... acque mulini e mugnai delle valli piemontesi*, Neos edizioni, 2017

Antonia Spanò. Spanò, Giulia Sammartano Francesca Calcagno Tunin, Sylvie Cerise, Giulia Possi, *GIS-based detection of terraced landscape heritage: comparative tests using regional DEMs and UAV* 2018

Arnadi Murtiyoso, Pierre Grussenmeyer, Deni Suwardhi, Rabby Awalludin, *Multi-Scale and Multi-Sensor 3D Documentation of Heritage Complexes in Urban Areas*, in *International Journal of Geo-Information*, 17/12/2018

Roberto D'Apostoli, Francesco Giampalo, *Guida pratica al rilievo topografico con GPS e stazione totale*, EPC Editore, Roma, 2018,

Antonia. Spanò, Filiberto Chiabrando, Antonio Lingua, *Nuove tecnologie di rapid mapping. Ricerche di soluzioni innovative ed esperienze formative*, 2019

Tesi:

Pomatto Chiara, Rorato Elena, *Gli edifici comunitari e produttivi di Elva in Alta Valle Maira. Catalogazione e progetto ecomuseale per la valorizzazione del territorio*, rel Regis Daniele, Olivero Roberto, Politecnico di Torino a.a. 2016-2017

Pietro Tarozzo, *Dimenticata Genesi e oblio della Strada dei Cannoni In Val Maira*, rel Antonia Spanò, Monica Naretto, Politecnico di Torino, aa 2019 - 2020

Marco Avena, *Dalla nuvola di punti all'UrbanBIM Tecniche integrate di rilievo 3D per la generazione di un modello multiscala di città in scenario post sismico. Il caso studio di Norcia (PG)*, Antonia Spanò, Emilio Abbate, Politecnico di Torino, a.a. 2019-20

Philippe Rosset, *Rivivranno le case dei villaggi. Conoscenza e rifunzionalizzazione di una borgata alpina di Elva attraverso gli strumenti del rilievo metrico 3D della Geomatica, dei sistemi Gis e del Restauro architettonico*, rel Antonia Spanò, Monica Naretto, Politecnico di Torino, aa 2020 - 2021

Manoscritti:

Vittorio Zonca, *Novo Teatro di machine et edificii per varie et sicure operationi, con le loro figure tagliate in rame e la dichiarazione e dimostrazione di ciascuna, opera necessaria ad architetti et a quelli che di tale studio si diletano*, 1607

Böckler George André, *Theatrum machinarum novum, exhibens aquarias, alatas, jumentarias, manuaris, pedibus ac ponderibus versatiles, plures et diversas molas*, 1662.

Giovanni Giacomo. Zoccola, *Catasto della Comunita d-Elva Provincia di Cuneo formato dal Misure e Geometra*, 1792, presso Archivio comunale di Elva

Atti di Lite contro la Comunità di San Michele Volume unico archivio, presso Archivio comunale di Elva

Geom. Sandro Oggero, Geom. Enrico Oggero, *Lavori di difesa spondali nel Rio Maggiore e difesa frane Molini*, Ordinanza ministero dell'interno n°3090 del 18-10-2000 Evento alluvionale autunno 2000, 19-02-2001.

Sitografia:

Vittorio Zonca, *Novo Teatro di machine et edificii per varie et sicure operationi, con le loro figure tagliate in rame e la dichiarazione e dimostrazione di ciascuna, opera necessaria ad architetti et a quelli che di tale studio si diletano*, 1607. Ultima consultazione 22/04/2020
<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3143789.r=vittorio%20zonca?rk=21459;2>.

Böckler George André, *Theatrum machinarum novum, exhibens aquarias, alatas, jumentarias, manuaris, pedibus ac ponderibus versatiles, plures et diversas molas*, 1662. Ultima consultazione 22/04/2020
<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k853122d/f7.item.r=Theatrum%20machinarum%20novum,%20exhibens%20aquarias,%20alatas,%20jumentarias,%20manuaris,%20pedibus%20ac%20ponderibus%20versatiles,%20plures%20et%20diversas%20molas>

Cadolini Giuseppe, *L'architettura Pratica Dei Mulini Trattata Con Metodi Semplici Ed Elementari Desunti Dal Neumann E Dall'Eytelwein Unitovi Un Ragguaglio Sulla Teoria Delle Ruote Idrauliche, Sulla Fabbricazione Delle Ruote Metalliche, E Sui Perfezionamenti Dell'arte Di Macinare*, Libro Primo. Milano: Spese Dell' Editore, 1835
https://books.google.it/books?id=-MMNQmcqemUC&printsec=frontcover&dq=L%27architettura+Pratica+Dei+Mulini&hl=it&sa=X&ved=2ahUKewj90_bOj-zuAhVN3IUkHR6MAIQ6A-EwAHoECAAQAg#v=onepage&q=L'architettura%20Pratica%20Dei%20Mulini&f=false

Giuseppe Manuel di San Giovanni, *Memorie storiche di Dronero e della Valle di Maira. Parte prima*. Ultima consultazione 27/08/2020.

https://books.google.it/books?id=bX85AAAAcAAJ&printsec=frontcover&hl=it&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Giuseppe Manuel di San Giovanni, *Memorie storiche di Dronero e della Valle di Maira. Parte seconda*. Ultima consultazione 27/08/2020.

https://books.google.it/books?id=dn85AAAAcAAJ&printsec=frontcover&hl=it&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Voce J.C. De Borda Enciclopedia Britannica. Ultima consultazione il 31/08/2020
<https://www.britannica.com/biography/Jean-Charles-de-Borda>

Voce: J.V. Ponclelet Enciclopedia Britannica ultima consultazione il 31/08/2020.
<https://www.britannica.com/biography/Jean-Victor-Poncelet>

I canali di Torino ,Ultima consultazione il 21-10-2020
<https://www.icanaliditorino.it/i-mulini-di-torino>

Manuale utente Gpsmap 64 series consultati il 26-10-2020
<https://www8.garmin.com/manuals/webhelp/gpsmap64/IT-IT/GUID-075511A0-202A-4CFE-BAB0-AD9EDE0024BA-homepage.html>

Alessio Furian, *La sensibilità ISO in fotografia*. Ultima consultazione il 26/10/2020
<https://tecnicafotografica.net/blog/la-sensibilita-iso-in-fotografia/>

Manuale di 3d rashaper, 3DResahper Beginner's Guide, Ultima consultazione il 26/10/2020

http://www.3dreshaper.com/images/brochures/2018_BeginnersGuide_EN.pdf

Chambra doc. Ultima consultazione il 05/11/2020

<http://www.chambradoc.it/ousitanioVivo-1982/iCavieDelva-1.page>

Sarah Scarparone, *Acciugai di val Maira*, Paolo rosso, 03/03/2017. Ultima consultazione il 05/11/2020

<https://sarahscarparone.com/2017/03/03/acciugai-di-val-maira/>

Dominella Trunfio, Ecco il segreto che si nasconde dietro le nostre extension con capelli veri, 21/09/2016. Ultima consultazione il 06/11/2020

<https://www.greenme.it/vivere/costume-e-societa/extension-capelli/>

Scheda tecnica Mavic Pro. Ultima consultazione il 09/01/2021

<https://www.dji.com/it/mavic>

Agisoft PhotoScan Manuale d'Uso. Ultima consultazione il 02-07-2020,

https://www.agisoft.com/pdf/metashape_1_5_en.pdf

Gianfranco Bettega, *L'agner istruzioni per l'uso*,. Ultima consultazione il 05/02/2021

<http://www.bluesurferband.com/basilico/pubblicazioneanger/angerhome.html>

Giulia Scatolero, *Dopo Trent'anni è tornato in funzione il mulino del castello malingri a Bagnolo*, 20luglio 2016 ultima modifica il 21 giugno 2019, La stampa. Ultima consultazione il 08/02/2021

<https://www.lastampa.it/cuneo/2016/07/20/news/dopo-trent-anni-e-tornato-in-funzione-il-mulino-del-castello-maligri-a-bagnolo-1.34837834>

Voce Geomatica, in Enciclopedia Treccani Ultima consultazione 15/01/2021

<https://www.treccani.it/>

Voce Mulino, in Enciclopedia Treccani Ultima consultazione 15/01/2021

<https://www.treccani.it/>

Voce Borgata, in Enciclopedia Treccani Ultima consultazione 15/01/2021

<https://www.treccani.it/>

Geoportale della Regione Piemonte. Ultima consultazione 15/01/2021

<https://www.geoportale.piemonte.it>

Dispense:

Fulvio Rinaudo, *Dispense "Fondamenti di GIS 2019*, Politecnico di Torino, a.a. 2018/19,

Antonia Spanò, *Dispense "Strumenti di misura. Appunti di topografia"*, Politecnico di Torino, a.a. 2018/19,

Antonia Spanò *Dispense "Fotogrammetria digitale e scansioni 3D"*, Politecnico di Torino, a.a. 2018/19,

Antonia Spanò, *Dispense "Fotogrammetria: generalità e principi"*, Politecnico di Torino, a.a. 2018/19,

Antonia Spanò, *Dispense "Sistemi a scansione (LiDar Technology)"*, Politecnico di Torino, a.a. 2018/19

Antonia Spanò, *Dispense "Sistemi a scansione. Acquisizione"*, a.a. 2018/19

Grazie:

Ringrazio le mie Relatrici la Professoressa Antonia Spanò e la Professoressa Monica Naretto, che in questi mesi di lavoro, hanno saputo guidarmi, con suggerimenti pratici, nelle ricerche e nella stesura dell'elaborato; permettendomi di scoprire luoghi della Valle Maira, ampliando la mia passione per lambito montano.

Ringrazio il Team studentesco Direct del politecnico di Torino e le figure di Giacomo Patrucco, Lorenzo Teppati Losè per l'appoggio e il sostegno.

Ringrazio la mia famiglia e la mia ragazza per avermi sempre sostenuto anche nei momento più difficili del mio percorso.

Un ringraziamento speciale va alle figure di: Rosella Pellegrino, direttrice scientifica dell' Espaci Occitan, la curatrice del museo di Prazzo "Museo della canapa e del lavoro Femminile" la signora Luciana Berardi, l'ex sindaco di Elva il signor Franco Baudino, l'ex direttore della comunità montana nella Valle Maira e attualmente assessore al comune di Elva il signor. Mariano Allocco e al comune di Elva; grazie per avermi fatto appassionare ancora una volta alla montagna, la sua storia e i suoi usi. Ringrazio i coniugi Garnero e Mattalia che hanno permesso di visionare l'interno delle loro proprietà.

Un ringraziamento amichevole a: Pietro Tarozzo "futuro pompiere", Philippe Rosset "Valdostano DOC" con i quali ho condiviso emozioni e il semplice piacere di esplorare. Grazie allo Studio Anteo che ha colmato alcuni dubbi. E grazie a tutti gli amici che non vedranno l'ora di festeggiare insieme.

