



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento del Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Laboratorio Sistemi Informativi Geografici (GIS),
Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie

Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il
Territorio

Tesi di Laurea Magistrale

Studio e definizione di un modello geodati da impiegare in un Sistema Informativo Territoriale dedicato alla gestione integrata di aree d'alpeggio: il caso studio della Provincia autonoma di Bolzano

Relatore: **Prof. Pirotti Francesco**

Correlatore: **Dott. Mazzucato Matteo**

Laureando: **De Conti Giacomo**

Matricola n. **2057753**

Anno Accademico 2022/2023

Premessa

Nel periodo storico in cui ci si trova la grande diffusione di prodotti digitali, la produzione di dati, il loro costante aggiornamento e la loro l'archiviazione rivestono un ruolo fondamentale in molteplici settori, contribuendo alla preservazione e all'ottimizzazione delle risorse, nonché al miglioramento delle operazioni quotidiane. Nel contesto dei pascoli alpini, che rappresentano un importante pilastro dell'industria alimentare e dell'economia, nonché la tradizione locale, l'efficace gestione dei dati gioca un ruolo cruciale nell'assicurare la preservazione e la tutela di una realtà che necessita di essere costantemente monitorata. Inoltre, la qualità e sicurezza dei prodotti lattiero-caseari e degli animali rappresenta un fattore cruciale per le attività economiche italiane. Non ultima, l'attività di alpeggio svolge il considerevole ruolo di gestore sostenibile delle risorse naturali, preservando le tradizioni e le pratiche secolari. Il presente lavoro nasce dunque dalla grande varietà di aspetti e caratteristiche da tenere in considerazione quando si tratta questa complessa realtà produttiva che costituisce dunque un ponte tra la modernità e la storia, e dall'esigenza da parte del personale veterinario, di ottenere un sistema dati capace di armonizzare e aggiornare tutte le informazioni. A tal proposito, occorre una riflessione profonda sull'importanza di organizzare accuratamente questi dati in un archivio. Attraverso un'analisi approfondita delle sfide e delle opportunità legate alla gestione dei dati di malga, questa tesi mira a fornire una prospettiva chiara sulle possibili soluzioni tecnologiche e pratiche, delineando benefici tangibili per gli operatori delle malghe, gli enti regolatori e il personale veterinario. L'analisi condotta rappresenterà una risorsa per coloro che desiderano comprendere a fondo l'importanza di un'adeguata gestione dei dati nel contesto degli alpeggi e il suo impatto su una varietà di livelli, dall'azienda locale all'intero sistema agroalimentare o epidemiologico. Il lavoro svolto, pur non essendo l'unica soluzione perseguibile, è un primo tentativo di adempimento dei recenti obblighi legislativi, come ad esempio la recente Legge della regione Veneto del 21 marzo 2023, n. 4 "Valorizzazione del patrimonio regionale delle malghe" che, tra gli altri punti, prevede gli interventi di istituzione di un registro del patrimonio regionale delle malghe e l'individuazione di linee guida per la gestione del patrimonio regionale delle malghe e l'esercizio dell'attività d'alpeggio.

Riassunto

La gestione delle aree d'alpeggio a scopo forestale, ecologico e veterinario è fondamentale per preservare le realtà locali e l'ecosistema montano, ma necessita di un approccio strutturato. Questa tesi si concentra sullo studio dei dati relativi alle aziende che praticano l'attività del pascolo in quota (come, ad esempio, la localizzazione delle pozze d'abbeveramento), partendo dalla ricerca, l'acquisizione, la valutazione e l'integrazione delle diverse fonti. Lo scopo è stato quello di definire, in una prima fase lo stato dell'arte e successivamente suggerire un possibile modello dati che cerchi di integrare gli aspetti forestali e veterinari in ottica One Health. L'area di studio è stata quella della Provincia autonoma di Bolzano ove, partendo dagli aspetti geografici esistenti, si è cercato di identificare le lacune e le potenzialità nel campo della raccolta e dell'archiviazione del dato. La grande eterogeneità degli stessi fa emergere la necessità di una gestione maggiormente integrata e uniforme. A tale scopo, è stata proposta l'implementazione di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) formato da un modello di dati spaziali specifico, che potrebbe essere utilizzato in maniera centralizzata, in cui organizzare e strutturare tutti le informazioni relative agli alpeggi, facilitandone la gestione e consultazione da parte di utenze con obiettivi eterogenei. Inoltre, è stato implementato un visore WebGIS come progetto pilota, in cui i dati possono essere visualizzati, ma che può essere utilizzato anche per l'acquisizione delle informazioni mancanti. Questo lavoro mira a fornire strumenti più efficaci per la gestione integrata delle aree d'alpeggio, facilitando la loro pianificazione, il monitoraggio e la conservazione, ma permetterebbe anche ad altri settori, come quello della veterinaria, di utilizzare informazioni strutturate a supporto delle valutazioni relative alla sanità animale.

Abstract

The management of alpine pasture areas for forestry, ecological and veterinary purposes is essential to preserve local realities and the mountain ecosystem; however, it requires a structured approach. This thesis focuses on the study of data on agro-pastoral farms, starting with the research, acquisition, evaluation and integration of different sources. The primary goal is to initially assess, in a first phase the current state of affair and then propose a possible data model that seeks to integrate forestry and veterinary aspects within a One Health perspective. The study was conducted in the Autonomous Province of Bolzano, where we started by examining existing geographical aspects to identify gaps and potential improvements in data collection and archiving. The significant heterogeneity observed underscores the need for more integrated and standardized management. To this purpose, the implementation of a centralized Geographic Information System (GIS) formed by a specific spatial data was proposed, in which to organize and structure all the information related to alpine pastures, facilitating its management and consultation by users with heterogeneous objectives. In addition, a WebGIS viewer was implemented as a pilot project, allowing users to visualize data and contribute missing information. This work aims to provide more effective tools for the integrated management of alpine pasture areas, thereby facilitating their planning, monitoring, and conservation efforts. Furthermore, it would enable other sectors, such as veterinary medicine, to utilize structured information to support assessments related to animal health.

Sommario

1. Introduzione	1
1.1 Inquadramento della zona di interesse	1
1.2 La pratica dell'alpeggio e la sua gestione	2
1.2.2 L'alpeggio in Veneto	4
1.3 Elementi caratteristici e criticità dell'alpeggio	5
1.3.1 L'acqua negli alpeggi e i problemi di aridità	6
1.3.2 Altri aspetti importanti da considerare per la gestione del pascolo	11
2. Materiali e metodi	14
2.1 La tecnologia GIS e le sue applicazioni	14
2.1.1 QGIS	14
2.1.2 Open Street Map	15
2.1.3 Materiali per il remote sensing e la missione Copernicus.....	16
2.2 Analisi qualitativa e confronti dei dati relativi agli alpeggi	18
2.2.1 Ricerca, richiesta e ottenimento dei dati di malga disponibili	18
2.2.2 Gestione del dato condiviso, metadato e logiche di policy.....	19
2.2.3 Stato dell'arte dei dati di malga.....	22
2.2.4 Confronto tra dataset della BDN e della Provincia autonoma di Bolzano	37
2.2.5 Carenza dei dati e mancata armonizzazione	39
2.3 Elaborazioni dei dati spaziali delle malghe dell'Alto-Adige	39
2.4 Elaborazioni spaziali degli elementi territoriali legati alle aree di pascolo dell'Alto-Adige .	42
2.4.1 Corine Land Cover.....	42
2.4.2 Classi di pendenza.....	44
2.4.3 Sorgenti.....	46
2.4.4 Corsi d'acqua	47

2.4.5 Identificazione delle pozze d'acqua.....	47
2.5 Il Sistema Informativo Territoriale per le malghe	52
2.5.1 Modello geodati per gli alpeggi	52
2.5.2 Descrizione del modello dati e implementazione del Geodatabase.....	53
2.5.3 Implementazione di un visore WebGIS	61
3. Risultati e discussioni	62
3.1 Risultati delle elaborazioni spaziali.....	62
3.2 Geodatabase per i dati degli alpeggi	69
3.3 Pubblicazione e visualizzazione dati nel WebGIS.....	70
4. Conclusioni e prospettive future	75
5. Bibliografia e Sitografia	78
Riconoscimenti.....	80

1. Introduzione

In questa prima sezione introduttiva si cercherà in primo luogo di presentare una panoramica sulla zona interezze selezionata per lo studio e successivamente di fornire un quadro generale riguardo alcuni aspetti ritenuti di notevole interesse in ambito veterinario e territoriale-forestale che riguardano la pratica della monticazione e la gestione del pascolo, per fornire delle generalità atte a mettere a fuoco il sistema degli alpeggi e la loro gestione nella zona del caso studio.

La tesi è stata svolta in collaborazione con l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (IZSVE), un ente sanitario che si occupa di salute pubblica attraverso attività di controllo, ricerca scientifica e servizi specializzati nel campo della salute animale, rischi alimentari e zoonosi. È un'organizzazione istituita per legge e opera come supporto tecnico-scientifico al Servizio Sanitario Nazionale, collaborando con diverse entità, tra cui il Ministero della Salute, le Regioni, le Aziende Sanitarie Locali e altre. L'IZSVE ha sede a Legnaro (Padova) ed è parte di una rete di dieci istituti simili in tutta Italia. Opera principalmente nelle regioni del Veneto, del Friuli-Venezia Giulia e delle Province Autonome di Trento e Bolzano ed è coinvolto in collaborazioni nazionali e internazionali nel campo della sanità animale e della sicurezza alimentare, svolgendo il ruolo di centro di riferimento per specifiche tematiche per diverse organizzazioni, tra cui l'Organizzazione Mondiale della Sanità Animale (WOAH) e l'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO).

1.1 Inquadramento della zona di interesse

Questa tesi farà riferimento ai pascoli montani nella regione delle Alpi Orientali, di competenza della Provincia autonoma di Bolzano, con la quale l'IZSVE ha avviato una serie di progetti a supporto delle attività veterinarie. In particolare, questo studio si concentrerà perlopiù nelle zone montane dell'Alto-Adige, area utilizzata come caso studio, dove verranno prese in considerazione le migliaia di realtà zootecniche disperse nei monti e caratterizzate da tratti unici e caratteristici che derivano da un miscuglio tra storia, tradizione e modernità. Verranno considerati per certi aspetti anche gli alpeggi del Veneto, in quanto sono stati raccolti alcuni dati anche per questa regione, ma con minor riguardo ed accuratezza.

L'Alto-Adige è una regione montuosa localizzata nel nord dell'Italia, al confine con l'Austria e la Svizzera, ed è caratterizzata da una straordinaria diversità culturale e paesaggistica. La Provincia autonoma di Bolzano è famosa per la sua posizione alpina, che offre panorami mozzafiato con montagne imponenti, valli verdi e fiumi cristallini. La provincia ospita alcune delle vette più alte delle Alpi, tra cui le Dolomiti, che sono state dichiarate Patrimonio dell'Umanità dall'UNESCO per la loro bellezza unica. La sua popolazione è composta principalmente da persone che parlano lingua tedesca e italiana, riflettendo la sua storia di appartenenza all'Austria e poi all'Italia. Questa mescolanza di culture e tradizioni locali si riflette anche sulla realtà dell'alpeggio, creando circostanze ricche di diversità e opportunità di scoperta.

1.2 La pratica dell'alpeggio e la sua gestione

L'alpeggio o monticazione è definita come una serie di attività che coinvolgono diversi elementi che formano l'esercizio del pascolo del bestiame in montagna (Alpi, Appennini, Pirenei, Carpaži), da quote di circa 1000 metri sino a 2300-2500 metri, effettuati da fine maggio a metà settembre. ("alpéggio in Vocabolario - Treccani," n.d.)

La Malga invece è definita secondo Elio Migliorini come il nome con cui si designa spesso nelle Alpi Orientali italiane, specie nel Trentino e nelle Alpi Bellunesi e Cadorine, il pascolo alpino d'alta montagna (in friulano *mont* e in tedesco *alm*), dove il bestiame bovino è condotto nei mesi estivi. È un sistema complesso che riunisce aspetti tipicamente produttivi ad altri di natura sociale culturale ed ambientale. (alpéggio in Vocabolario - Treccani," n.d.)

Il modello funzionale dell'alpeggio prevede uno sfruttamento in successione altimetrica verticale delle risorse foraggiere che si tramanda dai tempi più antichi. Infatti, si utilizzano dapprima, nella fase detta di *prealpeggio*, i prati subito oltre i limiti delle abitazioni permanenti, cioè i più vicini alla zona di fondovalle (la zona degli stavoli); poi salendo, durante l'estate, sui pascoli alpini in quota, prima nei comparti bassi e poi in quelli alti della malga, ed infine in autunno nuovamente nei prati di fondovalle. Gli stavoli hanno la funzione di alloggio-stalla-fienile e di utilizzo individuale per ogni nucleo familiare. Oltre al significato attivo (attività di pascolo alpino), la malga può talvolta essere identificata come la superficie dedicata a pascolo e come l'insieme dei fabbricati per il bestiame e i pastori. La proprietà di malga comprende anche significative porzioni di bosco e si configura come una proprietà silvo-pastorale. Gli edifici che si trovano nelle zone di malga, di regola sono collocati nella parte più pianeggiante del pascolo, per la locazione sono però da tenere in considerazione altri criteri strategici, ad esempio la natura dei terreni, presenza di acqua, la direzione del vento, e l'esposizione al sole. Essi racchiudono spesso uno spazio, cintato da palizzate o dagli stessi edifici, detto *tamer* con al centro un abbeveratoio. Gli edifici del complesso malghivo possono assumere varie forme: lineare lungo il pendio con disposizione delle logge in serie parallele; a pianta poligonale quadrata, rettangolare, a ferro di cavallo, circolare o altre ancora, dipendentemente dalla situazione morfologica del sito (*L'alpeggio nelle Alpi orientali: modelli storici e situazione attuale. Una prospettiva geografica*, 2001).

La costruzione principale è la casera, che assume forme tipologiche diverse e la cui grandezza può variare notevolmente; anche la costruzione può avvenire con vari materiali, tra cui legno o muratura, esse sono adibite ad ospitare il bestiame ma anche attività di soggiorno umano. La gestione degli allevamenti in quota è operata dai pastori, addetti alla cura e al mantenimento dell'attività (*L'alpeggio nelle Alpi orientali: modelli storici e situazione attuale. Una prospettiva geografica*, 2001).

1.2.1 L'alpeggio in Alto-Adige

La gestione e il mantenimento delle malghe nella Provincia autonoma del Südtirol seguono un sistema organizzato e regolamentato, che tiene conto delle tradizioni agricole e pastorali della regione, nonché delle esigenze ambientali ed economiche. Molte malghe in Alto-Adige sono di proprietà privata, ma la gestione è spesso regolamentata da contratti e accordi con le comunità locali o cooperative agricole. Le malghe sono gestite da malgari, che sono solitamente membri di famiglie contadine locali. La gestione delle malghe è regolamentata da leggi regionali e nazionali, ad esempio, la legge provinciale sull'agricoltura e la silvicoltura dell'Alto-Adige (*Legge provinciale n. 12 del 16 giugno 1997*) stabilisce le norme per la gestione delle malghe e la promozione dell'agricoltura di montagna. Essendo l'Alto-Adige una regione montuosa ricca di biodiversità, la gestione delle malghe tiene conto della sostenibilità ambientale, con pratiche agricole e pastorali che mirano a preservare la natura circostante. Ciò include la gestione dei pascoli alpini e il monitoraggio della quantità dell'acqua. Oltretutto, le malghe possono ricevere supporto finanziario sotto forma di sovvenzioni e incentivi per preservare le tradizioni agricole di montagna e mantenere la popolazione locale nelle zone rurali.

Per quanto riguarda la gestione amministrativa e dei dati, in Alto-Adige è effettuata dalle autorità locali e regionali. Queste istituzioni raccolgono dati sulle malghe, sull'uso del suolo, sulla produzione agricola e su altre attività connesse all'agricoltura di montagna che, come si riporta al capitolo successivo, sono importanti per la pianificazione territoriale, la gestione delle risorse e la conservazione ambientale e l'attività veterinaria.

Secondo il sito della Provincia (www.provincia.bz.it), l'alpicoltura riveste in Alto-Adige un ruolo di primaria importanza. La superficie pascoliva complessiva corrisponde a circa il 34% della superficie provinciale. Le malghe della Provincia autonoma di Bolzano sono principalmente malghe di alta quota, a volte ubicate al di sopra del limite del bosco e caratterizzate da terreni acidi. Sono adatte, di conseguenza, soprattutto per bovini in asciutta e meno per le esigenti vacche in lattazione. In ogni caso più del 50% del patrimonio bovino provinciale viene alpeggiato.

Si riportano di seguito la tabella 1 e la figura 1 (grafico) datati 2009, che aiutano a descrivere in cifre l'attività di alpeggio in Alto-Adige.

Descrizione	Numero
Numero delle malghe	1525
Superficie pascoliva totale	109.694 ha
Superficie pascoliva pura	69.823 ha
Carico annuale	86.477 pezzi bestiame
Carico	0,38 G.V.E./ha
Malghe allacciate	78%
Malghe prive di allacciamento	22%

Tabella 1 descrittiva delle malghe - 2009, sito Provincia autonoma di Bolzano (www.provincia.bz.it)

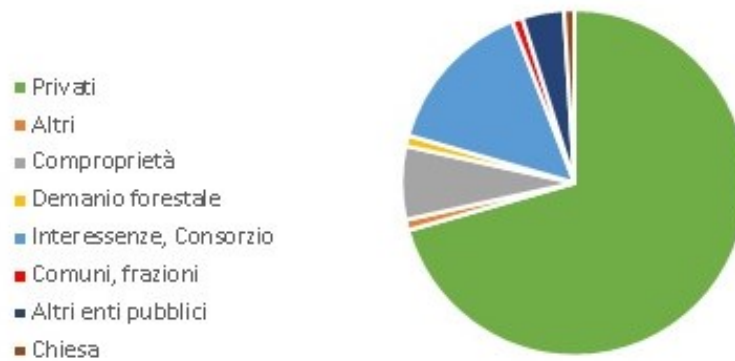


Figura 1 grafico rappresentante il dominio delle malghe dell'Alto-Adige – 2009, sito Provincia autonoma di Bolzano (www.provincia.bz.it).

Viene proposta la consultazione di queste statistiche di base, non in quanto da considerare strettamente per le analisi descrittive di questa tesi, ma come informazioni utili per avere un'idea di massima sulla struttura degli alpeggi in Alto-Adige, prima di esaminare i dati attuali e disponibili.

1.2.2 L'alpeggio in Veneto

L'alpeggio in Veneto rappresenta da secoli un'importante tradizione agricola e culturale nella regione. Grazie alla sua posizione montuosa e alla ricchezza di pascoli alpini, il Veneto ha sempre offerto condizioni ideali per l'allevamento di animali. Durante i mesi estivi, gli allevatori trasferiscono il loro bestiame, come mucche, pecore e capre, dalle valli verso le malghe, utilizzate come base per l'alpeggio. Queste malghe, spesso tradizionali e rustiche, diventano il punto di partenza per il pascolo delle mandrie lungo i verdi pascoli alpini.

Nel Veneto ci sono circa 700 malghe che si ripartiscono equamente tra pubbliche e private; oltretutto, molte sono inattive. Il 37% delle malghe è localizzato nella provincia di Vicenza, il 26% nella provincia di Belluno, il 12% è localizzato nella provincia di Treviso mentre il 25% nella provincia di Verona ("Malghe - regione del Veneto," n.d.).

L'alpeggio in Veneto non è solo un'attività economica, ma anche un'importante risorsa per la conservazione della biodiversità e l'integrità degli ecosistemi montani. I pascoli alpini contribuiscono alla preservazione delle specie vegetali autoctone e forniscono habitat per una varietà di specie animali, inclusi uccelli, insetti e animali selvatici.

Le malghe in Veneto sono anche luoghi di produzione di formaggi e altri prodotti caseari tradizionali. Gli allevatori trasformano il latte fresco delle loro mandrie in prelibatezze casearie come formaggi, burro e ricotte, che sono apprezzati sia a livello locale che nazionale. L'alpeggio in Veneto è quindi una combinazione di tradizione, sostenibilità, conservazione e autenticità, che contribuisce alla ricchezza culturale e alla bellezza naturale della regione ("La Via delle Malghe | Altopiano dei Sette comuni," n.d.).

1.3 Elementi caratteristici e criticità dell'alpeggio

Dopo la Seconda Guerra Mondiale le condizioni economiche e sociali hanno subito profondi cambiamenti. La migrazione di molte persone verso le città, insieme allo sviluppo del turismo locale e delle piccole industrie, ha apportato trasformazioni significative all'assetto socio-economico delle Alpi. Questi cambiamenti hanno anche avuto un impatto notevole sul paesaggio, che per secoli era rimasto pressoché invariato. Un aspetto cruciale di questa trasformazione è rappresentato dal declino della funzione produttiva della zootecnia nell'economia di montagna. L'agricoltura europea, e di conseguenza la zootecnia nelle Alpi, hanno seguito due direzioni opposte: nelle zone più favorevoli, come le ampie valli, le aziende hanno abbracciato l'intensificazione della produzione. D'altro canto, nelle aree caratterizzate da una morfologia del territorio e un clima più difficili, la zootecnia è stata marginalizzata e si è assistito a un crescente abbandono (Ramanzin and Battaglini, 2016).

La diminuzione dei capi allevati e la generale crisi dell'alpeggio, dovuta anche ai cambiamenti ambientali, hanno portato oggi ad una situazione che vede una forte diminuzione delle superfici pascolive a favore del bosco e una minore cura del manto erboso, che molto spesso non viene regolarmente curato con le pratiche tradizionali, ad esempio il decespugliamento, l'arieggiamento e lo spietramento. Storicamente, dopo aver stipulato il contratto di compravendita, la cura del pascolo era infatti uno degli elementi fondamentali da effettuare, garantendo equilibrio e stabilità. Un buon pascolo determina il successo di una malga, se incombono problemi o criticità in un pascolo, esso avrà molte probabilità di essere abbandonato (L'alpeggio nelle Alpi orientali: modelli storici e situazione attuale. Una prospettiva geografica, 2001).

A titolo di esempio, nel solo decennio tra il 1990 e il 2000, il numero di aziende zootecniche bovine da latte nelle Alpi italiane è diminuito in media del 38%. Tuttavia, questo declino ha avuto andamenti diversi a seconda delle dimensioni delle aziende: quelle con un piccolo numero di capi, che erano legate a sistemi di allevamento tradizionali, hanno subito una riduzione tra il 35% e il 55%, mentre le aziende di grandi dimensioni, che operavano con sistemi intensivi, sono aumentate dall'8% al 22% (Bovolenta S et al., 2008).

Nonostante questa tendenza, i sistemi produttivi nelle zone montane presentano ancora una notevole varietà e importanza. Se da un lato molti dei tradizionali sistemi transumanti sono praticamente scomparsi e sono stati sostituiti da allevamenti intensivi, dall'altro sono i pochi rimasti che acquisiscono valore socioculturale da preservare attraverso approcci resilienti e sostenibili, affrontando sfide economiche significative (Bovolenta S et al., 2008).

Si può pertanto considerare l'operosità nel cercare di costituire un'organizzazione uniforme nell'archiviazione dei dati delle aziende zootecniche alpine come un utile azione, che insieme ad approcci di diversa natura contribuisce alla gestione e al mantenimento di una realtà che mai come in questi anni necessita di supporto gestionale dal punto di vista informatico.

1.3.1 L'acqua negli alpeggi e i problemi di aridità

Nei pascoli alpini, la componente idrica riveste un ruolo fondamentale per la crescita e la salute del pascolo. L'acqua abbondante proveniente dalla fusione delle nevi e dai torrenti circostanti fornisce la fonte principale di idratazione per il bestiame che vi pascola. Questa risorsa idrica è essenziale per il benessere degli animali e la produzione di erba fresca, che rappresenta il loro alimento principale. Inoltre, la presenza di corsi d'acqua in questi pascoli crea habitat ricchi di biodiversità e offre agli animali selvatici una fonte di acqua fresca e pulita. La gestione sostenibile delle risorse idriche in queste aree è cruciale per preservare l'ecosistema alpino e garantire una pastorizia prospera. Il bestiame al pascolo necessita di un grande quantitativo di acqua: le mucche, di solito, consumano tra 4 e 4,5 litri di acqua per ogni chilogrammo di latte prodotto, e la maggior parte di questo fabbisogno idrico (circa 80-90%) è soddisfatta attraverso l'abbeverata. Il rimanente apporto di acqua proviene dagli alimenti che ingeriscono nel corso della giornata.

Le bovine, essendo animali preda, seguono un comportamento che le porta a bere frequentemente durante il giorno, solitamente dalle sette alle dodici volte, ma con assunzioni di acqua relativamente piccole, oscillanti tra i dieci e i venti litri per volta. Negli allevamenti, preferiscono spesso bere dopo la mungitura e durante i pasti. ("Gestione in stalla dell'acqua di abbeverata - Lely," n.d.).

In figura 2 è presente un grafico che illustra il consumo di acqua per diverse tipologie di acqua.

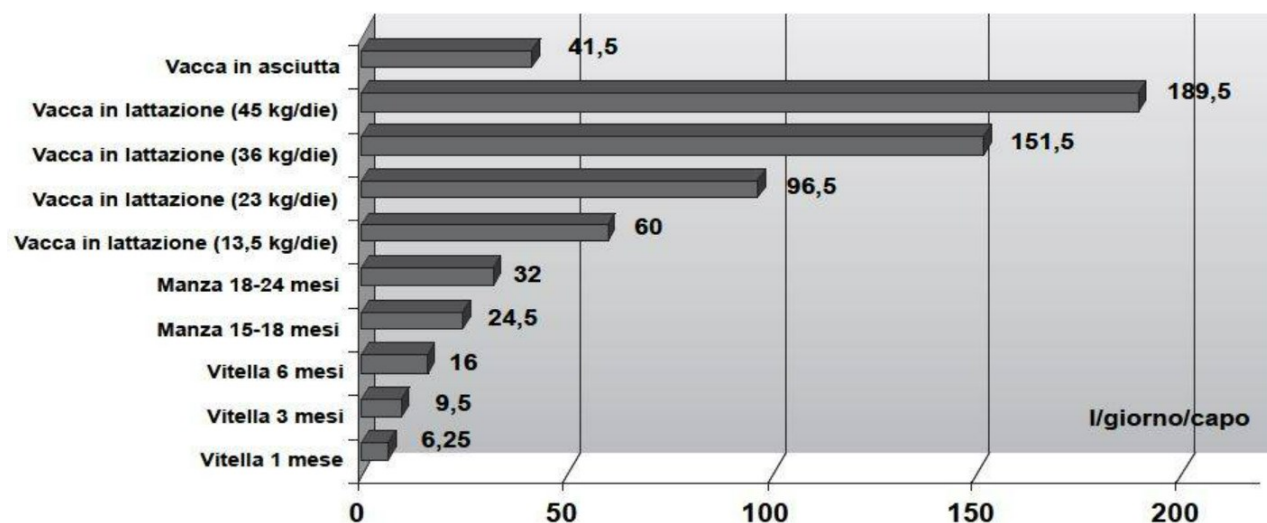


Figura 2 grafico che raffigura il consumo di acqua (L/giorno/capo) per diverse tipologie di bovino ("Il Ruolo dell'acqua nell'allevamento animale," 2006).

L'abbeveramento dei pascoli alpini può avvenire attraverso diverse modalità e fonti idriche, a seconda delle caratteristiche specifiche del terreno e delle risorse disponibili. Di seguito, si elencano alcune delle modalità comuni e gli elementi idrici coinvolti.

- **Fonti naturali:** Molte aree di pascolo alpino hanno accesso a fonti naturali d'acqua, come fiumi, torrenti, sorgenti e laghi. Queste fonti forniscono un'acqua fresca e pulita per il bestiame. Le risorse idriche naturali possono essere sfruttate direttamente o attraverso sistemi di canalizzazione.
- **Poiane o pozzi:** In alcune situazioni, vengono scavati pozzi o poiane per estrarre l'acqua sotterranea. Quest'acqua viene quindi fornita agli animali tramite sistemi di condutture o tramite l'uso di abbeverate.
- **Abbeverate o abbeveratoi:** Sono strutture progettate per immagazzinare e distribuire acqua agli animali. Possono essere alimentate da fonti naturali o da pozzi. Gli abbeveratoi possono essere permanenti o mobili, a seconda delle esigenze.
- **Sistemi di raccolta delle acque piovane:** In alcune aree, i pascoli alpini possono essere dotati di sistemi di raccolta delle acque piovane, come serbatoi o cisterne, che vengono riempiti durante le precipitazioni e utilizzati per abbeverare il bestiame durante i periodi di siccità.
- **Sorgenti:** l'utilizzo delle sorgenti come fonte d'abbeveraggio per il pascolo è un metodo tradizionale e sostenibile di fornitura di acqua agli animali all'aperto. Il principale vantaggio è la disponibilità di acqua spesso di ottima qualità.

“Abbeverate nelle aree alpine: gestione e uso sostenibile,” 2015.

Tuttavia, è importante notare che le modalità e gli elementi idrici utilizzati per l'abbeveramento dei pascoli alpini possono variare notevolmente in base alla regione, alla topografia e alle risorse idriche locali disponibili. Pertanto, le pratiche specifiche possono essere adattate alle condizioni locali.

Da sempre il problema principale è la conservazione dell'acqua, questione che a fronte del cambiamento climatico sta diventando sempre più rilevante. Per ovviare alle necessità d'uso, in alcune zone alpine si raccoglie l'acqua facendola convogliare in pozze e cisterne interrato.

Le pozze di alpeggio sono delle strutture di raccolta e conservazione dell'acqua nei pascoli. Possono essere considerate strumenti al giorno d'oggi passati in secondo piano per quanto concerne l'approvvigionamento idrico del bestiame al pascolo; ma, allo stesso tempo, rappresentano un fondamentale aiuto nello stoccaggio di acqua utilizzata come rifornimento in situazioni emergenziali. Esse, infatti, svolgono l'importante funzione di raccogliere e stoccare l'acqua piovana, ma anche l'acqua proveniente dallo scioglimento delle nevi in estate. Sono da considerarsi quindi di fondamentale importanza e da includere quando ci si riferisce all'approvvigionamento idrico in quota. Le loro dimensioni variano in funzione delle necessità e della morfologia del terreno, con profondità compresa generalmente fra i 50 cm e 2 metri. Nei secoli scorsi venivano realizzati come piccoli involucri artificiali in terra battuta, generalmente a forma circolare, dove veniva raccolta e conservata l'acqua piovana o quella di piccole sorgenti. Queste pozze tradizionali sfruttavano

generalmente le depressioni naturali del terreno, in modo che l'acqua piovana potesse naturalmente confluire per dilavamento dentro il bacino (Giovannini Giovanni and Giovannini Prisca, 2015).

Il mantenimento di queste pozze richiede continue analisi e ripetuti interventi per la salvaguardia dell'aspetto qualitativo e quantitativo delle stesse. Dal punto di vista qualitativo della risorsa idrica è da considerare che ne potrebbe risentire la qualità chimico-fisica ed ecologica delle pozze con un maggior rischio di infezioni o parassitosi legate alla presenza di elevati valori di torbidità, limo nei sedimenti, fosforo totale e nitrati. Per quanto concerne lo stato quantitativo, risulta utile la pulizia dai detriti di trasporto e della vegetazione indesiderata che con il tempo possono diminuire la capacità d'invaso del bacino (Giovannini Giovanni and Giovannini Prisca, 2015).

Esistono due principali tipologie di pozze differenti: la prima è la **pozza naturalistica** (figura 3). Questo modello di pozza emula la pozza tradizionale, realizzata con materiali e tecniche di costruzione tradizionali a scopo prevalentemente naturalistico. Queste pozze di alpeggio pertanto assolvono a una duplice funzione: quella di abbeverare il bestiame domestico, permettendo il pascolo in tutte le aree della malga, e quella di soddisfare le esigenze tipo naturalistico. Presenta dimensioni e profondità generalmente limitate e si trova tendenzialmente in alta quota. L'impermeabilizzazione tradizionale di una pozza naturalistica è costituita dalla posa di materiale argilloso sul fondo frammisto a foglie di faggio, in alcuni casi è consentito anche l'utilizzo di teli bentonitici (Giovannini Giovanni and Giovannini Prisca, 2015).

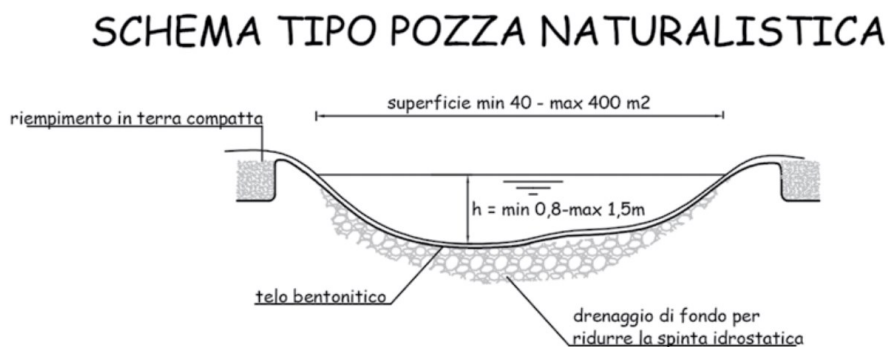


Figura 3 schema tipo pozza naturalistica, disegno tecnico di Stefano Tasin, 2015.

Il secondo tipo di pozza è la **pozza serbatoio** (figura 4): un bacino idrico congegnato al fine principale di abbeverare gli animali al pascolo. Di solito alimenta uno o più abbeveratoi collocati a valle attraverso tubazioni o condotte. Le pozze serbatoio offrono numerosi vantaggi:

- offrono migliore qualità dell'acqua di abbeverata;
- garantiscono una bassa alterazione della componente biotica presente e scorte di acqua facilmente quantificabili;
- richiedono interventi di manutenzione più modesti di quelli delle pozze naturalistiche.

SCHEMA TIPO POZZA SERBATOIO

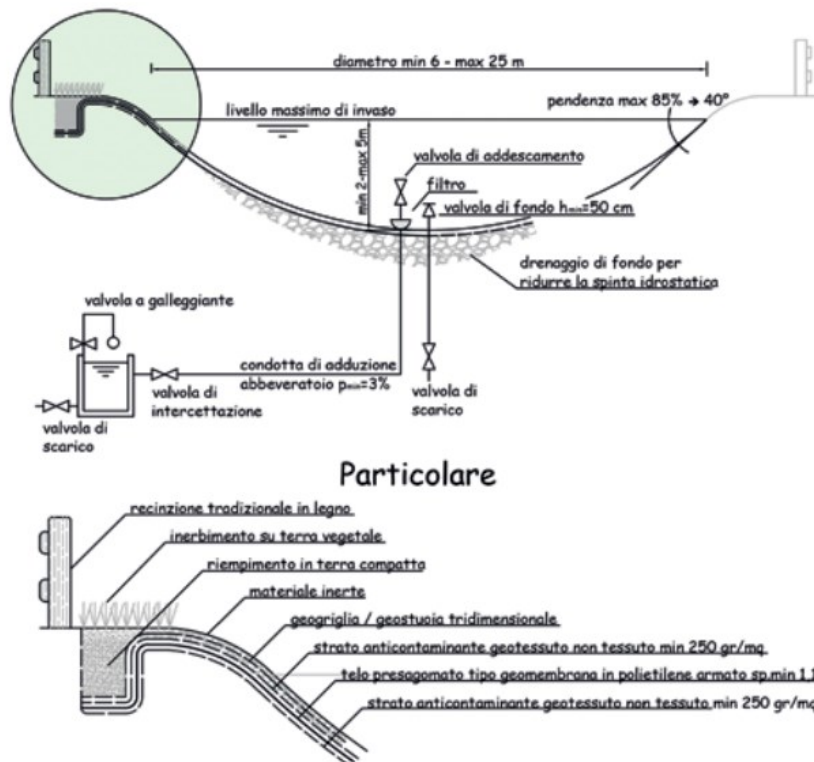


Figura 4 schema tipo pozza serbatoio, disegno tecnico di Stefano Tasin, 2015.

Per effettuare lo strato impermeabile di fondo, sono utilizzati generalmente materiali di sintesi come vari tipi di geo-membrane impermeabili in polietilene armato. Sul perimetro si trova spesso una griglia adatta a trattenere i sedimenti costituiti da ghiaino lavato. Sia le pozze naturalistiche che quelle serbatoio sono generalmente alimentate da canalizzazioni presenti sul pascolo che raccolgono l'acqua di precipitazione, convogliandola al loro interno (Giovannini Giovanni and Giovannini Prisca, 2015).

Negli ultimi anni, le Alpi Orientali hanno sperimentato un notevole aumento del rischio legato alla siccità. Gli effetti del cambiamento climatico si stanno facendo sentire in modo significativo in questa regione, con conseguenze preoccupanti per l'approvvigionamento idrico, l'agricoltura e gli ecosistemi montani.

Nella seconda parte di un lavoro di Adinolfi et al., 2021, vengono presentati i potenziali cambiamenti nel regime delle precipitazioni estive, proiettati alla fine del secolo rispetto al periodo storico. Le analisi effettuate con il modello COSMO-CLM rivelano diminuzioni delle precipitazioni estive medie, specialmente sulla topografia, ed è coerente con i modelli climatici convenzionali (figura 5). I modelli climatici sviluppati indicano che la tendenza futura della siccità nelle Alpi Orientali sarà caratterizzata da periodi più lunghi e intensi di aridità. Ci si aspetta una diminuzione delle precipitazioni annuali e un aumento delle temperature medie, il che accentuerà ulteriormente lo stress idrico (figura 5).

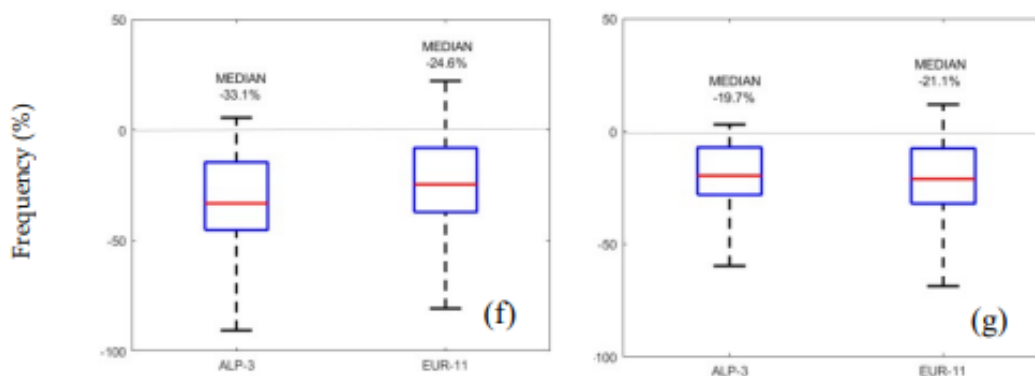


Figura 5 box plot rappresentanti la variazione di frequenza di precipitazione giornaliera e oraria secondo le simulazioni ALP-3 e EUR-11 (Adinolfi et al., 2021).

Altri studi europei sul periodo 1951-2015 hanno evidenziato un aumento della frequenza e della severità degli eventi di siccità per il sud dell'Europa, specie nei mesi estivi e nell'area mediterranea, come per esempio quello di (Poljansek et al., 2017).

In Italia, l'analisi condotta dall'ISPRA a livello nazionale (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale and Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, 2023) evidenzia un aumento, statisticamente significativo, delle aree colpite da siccità estrema, ossia di quegli eventi che rispetto alla climatologia di riferimento hanno occorrenza molto bassa. ISPRA ha calcolato che la disponibilità di acqua nell'ultimo trentennio si è ridotta del 19% rispetto al trentennio 1921-1950. Le tendenze non sono tanto più rosee, infatti è prevista una riduzione del 10% a breve termine e del 40% nel lungo termine ("Il clima futuro in Italia, analisi delle proiezioni dei modelli regionali," 2015).

A tal proposito, focalizzandosi sulla zootecnia, un esempio di emergenza idrica al pascolo è quello dell'estate 2022. ANSA (Agenzia Nazionale Stampa Associata) annuncia l'allarme siccità il 22 luglio, facendo riferimento all'aridità degli alpeggi, evidenziando una situazione di deficit idrico con potenziali gravi ripercussioni sulla vita sociale, economica e produttiva, e grave pregiudizio per la sanità e l'igiene pubblica. Anche Coldiretti annuncia a luglio 2022 la siccità negli alpeggi, con i pascoli che sono sempre più secchi e le pozze per abbeverare gli animali asciutte a causa della mancanza di pioggia e delle alte temperature. Questo è quanto emerge dal monitoraggio sulla situazione in montagna, in riferimento all'ultima ondata di caldo che ha soffocato l'Italia. Si è rischiato un ritorno a valle forzato e anticipato degli animali di diverse settimane per la difficoltà di approvvigionamento del fieno. Negli alpeggi del Veneto, sulle Dolomiti, sull'Altopiano di Asiago e sui Monti Lessini l'attività di pascolo è altresì in difficoltà per scarsità d'acqua e prati pascoli secchi, gli allevatori sono costretti a portare vasche di abbeveraggio e tubazioni per l'acqua, con il rischio di dover anticipare la chiusura della stagione di alpeggio con il ritorno nelle stalle di pianura.

Oltre che in pianura, gli effetti dei cambiamenti del clima terrestre si fanno dunque sentire anche in montagna, con un mutamento del paesaggio dovuto ai lunghi periodi di siccità e allo scioglimento dei ghiacciai. La mancanza di acqua sta mettendo in crisi un sistema fondamentale per l'agricoltura e l'allevamento in montagna mettendo a rischio produzioni tipiche. In Trentino Alto-Adige nel 2022 l'emergenza idrica ha causato un consumo eccessivo della limitata erba presente sui pascoli, dove

in alcuni casi, scarseggia anche l'acqua disponibile per l'abbeveraggio del bestiame. Sono solo alcuni dei numerosi casi di criticità per gli allevamenti in quota, verificatisi nell'arco alpino, dove la siccità estiva si pone come un serio problema per gli allevatori negli anni futuri.

In aggiunta ai problemi sopracitati, la mancanza d'acqua al pascolo potrebbe innescare una serie di problemi a livello sanitario: c'è il rischio che gli animali, in mancanza di acqua salubre, possano abbeverarsi da fonti non sicure dal punto di vista sanitario, ove l'acqua non rispetti i parametri di sicurezza alimentare che vengono regolarmente controllati dai veterinari competenti. Durante i periodi di scarsità idrica al pascolo potrebbero verificarsi situazioni nelle quali la mancanza di acqua corrente, che permette il ricircolo e il rinnovamento, potrebbe originare la formazione di pozze stagnanti, vettrici di malattie. Nel caso, infatti, di un'assunzione di acqua non salubre da parte degli animali, si potrebbero riscontrare problemi di malattie di natura infettiva, come l'insorgenza di patologie legate ad alcuni batteri o alcune specie di parassiti.

Visto la serie di problemi concreti e reali a cui la situazione idrica nei pascoli alpini è soggetta, il presente studio potrebbe risultare utile per la valutazione della situazione idrica attuale e futura. L'osservazione e la valutazione degli elementi idrici del territorio legati alle aree di pascolo e il loro studio parte dall'importante questione dell'acquisizione e archiviazione del dato geografico in modo adeguato, ai fini della prevenzione ad eventuali eventi critici.

1.3.2 Altri aspetti importanti da considerare per la gestione del pascolo

Vi sono altri elementi, intesi come aspetti dell'alpeggio o elementi territoriali associati ad esso, che contribuiscono a strutturare le attività zootecniche in quota e se non monitorati e mantenuti adeguatamente, possono causare riflessioni a livello della salute animale e, in generale, al buon funzionamento delle aree di pascolo.

Questi aspetti includono ad esempio il carico animale: la densità degli animali al pascolo non dovrebbe superare due **Unità di Bestiame Adulto** (UBA) per ettaro, e la superficie pascolata dovrebbe essere di almeno cinque ettari. Questo termine è utilizzato per misurare il carico animale o la capacità di pascolo di un'area specifica di terreno in ambiente alpino. L'UBA rappresenta una misura standardizzata che tiene conto del tipo di bestiame, delle sue dimensioni e delle esigenze alimentari, nonché delle condizioni del pascolo in un ambiente montano. Questo parametro permette di determinare quante unità di bestiame possono essere sostenute da un determinato terreno alpino senza danneggiare l'ecosistema o sovraccaricare il pascolo. Calcolare l'UBA è importante per garantire la gestione sostenibile delle risorse alpine e il benessere degli animali al pascolo in queste aree. I fattori considerati includono la disponibilità di cibo, la qualità del pascolo e la durata della stagione di pascolo in alta montagna. Una volta calcolato l'UBA per il caso che si vuole analizzare, si possono derivare altri parametri, ad esempio:

- **carico d'alpeggio**: Numero di giorni d'alpeggio, moltiplicati per il numero di UBA effettivamente alpeggiate, diviso trecentosessantacinque giorni;
- **carico di bestiame** (UBA diviso ettari): UBA meno il carico d'alpeggio diviso la superficie foraggera netta.

Uno studio condotto nelle malghe della regione Lombardia (Gusmeroli, 2012) ha evidenziato come i carichi medi per unità di superficie pascolata siano saliti nell'ultimo trentennio da 0,39 a 0,54 UBA ha⁻¹, malgrado una riduzione complessiva del 14.6% nel numero di capi monticati e le maggiori esigenze nutritive degli stessi. Nei distretti più vocati sono così sempre più frequenti i fenomeni di sovra pascolamento, aggravati nelle loro ripercussioni sulla vegetazione dagli incrementi di deposizioni organiche indotte dall'uso dei concentrati.

La questione della densità del bestiame fa emergere un altro punto fondamentale ossia l'area minima di pascolo. La disponibilità di una superficie pascolabile sufficientemente estesa è fondamentale per la salute della cotica erbosa, oltre che per quella degli animali, per garantire un apporto di nutrimento regolare e per evitare lo scontro fra animali per la mancanza di una quantità di foraggio sufficiente. Inoltre, la vegetazione al suolo deve offrire un foraggio di buona qualità per gli animali al pascolo. Studi hanno dimostrato che le graminacee e le leguminose sono le specie più consumate ("L'ALIMENTAZIONE DELLA VACCA DA LATTE AL PASCOLO Riflessi zootecnici, agro-ambientali e sulla tipicità delle produzioni," 2004).

La scelta ed utilizzo delle aree di pascolo prevede in primo luogo l'attenzione alle specie alpeggiate, i bovini rimangono per lo più in basso nelle aree più comode e non si fermano nei versanti elevati per nutrirsi, al contrario gli ovi-caprini pascolano anche in prati più acclivi, raggiungendo pendenze anche dell'ottanta per cento (Molle and Decandia, 2005). È bene poi fare attenzione all'aspetto della rinnovazione del bosco e struttura forestale, gli animali al pascolo possono danneggiare la rinnovazione del bosco attraverso il calpestio e la morsicatura delle giovani piante. Tuttavia, se il pascolo è gestito correttamente, i danni rimangono accettabili. Le foreste pascolate tendono ad avere una struttura più aperta e stratificata rispetto alle foreste non pascolate. Questo può avere effetti positivi sulla rinnovazione degli alberi e sulle altre funzioni delle foreste di montagna, come la protezione dalle valanghe (Mayer et al., 2004). È utile dunque, per gli alpeggi, individuare le zone geografiche dedicate al bosco presenti, al fine di prestare maggior attenzione al pascolamento del bestiame in queste delicate aree.

Un altro elemento fondamentale da tenere in considerazione quando si tratta di attività di alpeggio sono le produzioni alimentari. Tenere traccia di tutti i prodotti derivati dalle aziende zootecniche di malga, principalmente quelli lattiero-caseari e carne, è importante per monitorarne la salubrità. Naturalmente, legate al controllo delle produzioni alimentari vi sono anche la pratica dell'agriturismo e delle attività sociali fornite dalle malghe, come ad esempio le attività di turismo rurale. L'archiviazione dei dati sulle attività di produzione alimentare nelle malghe è considerata fondamentale per garantire il benessere animale e le pratiche tradizionali, monitorare la buona gestione della filiera produttiva e ottimizzare il tracciamento dei prodotti finiti, che determinano direttamente o indirettamente la sicurezza alimentare, la sostenibilità ambientale e la conformità normativa. Inoltre, offre una base dati su cui porre numerose attività di ricerca e sviluppo agricole e veterinarie.

Tutti gli elementi descritti finora (dalle entità idriche alla superficie di pascolo) uniti al dominio delle malghe (siano esse pubbliche o private) e altre informazioni, concorrono alla descrizione di ogni area di pascolo associata alle aziende zoo-tecniche alpine, e sono considerati fondamentali per una buona gestione e conservazione delle relative risorse.

Il presente studio si basa su questi costituenti per provare a sviluppare un metodo pratico ed efficiente che permetta di organizzare tutte le informazioni sopradescritte in modo uniforme, al fine di ottenere una cooperazione efficace tra i rappresentanti del settore forestale e veterinario.

2. Materiali e metodi

In questa sezione verranno descritti in maniera dettagliata tutti gli strumenti che sono stati adoperati e le metodologie e procedimenti adottati per raggiungere i risultati, e per derivare le considerazioni e assunzioni conclusive.

2.1 La tecnologia GIS e le sue applicazioni

Il GIS (Geographic Information System), è un Sistema Informativo utilizzato ampiamente in tutto il mondo e per svariate applicazioni, che permette di raccogliere, organizzare, analizzare e presentare dati geografici. Utilizza hardware, software e dati geografici per acquisire, gestire e presentare informazioni relative alla posizione e alle caratteristiche geografiche di oggetti e fenomeni. I GIS combinano dati geografici provenienti da diverse fonti come mappe, immagini satellitari, dati ambientali e li organizzano in un database geografico. Questi dati possono essere analizzati per identificare pattern, relazioni e tendenze spaziali, consentendo a diverse tipologie di utenti di prendere decisioni.

Le tipologie di dati che principalmente vengono utilizzate con la tecnologia GIS sono i file di tipo vettoriale e di tipo raster. I dati vettoriali vengono impiegati per le caratteristiche geografiche che possono essere rappresentate da elementi discreti come punti, linee e poligoni e descrivono la forma e la posizione delle entità geografiche. Ad esempio, un fiume può essere rappresentato come una linea, mentre un lago come un poligono. I dati vettoriali mantengono l'informazione sulla topologia, che indica le relazioni spaziali tra gli elementi, come l'intersezione o l'adiacenza; sono adatti per rappresentare oggetti ben definiti, come strade, confini amministrativi e punti di interesse. I dati raster invece sono rappresentati come una griglia di celle rettangolari chiamate pixel. Ogni pixel ha un valore associato che rappresenta un attributo specifico, ad esempio l'elevazione del terreno, la temperatura o l'intensità del colore. I dati raster sono basati su una struttura a griglia regolare e sono particolarmente adatti per rappresentare fenomeni che variano continuamente nello spazio, come immagini satellitari, modelli digitali di elevazione e dati meteorologici. I dati raster consentono di eseguire analisi matematiche, come l'interpolazione, l'estrazione di statistiche od operazioni con le bande di radiazione elettromagnetica, possono inoltre essere facilmente elaborati utilizzando algoritmi di analisi spaziale.

2.1.1 QGIS

Per questo studio, è stato utilizzato il software QGIS, versione 3.4.8 (*QGIS User Guide Release 3.4 QGIS Project, 2020*). È un software open source gratuito, che utilizza un'interfaccia grafica che consente di acquisire, gestire, analizzare e visualizzare dati geografici in modo intuitivo. Fornisce un'ampia gamma di funzionalità di base per lavorare con dati geografici, come ad esempio importare e esportare diversi formati di dati geografici, eseguire query per selezionare specifici elementi sulla base dei loro attributi ed effettuare misure (esempio le distanze o le aree). QGIS offre strumenti avanzati di analisi spaziale per esplorare e comprendere i dati geografici, tra cui operazioni di overlay per identificare l'intersezione, calcolo di statistiche, buffer intorno a punti o linee, ma anche di editing come l'unione o la differenza tra diversi layer vettoriali. Inoltre, è possibile personalizzare l'aspetto delle mappe utilizzando simbologie, etichette e layout di stampa. Questo software supporta una vasta gamma di formati di dati geografici, tra cui dati vettoriali (come shapefile) e dati

raster (come immagini satellitari, modelli digitali di elevazione). Ciò consente di lavorare con dati provenienti da diverse fonti e di integrarli all'interno di un unico progetto. È altamente personalizzabile e offre la possibilità di estendere le sue funzionalità tramite plug-in. Ne esistono numerosi disponibili che consentono di aggiungere nuovi strumenti, importare dati aggiuntivi e connettersi a servizi web geografici (es: WFS, WMS). Questo strumento è supportato da una vasta comunità di utenti e sviluppatori che contribuiscono al suo sviluppo e miglioramento continuo. Sono disponibili documentazione, forum di supporto, tutorial e risorse online.

Nell'ultima parte di questo lavoro verrà prodotto uno strumento WebGIS per consentire la visualizzazione condivisa e l'editing dei dati, Un WebGIS, acronimo di Web Geographic Information System, è una tecnologia GIS implementata sul web. Si tratta di una piattaforma che consente agli utenti di accedere, visualizzare, analizzare e condividere dati geografici e informazioni spaziali attraverso un'applicazione web.

2.1.2 Open Street Map

Open Street Map (OSM) è una piattaforma di mappatura geografica collaborativa, in cui gli utenti possono contribuire creando e modificando dati geografici. È caratterizzata dalla sua natura aperta e dalla partecipazione globale degli utenti, che aggiornano costantemente le informazioni sulla mappa. Gli utenti possono inserire una vasta gamma di informazioni. I dati sono accessibili a tutti gratuitamente, secondo la licenza Open Database License (ODbL). Questa piattaforma rappresenta una risorsa geografica dinamica, aperta e globale, utilizzata per una vasta gamma di scopi.

Per scaricare file proveniente da OSM è stato utilizzato il plug-in Quick OSM, installabile in QGIS liberamente. Questo tool sfrutta l'API Overpass, una piattaforma di sola lettura progettata per fornire dati personalizzati e selezionati dalle mappe OSM. Questo sistema opera in modo simile a un database online, in cui il cliente invia una richiesta all'API e riceve in risposta il set di dati corrispondente alla richiesta. È un database chiave-valore, il che vuol dire che immagazzina i dati come un insieme di coppie di chiave-valore dove una chiave rappresenta un identificatore univoco. L'API Overpass funge da componente backend di database per vari servizi. A differenza dell'API principale di OSM, che è ottimizzata per la modifica dei dati, l'API Overpass è ottimizzata per soddisfare le esigenze dei consumatori di dati che necessitano di ottenere una quantità limitata di elementi in una determinata area geografica o fino a circa dieci milioni di elementi in pochi minuti. Questi elementi possono essere selezionati in base a criteri di ricerca come la posizione geografica, il tipo di oggetto, le proprietà dei tag, la vicinanza o combinazioni di tali criteri.

2.1.3 Materiali per il remote sensing e la missione Copernicus

Ogni giorno un grande numero di strumenti per l'Osservazione della Terra (Earth Observation - EO), forniscono un'enorme quantità di dati rilevati a distanza. Questi dati sono utilizzati nel campo della produttività e della ricerca scientifica.

Il remote sensing, tradotto in italiano come "rilevamento remoto" è definito come una tecnologia utilizzata per acquisire informazioni sugli oggetti o l'ambiente, senza essere fisicamente in contatto con essi. I sensori montati su piattaforme aeree o spaziali (satelliti) registrano le onde elettromagnetiche riflesse o emesse dalla superficie terrestre e dagli oggetti su di essa. Queste onde possono essere suddivise in varie bande con frequenze differenti, ad esempio luce visibile, infrarossa, microonde o altre porzioni dello spettro elettromagnetico. I dati raccolti dai sensori vengono quindi elaborati per produrre informazioni utili e dettagliate sulla superficie terrestre.

La missione spaziale Copernicus è il programma di osservazione della Terra dell'Unione europea dedicato a monitorare il pianeta terra e il suo ambiente, a beneficio di tutti i cittadini europei. Offre servizi di informazione basati sull'osservazione satellitare della Terra, ma anche alcuni dati in situ (non spaziali). Il programma è coordinato e gestito dalla Commissione europea ed è attuato in collaborazione con gli Stati membri, l'Agenzia Spaziale Europea (ESA), l'Organizzazione Europea per l'Esercizio dei Satelliti Meteorologici (EUMETSAT), il Centro Europeo per le Previsioni Meteorologiche a Medio Termine (CEPMMT), le agenzie dell'Unione Europea e Mercator Océan. Il programma utilizza enormi quantità di dati globali provenienti da satelliti e da sistemi di misurazione terrestri, aerei e marittimi per fornire informazioni che aiutino i prestatori di servizi. I servizi di informazione forniti sono accessibili agli utenti del programma in modo libero e gratuito da diverse piattaforme e strumenti.

Copernicus è articolato in differenti missioni spaziali, comprendenti precisi obiettivi di telerilevamento, i satelliti Sentinel-1 sono utilizzati per produrre dati radar interferometrici; i Sentinel-2 sono satelliti ottici, progettati per l'osservazione multi-spettrale, i Sentinel-3 sono stati ideati per effettuare osservazioni oceanografiche e terrestri mentre i Sentinel-4, dati per monitorare le componenti atmosferiche e il clima, i Sentinel-5, a bassa orbita monitorano la composizione chimica dell'atmosfera, infine i Sentinel-6, osservano e studiano le superfici dei mari e degli oceani a fini climatologici.

Le immagini utilizzate in questo lavoro di tesi verranno estratte dalla collezione acquisita dalla missione Sentinel-2, una missione europea di acquisizione di immagini multispettrali ad alta risoluzione e ad ampio raggio. Sentinel-2 comprende una costellazione di due satelliti in orbita polare, posizionati nella stessa orbita eliosincrona, sfasati a 180° l'uno rispetto all'altro. Mira a monitorare la variabilità delle condizioni della superficie terrestre, la sua ampia andana è di 290 Km e l'elevato tempo di rivisitazione è di dieci giorni all'equatore con un satellite e cinque giorni con due satelliti in condizioni senza nuvole. Questi satelliti sono stati progettati per il monitoraggio dei cambiamenti della superficie terrestre, tra cui la variazione della quantità d'acqua.

Di seguito è riportata la tabella 2, contenente le bande spettrali acquisite da questi satelliti, con la relativa risoluzione spaziale.

Band Number	Band Description	Wavelength Range (nm)	Resolution (m)
B1	Coastal aerosol	433–453	60
B2	Blue	458–523	10
B3	Green	543–578	10
B4	Red	650–680	10
B5	Red-edge 1	698–713	20
B6	Red-edge 2	733–748	20
B7	Red-edge	773–793	20
B8	Near infrared (NIR)	785–900	10
B8A	Near infrared narrow (NIRn)	855–875	20
B9	Water vapour	935–955	60
B10	Shortwave infrared/Cirrus	1360–1390	60
B11	Shortwave infrared 1 (SWIR1)	1565–1655	20
B12	Shortwave infrared 2 (SWIR2)	2100–2280	20

Tabella 2 contenente le bande spettrali acquisite da Sentinel-2, il loro nome, l'intervallo di lunghezza d'onda e le relative risoluzioni (Hawryto and Wezyk, 2018).

Vi è un importante differenza tra le varie tipologie di prodotti ottenuti a partire da una rilevazione satellitare:

- **digital Number (DN):** i *Digital Number* sono i valori memorizzati dal satellite, spesso compresi tra 0-255 o 0-65535 e devono essere regolati con un guadagno e un offset per essere tradotti in valori significativi.
- **Radianza apparente:** la radianza è una misura della luminosità assoluta osservata dal sensore. Poiché l'illuminazione solare può cambiare e le bande spettrali possono avere larghezze diverse (banda più ampia implica più luce), la radianza non è una buona misura per le analisi.
- **Riflettanza della parte superiore dell'atmosfera (TOA):** la riflettanza è un numero compreso tra 0 e 1 che rappresenta quanta energia all'interno della banda spettrale viene riflessa. Come la radianza apparente, questa è una misura della riflettanza di un pixel osservata, senza correzione per l'atmosfera.
- **Radianza che lascia la superficie:** questa è la radianza che lascia il terreno. È la radianza apparente corretta con un modello atmosferico.
- **Riflettanza superficiale:** è simile alla riflettanza TOA ma è stata corretta anche per gli effetti atmosferici. Sebbene la correzione atmosferica sia spesso preferita, comporta un'elaborazione molto complessa che richiede molti dati in ingresso e di conseguenza può essere soggetta a errori.

Sentinel-2 fornisce differenti tipologie di prodotti distribuiti o su richiesta, descritti in tabella 3.

Type	Code	Description	Users	Production and Distribution
User Product	Level-1B	Top-of-atmosphere radiances in sensor geometry	Expert Users	Systematic generation and online distribution
	Level-1C	Top-of-atmosphere reflectances in cartographic geometry	All Users	Systematic generation and online distribution
	Level-2A	Atmospherically corrected Surface Reflectances in cartographic geometry		

Tabella 3 prodotti immagine Sentinel-2, Sentinel-2 MSI User Guide - Product Types (<https://sentinels.copernicus.eu - product-types>).

Per l'implementazione degli indici spaziali si utilizzeranno immagini di livello 2A, dove è applicata quindi una correzione di riflettanza atmosferica.

2.2 Analisi qualitativa e confronti dei dati relativi agli alpeggi

L'analisi qualitativa dei dati è un processo che coinvolge la classificazione e l'interpretazione di dati di varia natura. Il suo obiettivo è identificare le dimensioni e le strutture implicite ed esplicite nella costruzione del significato (*meaning-making*) all'interno di tali dati. Questo tipo di analisi combina approcci che eseguono un'analisi generale dei dati, come la creazione di panorami d'insieme e sommari, tra cui l'elaborazione di categorie, interpretazioni ermeneutiche e l'identificazione di strutture. L'obiettivo finale è formulare affermazioni generalizzabili attraverso la comparazione di dati diversi, in casi distinti. (Flick, 2014)

In questo studio l'analisi qualitativa sarà incentrata sui dati relativi agli alpeggi, lo scopo ultimo è quello di osservare lo stato di fatto di questi dati, confrontare i vari dataset ottenuti, e trarre alcune conclusioni e considerazioni circa la loro qualità, in termini di completezza, esaustività e chiarezza.

2.2.1 Ricerca, richiesta e ottenimento dei dati di malga disponibili

L'analisi *as-is* viene utilizzata nell'ambito della gestione dei dati per indicare un'analisi che descriva lo stato delle cose. In genere si contrappone all'analisi *to-be*, al fine di pianificare e progettare un processo di evoluzione o implementazione, questa parte di analisi sarà effettuata in seguito quando si tratterà l'argomento dell'unificazione e gestione dei dati delle malghe attraverso un database apposito.

La prima attività che si è intrapresa è stata quella di ricerca in rete e richiesta di informazioni o di dati a enti o istituzioni (come, ad esempio, le regioni o le provincie), ma anche al personale interno all'IZSve o esterno ad esso connesso. Questo processo ha coinvolto per la maggior parte delle volte i seguenti passaggi:

1. identificazione degli obiettivi: stabilire chiaramente quali informazioni o dati si desidera ottenere e per quali scopi saranno utilizzati;
2. ricerca delle fonti: ricerca delle fonti di dati pertinenti. Queste fonti possono includere persone fisiche, organizzazioni, istituzioni, archivi pubblici o privati, database online, e così via;
3. comunicazione e acquisizione: una volta individuate le fonti, si è stabilito un contatto al fine di poter acquisire i relativi dati. Questo è avvenuto attraverso comunicazioni telefoniche, comunicazioni e-mail e web meeting;
4. richiesta di dati: se i dati sono in possesso di un ente o una persona fisica e non sono disponibili on-line, è necessaria la presentazione di una richiesta formale per ottenere i dati desiderati. La richiesta deve essere chiara, dettagliata e rispettosa delle normative in vigore;
5. autorizzazione formale: si deve ottenere l'autorizzazione formale, se richiesta.

Questa attività richiede spesso una buona comunicazione, il rispetto delle leggi sulla privacy e delle normative vigenti, oltre a una metodologia rigorosa di selezione per garantire che i dati siano affidabili e utili per gli scopi desiderati.

La tesi rientra in un progetto che si sviluppa presso l'IZSve, ente che opera nelle regioni Veneto, Friuli-Venezia Giulia e Trentino Alto-Adige. L'idea originaria era di fare alcune valutazioni circa le emergenze non epidemiche (come ad esempio la carenza idrica), tuttavia per mancanza di informazioni sufficienti si è optato per la scelta di analizzare con cura tutti i dati disponibili, cercando di estrarre le considerazioni necessarie per la creazione del database atto ad archiviare ed uniformare i dati utili per scopi veterinari e forestali.

Il motivo della scelta di focalizzare l'analisi qualitativa dei dati solamente sui dataset della Provincia autonoma di Bolzano (e in modo minore su quelli della regione Veneto) è strettamente pratico, difatti questo è dovuto principalmente alla disponibilità di informazioni di cui si era in possesso che si sono rivelate poco esaustive per il resto delle regioni.

2.2.2 Gestione del dato condiviso, metadato e logiche di policy

Tutte le tipologie di informazioni sotto forma di dati e il loro scambio da soggetto a soggetto hanno bisogno di rispettare alcune politiche e logiche per quanto concerne la gestione e lo scambio, esistono pertanto alcune infrastrutture condivise che permettono la circolazione di dati in merito ad un determinato tema.

Un esempio pratico di questo è la *direttiva 2007/2/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007*, nota come INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe), è stata recepita nell'ordinamento italiano con il *decreto legislativo 27 gennaio 2010, n. 32* e successive modifiche. Questo decreto ha istituito in Italia l'Infrastruttura Nazionale per l'Informazione Territoriale e il Monitoraggio Ambientale, che funge da nodo nell'infrastruttura comunitaria INSPIRE. L'obiettivo di INSPIRE e dell'Infrastruttura nazionale è quello di garantire che le informazioni geo referenziate relative all'ambiente siano omogenee e condivisibili all'interno dell'Unione europea. Questo è fondamentale per sostenere politiche ambientali e altre attività che potrebbero avere impatti sull'ambiente. In altre parole, INSPIRE si propone di creare un sistema armonizzato di dati geospaziali ambientali in Europa, in modo che tali dati possano essere utilizzati in modo efficace.

Durante lo scambio di dati tra diverse entità, risulta fondamentale descrivere il dato stesso per poterlo comprendere. I metadati svolgono proprio questa funzione e per questo sono definiti come dati su dati, informazioni su un oggetto, sia esso fisico o digitale (Erik Duval, 2001). Le informazioni che compongono il metadato dipendono dalla complessità del dato stesso, ma ci sono alcune informazioni fondamentali che dovrebbero essere incluse. Questi metadati sono essenziali per garantire la comprensione, l'uso e la condivisione efficace di set di dati territoriali.

Il *Regolamento (CE) N. 1205/2008 della commissione del 3 dicembre 2008*, recante attuazione della *direttiva 2007/2/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda i metadati*, delinea che essi descrivono una risorsa e dovranno comprendere, nel caso di un set di dati territoriali, alcuni elementi di metadati. Di seguito la tabella estratta da questo regolamento che illustra i metadati da fornire per i set di dati ambientali e le serie di set di dati ambientali.

Elemento di metadati	Molteplicità	Condizione
Titolo della risorsa	1	
Breve descrizione (<i>abstract</i>) della risorsa	1	
Tipo di risorsa	1	
Localizzatore delle risorsa	0..*	Obbligatorio se è disponibile un URL ove reperire maggiori informazioni sulla risorsa, e/o i servizi connessi all'accesso.
Identificatore univoco della risorsa	1..*	
Lingua della risorsa	0..*	Obbligatorio se la risorsa comprende informazioni testuali.
Categoria di argomento	1..*	
Parola chiave	1..*	
Riquadro di delimitazione geografica (<i>geographic bounding box</i>)	1..*	
Riferimento temporale	1..*	
Genealogia	1	
Risoluzione spaziale	0..*	Obbligatorio per i set di dati e le serie di set di dati per i quali possono essere indicate una scala equivalente o una distanza di risoluzione
Conformità	1..*	
Condizioni di accesso e uso	1..*	
Limitazioni dell'accesso del pubblico	1..*	
Organizzazione responsabile	1..*	
Punto di contatto dei metadati	1..*	
Data dei metadati	1	
Lingua dei metadati	1	

Tabella 4 metadati per i set di dati ambientali e le serie di set di dati ambientali. La terza colonna specifica la molteplicità dell'elemento di metadati. L'espressione della molteplicità è conforme alla notazione prevista nel linguaggio di modellazione unificato (Unified Modelling Language - UML), in cui: — 1 significa che c'è una sola occorrenza di questo elemento di metadati in un insieme di risultati, — 1.. indica che c'è almeno un'occorrenza di questo elemento di metadati in un insieme di risultati, — 0..1 indica che la presenza dell'elemento di metadati in un insieme di risultati è facoltativa, ma che può verificarsi un'unica volta, — 0..* indica che la presenza dell'elemento di metadati in un insieme di risultati è facoltativa, ma che può verificarsi una o più volte; — quando la molteplicità è 0..1 o 0..*, la condizione determina quando gli elementi di metadati sono obbligatori. (Regolamento (CE) N. 1205/2008).*

Come si evince dalla tabella 4, vi sono alcune tipologie di metadati che dovrebbero essere obbligatoriamente forniti a chi utilizzerà il dato (esempio il titolo e il tipo di risorsa in questione) e altri obbligatori solo se sussistono alcune condizioni (esempio la risoluzione spaziale).

Molto importante è fare attenzione alle condizioni d'uso e alle limitazioni dell'accesso al pubblico. Secondo la *Direttiva 2007/2/CE*, in linea di principio, i dati geospaziali ambientali dovrebbero essere accessibili al pubblico in modo gratuito o a costi non superiori ai costi di produzione e diffusione. Questo testo raccomanda l'uso dei dati geospaziali ambientali per scopi legittimi, inclusi scopi commerciali e non commerciali. Gli utenti devono rispettare le condizioni di utilizzo specificate dalla normativa nazionale o regionale degli Stati membri. Tuttavia, tali condizioni non dovrebbero impedire o limitare in modo ingiustificato l'accesso o l'uso dei dati. La direttiva riconosce che in alcune circostanze potrebbe essere necessario imporre limitazioni all'accesso ai dati geospaziali ambientali. Queste limitazioni devono essere basate su ragioni legittime e dovrebbero riguardare principalmente la protezione di interessi pubblici quali la sicurezza nazionale, la difesa o la protezione dell'ambiente. Tuttavia, qualsiasi limitazione deve essere proporzionata e non dovrebbe ostacolare indebitamente l'accesso ai dati.

Per quanto riguarda invece i dati descrittivi di natura personale, ad esempio detenuti da alcuni enti come le regioni, la gestione delle informazioni personali (come ad esempio il nome, il cognome o il codice fiscale dei proprietari delle malghe) è soggetta a normative sulla privacy, che variano a livello nazionale e internazionale e valgono anche per altri ambiti. In Europa, la principale legge di riferimento per la protezione dei dati personali è il *Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR)*, che è entrato in vigore il 25 maggio 2018. Secondo questo regolamento i dati personali possono essere classificati secondo alcune tipologie, a seconda delle possibilità di consultazione e d'uso:

- **Dati ad accesso libero** (open access): questi dati sono liberamente accessibili da chiunque, senza restrizioni. Possono essere disponibili online o in altre forme pubbliche. Ne fanno parte anche gli open data, sono dati che sono stati resi disponibili in modo strutturato e standardizzato, spesso con l'obiettivo di promuovere la trasparenza e la condivisione.
- **Dati a libero utilizzo** (open use): Questo termine sembra riferirsi a dati che possono essere utilizzati liberamente senza restrizioni, potrebbe essere un sinonimo di "open access".
- **Dati proprietari chiusi** (closed data): Questi dati sono di proprietà di un'entità specifica, e l'accesso ad essi è limitato a questa entità o a persone autorizzate. Possono essere protetti da diritti di proprietà intellettuale o da accordi di non divulgazione.
- **Dati condivisi** (shared data): Questi dati sono condivisi tra più parti o entità. L'accesso a tali dati può essere regolamentato da accordi contrattuali o da restrizioni definite.
- **Dati sicuri** (secured data): Questi dati sono resi sicuri attraverso misure di sicurezza come la crittografia o altre tecniche per proteggerli da accessi non autorizzati. Questo può essere importante, ad esempio, per dati sensibili o finanziari.

Di seguito sono elencate alcune logiche di policy e principi base da seguire riguardo all'utilizzo e alla condivisione di informazioni personali:

- **consapevolezza e Trasparenza:** chiunque gestisca dati personali dovrebbe essere consapevole dei principi di protezione dei dati e dovrebbe informare in modo chiaro le persone interessate su come i loro dati verranno utilizzati e condivisi.
- **Legittimità del Trattamento:** il trattamento dei dati personali deve essere basato su una base giuridica valida. Ad esempio, il consenso dell'individuo interessato, l'adempimento di un contratto, l'obbligo legale o l'interesse legittimo dell'organizzazione.
- **Limitazione della Finalità:** i dati personali dovrebbero essere raccolti e utilizzati solo per scopi specifici e legittimi e non dovrebbero essere trattati in modo incompatibile con tali scopi.
- **Minimizzazione dei Dati:** dovrebbero essere raccolti solo i dati personali strettamente necessari per il perseguimento delle finalità dichiarate.
- **Esattezza dei Dati:** i dati personali dovrebbero essere accurati e aggiornati quando necessario. Le misure dovrebbero essere adottate per correggere dati inesatti o incompleti.
- **Limitazione della Conservazione:** i dati personali dovrebbero essere conservati solo per il tempo necessario per il raggiungimento delle finalità per cui sono stati raccolti.
- **Integrità e Riservatezza dei Dati:** i dati personali dovrebbero essere trattati in modo da garantire la loro sicurezza, inclusa la protezione da accessi non autorizzati o perdite.
- **Responsabilità e Accountability:** le organizzazioni sono responsabili della conformità alle leggi sulla protezione dei dati e dovrebbero essere in grado di dimostrare tale conformità.
- **Diritti degli Interessati:** le persone hanno diritti riguardo ai loro dati personali, tra cui il diritto di accesso, correzione, cancellazione, opposizione al trattamento e portabilità dei dati.
- **Notifica delle Violazioni:** in caso di violazione della sicurezza dei dati che potrebbe comportare un rischio per i diritti e le libertà delle persone, l'organizzazione dovrebbe notificare l'autorità di controllo e le persone interessate.
- **Condivisione dei Dati:** la condivisione di dati personali dovrebbe essere limitata alle finalità dichiarate e dovrebbe essere effettuata in conformità alle leggi sulla protezione dei dati.
- **Valutazione d'Impatto sulla Protezione dei Dati:** in alcuni casi, potrebbe essere necessario condurre una valutazione d'impatto sulla protezione dei dati (DPIA) per valutare e mitigare i rischi per la privacy associati a determinati trattamenti di dati.

Tutte queste logiche di policy dovrebbero essere applicate quando si tratta di dati personali, nel caso in esame relativi ai pascoli e alle aziende zootecniche coinvolte nella pratica dell'alpeggio.

2.2.3 Stato dell'arte dei dati di malga

Si presenta in questa sezione un riassunto riguardante lo stato di fatto dei dati relativi ai pascoli, ricercati per le regioni di Veneto, Friuli Venezia-Giulia e Trentino Alto-Adige, area operativa e di interesse veterinario dell'IZSVE. Si approfondirà poi con maggior dettaglio l'analisi qualitativa dei dataset dedicati agli alpeggi nella Provincia autonoma di Bolzano.

Importante da segnalare a priori è la questione del codice identificativo di azienda. Ai sensi dell'*art. 1, comma 5, lettera b del decreto del Presidente della Repubblica 30 aprile 1996, n. 317*, si richiede alle aziende rientranti nella definizione di "azienda zootecnica" di ottenere un codice identificativo alfanumerico di otto cifre. Questo codice è composto da informazioni come il codice ISTAT del comune, la sigla della provincia di appartenenza e un numero progressivo assegnato all'azienda. Esso è parte del sistema di registrazione delle aziende e serve anche per l'identificazione degli

animali. L'assegnazione del codice avviene tramite i servizi veterinari dell'azienda A.S.L. competenti per il territorio ed è univoco. Nel caso di aziende che effettuano la transumanza (movimento stagionale degli animali), la registrazione avviene presso l'azienda A.S.L. del luogo dove gli animali trascorrono il periodo invernale o autunnale. In caso di aziende senza sede fissa, il codice si basa sul comune dove il responsabile dell'azienda ha domicilio.

Molto spesso c'è differenza tra il detentore degli animali e il proprietario dell'area di pascolo: Si definisce il "detentore degli animali" come la persona fisica o giuridica responsabile degli animali. Fa pertanto distinzione con il detentore dell'area di pascolo, che si occupa degli adempimenti legati a quest'ultima. Di conseguenza, si possono ritrovare situazioni nelle quali il proprietario degli animali (delle aziende zootecniche) trasferisce il bestiame nelle aree di pascolo di proprietà di un soggetto diverso. Alcune aziende già registrate per piani di profilassi delle malattie infettive sono esentate dalla richiesta del codice aziendale. Tuttavia, in questi casi, il codice verrà assegnato d'ufficio per garantire l'unicità e la non ripetibilità.

Per quanto riguarda le osservazioni effettuate, si sono ricercati o si sono richiesti agli enti locali (principalmente regioni) alcune tipologie di dati geografici, principalmente:

- la geo-localizzazione degli edifici adibiti al ricovero de bestiame e dotati di un univoco codice malga;
- la mappatura delle aree di pascolo degli animali e la relativa associazione agli edifici di ricovero;
- la geo-localizzazione di tutti gli elementi idrici come le pozze di abbeveramento e l'eventuale associazione alle aree per il pascolo.

Questi dati sono stati ricercati con lo scopo di effettuare alcune analisi (ad esempio idrologiche) per ottenere alcuni risultati legati alle aree di alpeggio, che cerchino di descrivere la situazione e gli elementi di criticità (soprattutto idrica).

Oltre ai dati geo-spaziali, per il lavoro in questione è stato necessario possedere informazioni di natura diversa da quella geografica. Queste informazioni, spesso sono organizzate in una forma tabellare, e sono ad esempio il numero di animali alpeggiati, la tipologia di animali alpeggiati, il dominio delle malghe e così via. Questo tipo di indicazioni non sono indipendenti dai dati geografici, ma sono associate agli stessi, ne deriva dunque che esse sono abbinate a dati di tipo geografico espressi da coordinate spaziali, oppure a codici (ad esempio codici di malga) che permettono una loro associazione con un qualsiasi tipo di informazione spaziale.

La Provincia autonoma di Trento non sembra riportare in rete alcun tipo di informazione territoriale circa i pascoli. Per quanto concerne il Friuli-Venezia Giulia, la situazione non si discosta di molto rispetto a quella del Trentino, solo il sito: <http://www.malghefvg.it/it>, dovrebbe riportare una mappa delle malghe da latte delle montagne friulane, purtroppo non disponibile. Il sito <http://www.editricecoel.it/MAL.html> che presenta il libro: *malghe e alpeggi della montagna friulana* riporta una mappa con alcune malghe del Friuli, ma il file è in formato immagine (non utilizzabile quindi con software GIS. Ugualmente, nei siti regionali di entrambi i territori non sembrano esserci informazioni utili e il tentativo di contatto con gli enti regionali e provinciali si è rivelato fallimentare.

La Regione Veneto

Per la Regione Veneto invece la questione di richiesta e ottenimento di dati risulta più proficua. Sono stati estratti dai database dell'IZSVE due file in formato .xlsx:

- il primo denominato Pascoli_Veneto_BDN contiene i dati relativi ai pascoli del Veneto, archiviati dalla Banca Dati Nazionale dell'Anagrafe Zootecnica, gestita dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale nelle varie sedi operative;
- il secondo file è denominato Pascoli_Veneto_BDR, file proveniente dalla Banca Dati Regionale dell'Anagrafe degli Animali del Veneto.

Nel primo caso, il file *Pascoli_Veneto_BDN* (contenente 1184 record) è organizzato in tabella con colonne, di seguito viene riportata la tabella 5 dove sono proposti in colonna tutti gli attributi presenti nel dataset, e in riga la loro descrizione, il formato e la percentuale di record che presentano record non vuoti.

Nome	Descrizione	Tipo	Numero record compilati
PAS_ID	Codice ID pascolo	Numero	1184
ASL_CODICE	Codice ASL	Alfanumerico	1184
REG_CODICE	Codice regione	Numero	1184
CODICE	Codice identificativo di malga	Alfanumerico	1184
DENOMINAZIONE	Denominazione	Testo	1184
LOCALITA	Località malga	Testo	60
COM_ID	Codice ID comune	Numero	1184
COM_ISTAT	Codice ISTAT	Numero	1184
PRO_SIGLA	Codice provincia	Testo	1184
RESP_ID_FISCALE	Identificazione fiscale del responsabile	Alfanumerico	1171
LATITUDINE	Latitudine (WGS84)	Numero	190
LONGITUDINE	Longitudine (WGS84)	Numero	190
FUSO_GB	Nome fuso Gauss Boaga	Testo	0

X_UTM	Coordinata X UTM	Numero	0
Y_UTM	Coordinata Y UTM	Numero	0
FUSO_UTM	Fuso UTM	Testo	0
FOGLIO_CATASTALE	Foglio catastale	Numero	99
PARTICELLA	Particella catastale	Numero	87
SEZIONE	Sezione della particella catastale	Testo	4
SUBALTERNO	Subalterno di quella particella catastale	Numero	1

Tabella 5 nome dei campi presenti nel dataset 'Pascoli_Veneto_BDN', descrizione, tipo, e numero di campi compilati.

La struttura e i contenuti di questo file sono stati descritti in seguito, quando si presenta il file estratto dalla BDN che riguarda la Provincia autonoma di Bolzano, avente una struttura tabellare analoga. Ad ogni modo si nota immediatamente che, in accordo con le considerazioni precedenti, ad ogni record (azienda agro-pastorale) corrisponde un codice di malga univoco.

Il secondo dataset è formato da 1138 record, e presenta una struttura differente da quella appena osservata, di seguito la tabella descrittiva, questo è un vecchio dataset che non è più valido, ma sul quale si è potuto avere un'idea dei dati relativi agli alpeggi del Veneto:

Nome	Descrizione	Tipo	Numero record compilati
COD_317	Codice ID pascolo	Alfanumerico	1138
INSLAT	Coordinata latitudine	Numero	1104
INSLONG	Coordinata longitudine	Numero	1104
ANANOME	Nome proprietario	Testo	1138
ANACFIS	Codice identificazione fiscale	Alfanumerico	1138
Denominazione struttura	Nome struttura della malga	Testo	1109
Nome comunita montana	Nome della comunità della malga	Testo	691
Data rilascio	Data di inserimento	Data	69

Tipologia Malga	Dominio pubblico o privato	Testo	793
Capacita potenziale	Capacità potenziale della malga	Numero	670
Quintali latte prodotto	Quintali di latte prodotto al giorno	Numero	334
Produzione per caseificio	Produzione per caseificio	Testo	518
Produzione di autoconsumo	Produzione per l'autoconsumo	Testo	415
Produzione per vendita diretta	Produzione per vendita diretta	Testo	457
Produzione vendita a rivendite	Produzione e vendita a rivendite	Testo	410
Presenza di ovini	Presenza di bovini	Testo	541
Presenza di caprini	Presenza di caprini	Testo	530
Presenza di suini	Presenza di suini	Testo	483
Presenza di equini	Presenza di equini	Testo	591
Presenza di altre specie	Presenza di altre specie	Testo	494
Rifornimento idrico-acquedotto	Approvvigionamento idrico tramite acquedotto	Testo	461
Rifornimento idrico-sorgente	Approvvigionamento idrico tramite sorgente	Testo	459
Rifornimento idrico-cisterna-p	Approvvigionamento idrico tramite cisterna piovana	Testo	534
Rifornimento idrico-cisterna-t	Approvvigionamento idrico tramite cisterna trasportata	Testo	411

Tabella 6 nome dei campi presenti nel dataset 'Pascoli_Veneto_BDR', descrizione, tipo, e numero di campi compilati.

Questo dataset contiene numerose informazioni interessanti che potrebbero risultare utili in ambito veterinario, ma anche per la gestione dell'attività del pascolo da parte di allevatori, o dei tecnici

forestali. Dunque, questo dataset è stato utile per capire quali dati si potrebbero registrare in un'ottica di organizzazione dati uniformata. Purtroppo, come si può notare, numerosi campi presentano un'alta percentuale di record vuoti. Inoltre, non è considerato un file che può essere usato per ricavare informazioni, perché non ne è certificato l'aggiornamento continuo. Si evince ad ogni modo che delle 1113 malghe riportate, 561 sono private, 232 pubbliche e 320 non riportano alcuna informazione a riguardo del dominio. Ancora, tutte le coppie di coordinate dei precedenti due file sono espresse nel sistema di riferimento WGS-84 ma non geo-referenziano gli edifici adibiti al pascolo, ma un punto geografico generico all'interno della pertinenza delle aziende agro-pastorali.

Un ultimo dataset, in forma vettoriale, riguardante il territorio delle malghe venete è stato fornito dall'ente regionale stesso, che ha inviato tramite una e-mail, a seguito di una richiesta da parte dell'IZSve, 21 shapefile di tipo vettoriale-poligonali, contenenti informazioni di mappatura di alcune pozze d'alpeggio; associate a malghe o lotti di malga, principalmente della Provincia di Vicenza e di Verona.

Dopo aver esaminato questi dati avvalendosi di un base layer di OSM per il confronto, si è giunti alla conclusione secondo la quale i file forniti non sono considerabili come attualmente validi, perché non corrispondono geograficamente alle pozze d'acqua attualmente attive. Questo è probabilmente dovuto alla vecchia datazione di questi file, che tempo addietro probabilmente rappresentavano degli specchi d'acqua realmente esistenti, ma che al giorno d'oggi non sono più significativi. Quasi tutte le pozze segnalate con questi shapefile, infatti, risultano inesistenti o con forme che si discostano sostanzialmente da quelle reali, i profili e le matrici acquose del territorio si modificano con frequenza con il passare degli anni, assumendo variazioni (restringimenti o allargamenti) a seconda dalla quantità dell'apporto idrico da monte, dall'erosione, dal deposito, dall'evapotraspirazione e altre dinamiche geomorfologiche.

Tutte le informazioni acquisite per i dati di malga della Regione Veneto sono da ritenersi utili in un'ottica di creazione di un database che integri le informazioni di malga, uniformandole in un'unica struttura dati (come si vedrà al capitolo successivo) ma, in base alle considerazioni constatate, non sono al momento da tenere in considerazione in prospettiva di un'analisi GIS, in quanto:

- i dati per ogni malga non possono essere associati ad aree geografiche di pascolo per l'assenza delle stesse all'interno del dataset (importanti per derivare informazioni territoriali);
- i punti geografici definiti dal dataset presentano georeferenziazioni poco precise e poco informative; infatti, non vogliono mappare un elemento territoriale della malga corrispondente (come ad esempio un edificio, ma individuano un punto generico che non è direttamente abbinato ad un elemento territoriale (ad esempio nel mezzo di una prateria).

Dopo aver esaminato in maniera breve e concisa l'asset data disponibile riguardante la regione Veneto ed aver concluso che questo tipo di informazioni non sono sufficienti per selezionare questa regione come caso studio, si è preferito scegliere i dati riguardanti le malghe e le aree di pascolo della Provincia autonoma di Bolzano come caso in esame, in quanto più esaustivo in termini di informazioni territoriali e descrittive.

La Provincia autonoma di Bolzano

La Provincia autonoma di Bolzano, come accennato al capitolo di introduzione, è soggetta a dinamiche di gestione delle malghe talvolta differenti dalle altre regioni. Qui, infatti, la maggior parte delle pertinenze fa riferimento a soggetti privati, che si ripartiscono le complicate superfici di pascolo del bestiame. Si è però riscontrato che purtroppo non si hanno informazioni a riguardo della geo referenziazione di abbeveratoi, pozze d'acqua e i punti di abbeveraggio per gli animali.

A seguito di un'estrazione dalla BDN e da una richiesta alla Provincia autonoma di Bolzano, sono stati ottenuti due dataset di riferimento da analizzare e confrontare tra loro, per capire lo stato dell'arte delle informazioni contenute all'interno degli stessi e le differenze che sussistono, al fine di comprendere le principali differenze di struttura dati e di informazioni contenute. Come detto in precedenza, ogni azienda zootecnica è contrassegnata da un codice identificativo di azienda, che permette di identificare in modo univoco l'attività.

Le analisi sono state quindi articolate come segue: per prima cosa sono stati descritti gli attributi associati ad ogni attività, esponendo in maniera esaustiva quelli più importanti; in secondo luogo è stata proposta un'approfondita analisi quantitativa e qualitativa della composizione, della struttura e delle informazioni contenute all'interno di ognuna delle due serie di dati disponibili, imbastendo alcune piccole statistiche circa la numerosità e la densità dei record riferiti ad ogni attributo descrittivo.

Il primo dataset (*Pascoli_Bolzano_BDN*), ottenuto in formato .xlsx e che deriva dalla BDN, comprende una tabella composta da 1894 record, ognuno facente riferimento ad un codice identificativo di azienda e comprendente attributi di vario genere che descrivono le caratteristiche azienda zootecnica. Nella tabella sottostante sono illustrati in colonna tutti gli attributi presenti nel dataset e in riga la descrizione, il formato e la percentuale di record che presentano compilazione, nel grafico invece si può avere un'idea della percentuale di record compilati per ogni campo.

Nome	Descrizione	Tipo	Numero record compilati
PAS_ID	Codice ID pascolo	Numero	1894
ASL_CODICE	Codice ASL	Alfanumerico	1894
REG_CODICE	Codice regione	Numero	1894
CODICE	Codice identificativo di malga	Alfanumerico	1894
DENOMINAZIONE	Denominazione	Testo	1894
LOCALITA	Località malga	Testo	1884
COM_ID	Codice ID comune	Numero	1894

COM_ISTAT	Codice ISTAT	Numero	1894
PRO_SIGLA	Codice provincia	Testo	1894
RESP_ID_FISCALE	Identificazione fiscale del responsabile	Alfanumerico	1892
LATITUDINE	Latitudine (WGS84)	Numero	25
LONGITUDINE	Longitudine (WGS84)	Numero	25
FUSO_GB	Nome fuso Gauss Boaga	Testo	0
X_UTM	Coordinata X UTM	Numero	0
Y_UTM	Coordinata Y UTM	Numero	0
FUSO_UTM	Fuso UTM	Testo	0
FOGLIO_CATASTALE	Foglio catastale	Numero	12
PARTICELLA	Particella catastale	Numero	12
SEZIONE	Sezione della particella catastale	Testo	0
SUBALTERNO	Subalterno di quella particella catastale	Numero	0
DT_INVAL	Data di inizio attività	Data	1894
DT_FINVAL	Data di fine attività	Data	1894

Tabella 7 nome dei campi presenti nel dataset 'Pascoli_Bolzano_BDN', descrizione, tipo, e numero di campi compilati.

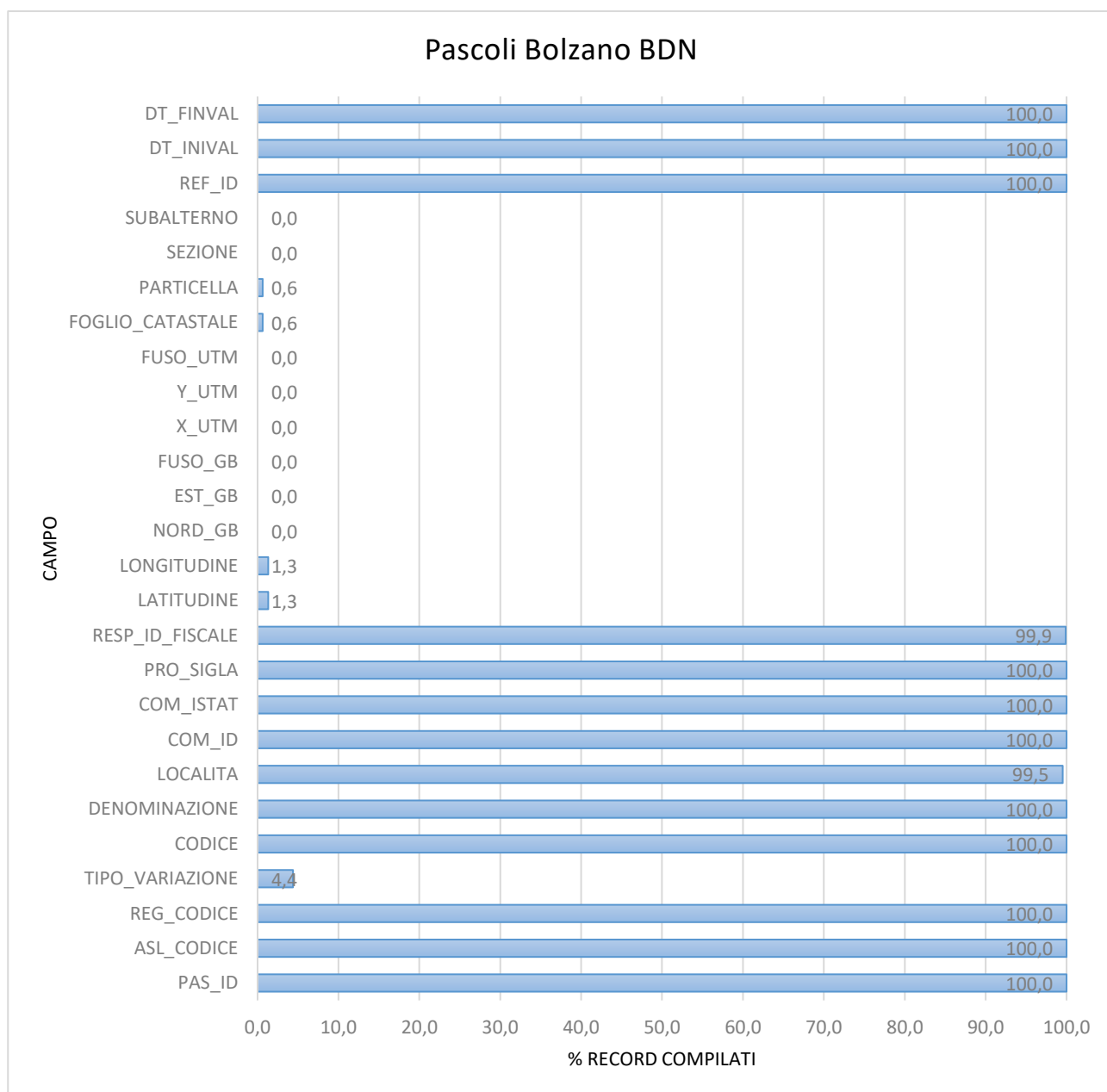


Figura 6 Grafico a barre che indica per ogni campo del dataset Pascoli_Bolzano_BDN, la percentuale di record compilati.

Come si può notare dalla figura 6, questo dataset presenta struttura uguale a quello della BDN relativo ai pascoli del Veneto perché si tratta della stessa fonte dati. Sono presenti venti campi. Si ritengono di rilevante importanza i campi relativi alle coordinate spaziali, che permettono di geo localizzare gli edifici di malga e di creare un confronto con le posizioni puntuali derivate dalle coordinate del database ottenuto dalla Provincia autonoma di Bolzano. Avendo questo tipo di dato infatti è stato possibile importare in QGIS il file in formato .csv. Le coordinate geografiche ritrovate in tabella (geo referenziate nel sistema WGS84), sono disponibili per un numero molto ristretto di malghe (1,4%) e non fanno riferimento alla posizione dell'edificio di malga, probabilmente vogliono conferire un riferimento puntuale generico all'interno della superficie di pertinenza del pascolo legato alla malga. Non è stato possibile quindi effettuare una validazione GIS esaustiva delle posizioni geografiche delle malghe di Bolzano con questo file, vista la scarsa qualità del dato geografico.

Un fattore interessante da notare è che, ispezionando la tabella, è possibile imbattersi frequentemente in righe che presentano il medesimo codice CUA (codice di identificazione fiscale del responsabile, formato dal codice fiscale o dal numero di partita iva) ma differenti codici identificativi di azienda. Questo si verifica perché spesso in Alto-Adige coesistono diverse aziende di malga che fanno riferimento alla stessa area di pascolo. Questo fatto può verificarsi in larga parte per alcuni motivi: per esempio alla situazione in cui più proprietari di allevamento possiedono più allevamenti (con diversi codici di malga) ma i cui gli animali vengono pascolati in un'unica area, oppure ad un probabile legame di parentela tra due o più allevatori che sono quindi identificati dallo stesso codice di proprietario. Un terzo motivo può essere un possibile discordo tra due o più proprietari (detentori di animali) che hanno suddiviso le aziende ma mantenuto lo stesso codice di identificazione del responsabile. Un ulteriore possibile caso può essere un'area di pascolo pubblica che ospita animali da più aziende; infatti, le malghe di dominio pubblico ricoprono un'importante porzione del totale delle malghe del Trentino Alto-Adige. Infine, l'ultimo scenario possibile è quello in cui più allevatori alpeggiano i propri animali in un area che non è propriamente loro ma che viene messa a disposizione durante i mesi estivi, quest'ultima opzione è però di fatto meno probabile perché, come spiegato al capitolo introduttivo, in Alto-Adige, a differenza di altre regioni come ad esempio il Veneto, gli animali molto spesso non vengono trasferiti in alpeggio solo durante l'estate, ma vengono allevati tutto l'anno nelle casere della malga in quota, uscendo e pascolando nella stagione estiva e rimanendo prevalentemente all'interno nei mesi invernali.

Per alcune aziende zootecniche sono riportate anche alcune informazioni catastali come foglio catastale (FOGLIO_CATASTALE) e particella (PARTICELLA), che presentano una completezza dello 0,7%, la sezione e il subalterno invece sono presenti come campi (SEZIONE e SUBALTERNO) ma non sono presenti valori.

Si è integrato il dataset *Pascoli_Bolzano_BDN*, con un'altra serie di dati, derivati dal "registro pascoli" della BDN (tabella 8). Utilizzando i servizi web della BDN, si sono sviluppate procedure di interrogazione che hanno permesso l'estrazione dei dati dei registri di stalla dei singoli pascoli per poter effettuare il conteggio del numero di animali, secondo la tipologia, che sono stati alpeggiati nelle malghe dell'Alto-Adige a partire da gennaio del 2023. Di seguito, una tabella simile alle precedenti che illustra in dettaglio gli attributi aggiuntivi per ogni codice identificativo di malga.

Nome	Descrizione	Tipo	Numero record compilati
NR_BOVINI	Numero di bovini	Numero	1352
NR_EQUINI	Numero di equini	Numero	49
NR_OVICAP	Numero di ovi caprini	Numero	443
PAS_CODICE	Codice identificativo di malga	Alfanumerico	1352

Tabella 8 nome dei campi presenti nella tabella dei dati aggiuntivi al file 'Pascoli_Bolzano_BDN', descrizione, tipo, e numero di campi compilati.

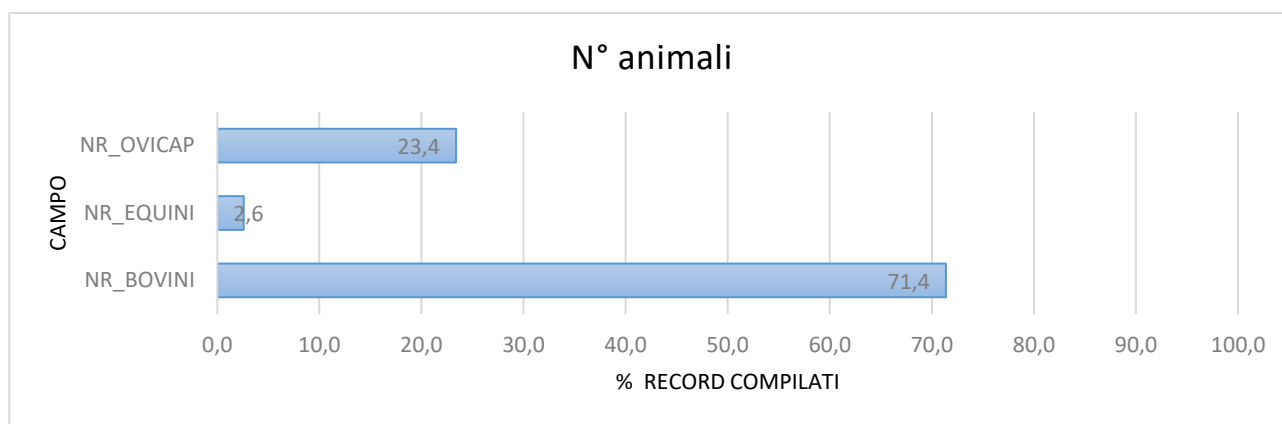


Figura 7 Grafico a barre che indica per ogni campo del dataset aggiuntivo relativo al numero di animali alpeggiati, la percentuale di record compilati.

L'unione delle due tabelle è avvenuta ancora una volta mediante il codice alfanumerico di identificazione malga.

Estrapolando alcune statistiche di base dai dati rappresentanti il numero di animali e la loro tipologia, è stato possibile da subito evidenziare che non è presente il numero dei suini in alpeggio, questa informazione di malga non è stata ritrovata. Non è possibile però essere certi che i dati rispecchino esattamente la realtà per via della possibile mancanza di informazioni in tabella, non è da escludere infatti che un'azienda abbia alpeggiato degli animali il cui numero non è poi stato riportato in questo dataset. Questa teoria è derivata dal fatto che in tabella sono presenti 417 aziende che non riportano alcun capo animale, dunque il 22% delle aziende non riporta alcun valore relativo all'alpeggio di animali nel 2023.

Ad ogni modo, considerando valido quanto riportato nel dataset, il 71,5 % delle aziende zootecniche presenta un dato numerico relativo agli animali pascolati dall'inizio dell'anno, Le aziende di equini e ovi-caprini hanno percentuali di completamento più basse (rispettivamente 2,6% e 23,4%). Si evidenzia però che esistono anche malghe ad alpeggio misto di specie animali (bovini-equini; bovini-ovi caprini; equini-ovi caprini; bovini-equini-ovi caprini).

Osservando i numeri in quantità di animali per specie (record non vuoti), è possibile stabilire che nel 2023, per quanto riguarda i bovini, il 27,9% delle aziende che pascolano bovini ha alpeggiato 30 o più di 30 capi, e il 7,8% ne ha alpeggiato 100 o più. Per gli equini il numero di animali pascolati è decisamente più basso; infatti, tutte le aziende di malga hanno alpeggiato non più di 30 capi all'anno. Infine, per quanto concerne il pascolo di ovi caprini, i numeri di animali pascolati si rialzano decisamente, precisamente il 58,6% delle aziende ha mandato al pascolo più di 30 capi all'anno, il 25,2% ne ha mandati più di 100 e solo circa l'1% il ne ha mandati più di 1000. Ci si aspetta naturalmente che la quantità di animali al pascolo per azienda sia direttamente proporzionale alla dimensione dell'azienda; più l'azienda presenta una grande superficie di alpeggio, più il numero di animali al pascolo tenderà all'aumento.

Si è ispezionato il secondo dataset, formato da alcuni file forniti dalla Provincia autonoma di Bolzano a seguito di una richiesta per posta elettronica e mediante una fornitura telematica di informazioni accompagnate da uno scambio di indicazioni informali.

La Provincia autonoma di Bolzano ha messo a disposizione dell'Istituto Zooprofilattico delle Venezie alcuni file vettoriali (shapefile) per iniziare un dialogo collaborativo tra gestione forestale e veterinaria. Questi file sono stati ispezionati e successivamente elaborati con l'obiettivo di creare una versione armonizzata i dati degli alpeggi provenienti dai loro archivi, con quelli della BDN delle Aziende Zootecniche precedentemente citati. I dati estratti e forniti riguardano la geolocalizzazione degli edifici di malga e la mappatura dell'area di pertinenza della malga stessa, in particolare sono stati conferiti:

- il file delle superfici "ad alpe" in Alto-Adige con uno shapefile contenente dati di tipo poligonale denominato *malg_AA*. Per tutela della privacy l'ufficio competente ha cancellato i codici di identificazione fiscale del responsabile e lo ha meramente sostituito con un numero progressivo (*N_A*), con il quale è possibile solamente comprendere quali poligoni fanno parte della stessa unità di malga.
- Lo shapefile contenente dati di tipo punto facenti riferimento alla georeferenziazione spaziale degli edifici rappresentanti le varie malghe (aziende zootecniche), denominato *almen_punkte*.

Si è analizzato il primo file (poligoni di malga), al suo interno si sono ritrovati i quattro attributi riportati nella tabella sottostante.

Nome	Descrizione	Tipo	Percentuale record compilati
N_A	Numero progressivo, codice sostitutivo del CUAA	Numero	100
CODE	Codice specie/zona produttiva	Alfanumerico	100
SHAPE_AREA	Area totale del poligono	Numero	100

Tabella 9 nome dei campi presenti nel dataset 'malg_AA', descrizione, tipo, e numero di campi compilati.

Un fatto estremamente positivo è dato dalla totale completezza dei record, in questa tabella infatti non sono presenti record nulli o vuoti. Questo file presenta un campo sostitutivo denominato *N_A* al fine di mascherare, per motivi di privacy interna della Provincia autonoma di Bolzano, il campo relativo ai codici di identificazione fiscale dei responsabili delle malghe. Questo ha impedito di poter legare in maniera univoca le geometrie presenti nel file inerente la superficie di malga con quello relativo alla localizzazione degli edifici di malga, impedendo pertanto un match di dati che avrebbe permesso di collegare informazioni utili e caratteristiche importanti per analisi più precise e significative, si approfondisce questo tema al capitolo successivo.

Importante sottolineare inoltre che la tabella contiene in totale 6754 record, questo perché ogni record non corrisponde ad un'azienda ma solamente ad una sua parte: si nota infatti che il campo univoco CODE racchiude nove codici delegati a rappresentare per ogni poligono corrispondente, le varie categorie di presenza di specie o di zone produttive differenti nel territorio del pascolo.

Il secondo dataset denominato *almen_puntke* e proveniente dalla Provincia autonoma di Bolzano è uno shapefile di georeferenziazione degli edifici delle varie aziende di malga composto da 1878 record, segue di seguito una tabella che ne descrive gli attributi:

Nome	Descrizione	Tipo	Numero record compilati
ID	Numero progressivo identificatore univoco dell'elemento	Numero	1706
FID	Numero progressivo identificatore univoco dell'elemento	Numero	1705
CUAA	Identificazione fiscale del responsabile	Alfanumerico	1705
RIF_DATE	Data di riferimento	Data	1706
Almkodex	Codice identificativo di malga	Alfanumerico	1735
Vorname	Cognome proprietario	Testo	1484
Name	Nome proprietario	Testo	1200
Name_Alm	Nome malga	Testo	1728
comune	Il comune dove si trova la malga	Testo	67
provincia	La provincia dove si trova la malga	Testo	67
regione	La regione dove si trova la malga	Testo	1485
x-koordina	Coordinata x WGS84	Numero	1485
y-koord	Coordinata y WGS84	Numero	1485

Tabella 10 nome dei campi presenti nel dataset 'almen_puntke', descrizione, tipo, e numero di campi compilati.

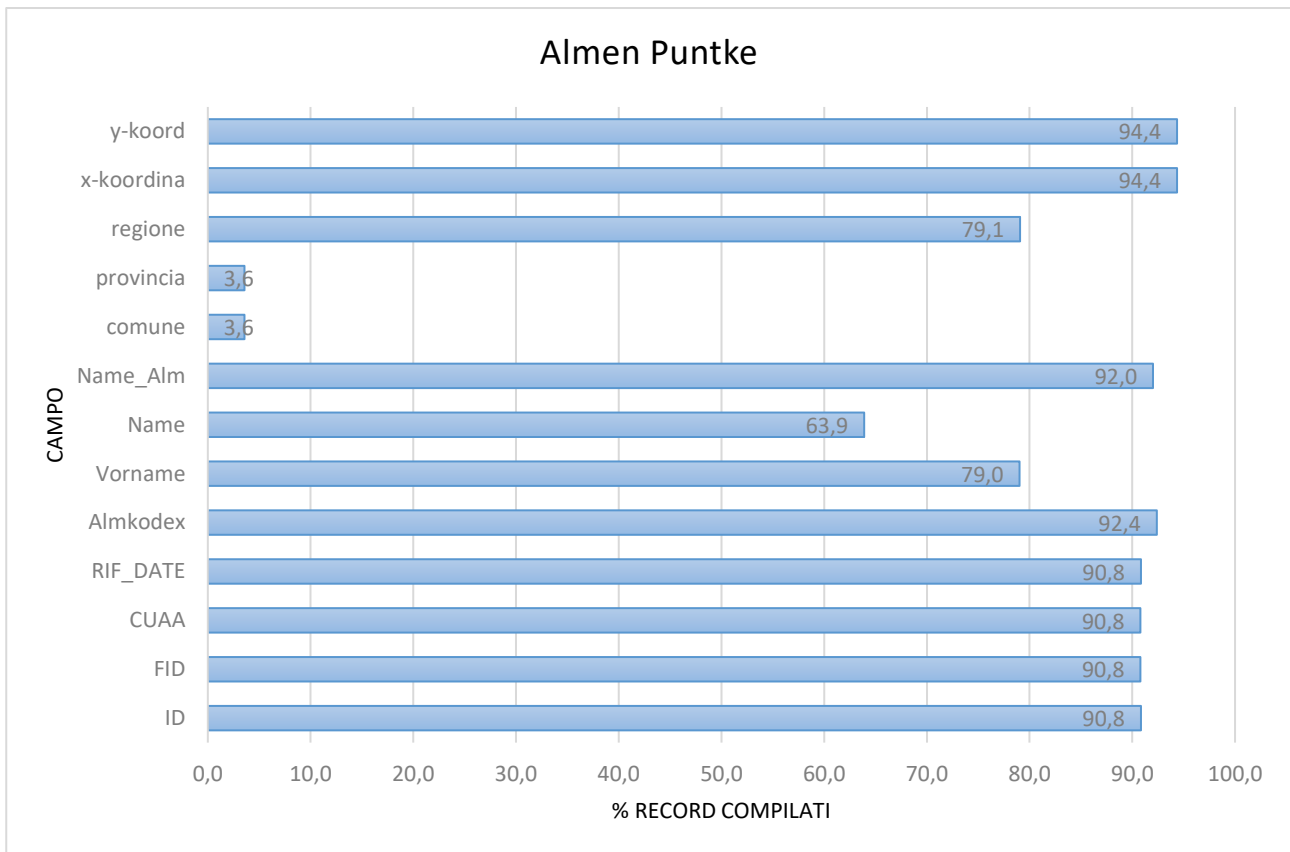


Figura 8 Grafico a barre che indica per ogni campo del dataset *almen_puntke*, la percentuale di record compilati.

Dal grafico in figura 8 è possibile notare che le coordinate geografiche di ogni geometria sono quasi totalmente disponibili nel sistema di riferimento ETRS89/UTM zona 32N, è possibile quindi georeferenziare e trasferire in mappa tutti i punti. D'altro canto, vi sono alcuni record il cui codice identificativo di malga non è presente. In questi casi è necessario rimuovere l'intero record dalle analisi in quanto, non avendo il principale riferimento descrittivo necessario per contrassegnare l'attività di malga, esso diventa di fatto inutile, essendo impossibilitati a effettuare confronti o ad aggiungere informazioni all'azienda. Anche in questo file si trovano codici fiscali identificativi dei responsabili ripetuti per diversi codici di malga, come già riscontrato nei dati della BDN, il fatto è dovuto al motivo sopra spiegato.

I dati della Provincia autonoma di Bolzano sono stati forniti senza nessun tipo di metadato ma sono stati esplicitati dal personale tecnico della Provincia autonoma di Bolzano.

Volgendo l'attenzione verso la componente prettamente geografica dei dati, sono stati caricati in QGIS entrambi i file (*malg_AA* e *almen_puntke*). Il file *malg_AA*, che si ricorda essere composto dalle geometrie poligonali rappresentanti le superfici di pertinenza delle malghe dell'Alto-Adige, è caricato correttamente e riproiettato nel sistema di riferimento geografico WGS84 (EPSG: 4326). Esso però, come suddetto, raffigura le superfici di malga suddivise da codici di specie/zone produttive, per esplicitare la superficie della malga nella sua interezza ed identificarla in un unico record/geometria. Si uniscono tutti i record e le relative geometrie, con lo stesso codice *N_A*, che rappresenta in modo indiretto il codice identificativo fiscale del responsabile della pertinenza di pascolo. Questa operazione è stata compiuta utilizzando la funzione '*dissolve*' presente nel software

QGIS. Si è ottenuto così un file denominato *perimetro_malghe_merge_N_A*, che contiene 2043 poligoni che corrispondono alle tutte superfici di pascolamento di malga in Alto-Adige, Naturalmente vengono eliminati dalla tabella i campi 'CODE' è SHAPE AREA', che contenevano dati relativi ai poligoni non uniti.

Dalla figura 9 è possibile notare che la forma delle geometrie appare a tratti particolare, nelle mappe di QGIS si nota che nelle forme dei vari poligoni appaiono ritagli di vario genere, inoltre si nota che non tutte le pertinenze poligonali riferite ad una stessa azienda zootecnica (punto) sono adiacenti, ma spesso ci si può imbattere in due o più geometrie della stessa area distaccate e lontane tra loro. Se ne deduce quindi che alcune aziende di malga si estendono per parecchi chilometri, ma attraversate da spazi adibiti ad altri usi, o da altre realtà.

Dopo aver caricato anche il file *almen_puntke* in un progetto QGIS (figura 9) si può notare che:

- i punti che rappresentano gli edifici di malga si dispongono per la maggior parte vicino o all'interno dei poligoni rappresentanti le geometrie di malga;
- spesso volte questi punti ricadono esattamente ove si possa ritrovare un buco o un ritaglio nel poligono della pertinenza di malga;
- di frequente si riscontrano più punti con diverso codice di malga nelle vicinanze della stessa area di malga, contrassegnata da un solo codice CUA (nel nostro caso numero N_A) o di due aree di malga adiacenti.



Figura 9 a sinistra una rappresentazione che mostra l'irregolarità delle forme delle aree di alpeggio, a destra una rappresentazione che illustra un poligono d'alpeggio e un'azienda zootecnica georeferenziata.

2.2.4 Confronto tra dataset della BDN e della Provincia autonoma di Bolzano

Il passo successivo nell'analisi qualitativa è stato un confronto, per quanto riguarda la tipologia e la qualità dei dati, operato tra il dataset fornito dalla BDN dell'Anagrafe Zootecnica e quella fornita dalla Provincia autonoma di Bolzano. Si sono confrontati quindi il file *Pascoli_Bolzano_BDN* dei pascoli dell'Alto-Adige precedentemente descritto, e quello denominato *almen_punkte*.

Mettendo a confronto, dunque, le tabelle dei due file, dopo averle esaminate singolarmente, ci si è resi conto da subito che il file della BDN presenta molti più campi del file ottenuto dalla Provincia autonoma. Inoltre i campi che contengono il codice identificativo di malga, il nome della malga e il codice di identificazione del responsabile sono presenti in entrambi i dataset, seppur con nome differente, pertanto il contenuto dei campi '*CODICE*', '*DENOMINAZIONE*' e '*RESP_ID_FISCALE*' per quanto riguarda in file *Bozen*, rispecchia rispettivamente quello dei campi '*Almkodex*', '*Name_Alm*' e '*CUAA*' del file *almen_punkte*. I campi riguardanti i codici ASL del comune, provincia e regione sono assenti nel file della Provincia, come del resto tutti i campi riguardanti i riferimenti catastali (seppur quasi vuoti anche quelli del file BDN) e i file relativi al numero di animali alpeggiati dal primo gennaio 2023, ricordando che sono stati aggiunti al dataset della BDN. I campi riportanti il nome e cognome del proprietario di malga o degli animali al pascolo ('*Vorname*', '*Name*') sono gli unici ad essere presenti solo nel file provinciale. Vi sono poi i campi che contengono le coordinate geografiche, espressi in sistemi di riferimento differenti, come già descritto. Il file della BDN presenta le coordinate di circa 25 aziende di malga, nel sistema di riferimento WGS-84; un numero molto basso rispetto ai 1894 record totali. Il file *almen_punkte* invece è completamente georeferenziabile, ogni record è quindi riconducibile ad un punto nello spazio.

Per quanto concerne la posizione geografica dei punti corrispondenti ai due file e si è riscontrato che i pochi record georeferenziati nel file della BDN (BDN) si discostano spazialmente in un range che va dai pochi metri ai 300 metri di distanza (intesa come distanza lineare nello spazio) rispetto a punti con lo stesso codice di malga del file della Provincia autonoma di Bolzano (figura 10).

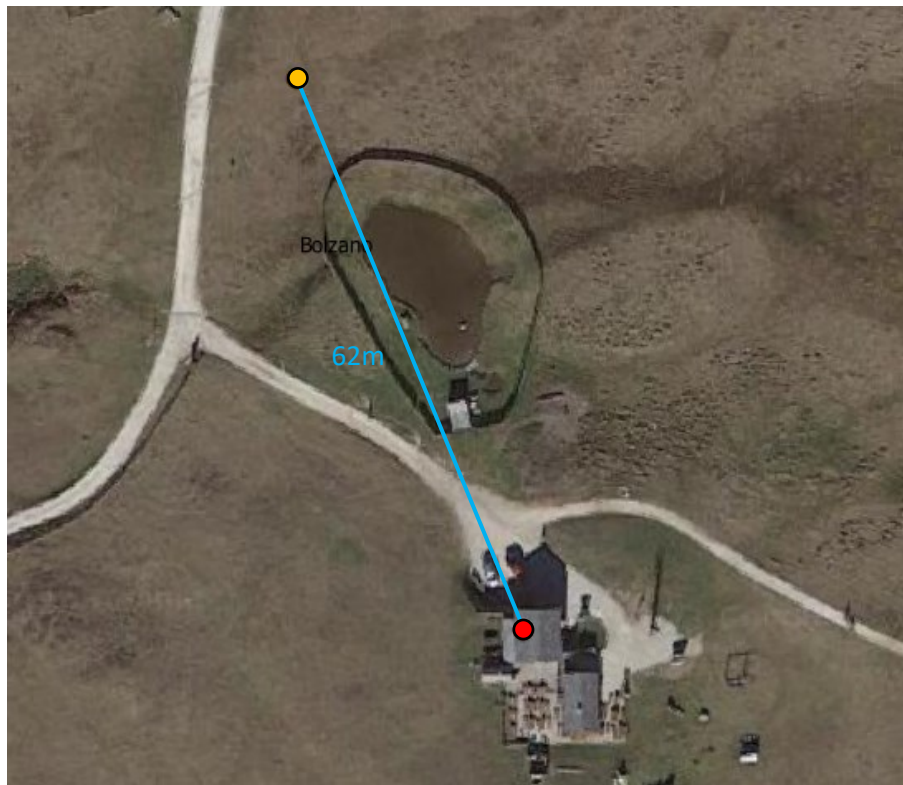


Figura 10 visualizzazione su mappa della stessa azienda zootecnica estratta dal dataset di BDN (in giallo) e derivante dalla Provincia autonoma di Bolzano (in rosso). La discrepanza tra i due punti è di circa 62 metri.

Dando uno sguardo ora al contenuto delle tabelle dei due file (quindi alla componente dei campi descrittivi), nel file della BDN sono presenti 1894 record, di cui 173 con codice malga che non si ripresenta nel file della provincia e ben 294 con il codice di identificazione del responsabile che non si ritrova nel file della provincia. Nel file della Provincia invece i record totali sono 7878, dei quali 294 presentano codice malga non ritrovato nel file proveniente BDN e 243 con codice di identificazione del responsabile che non si presenta nel file BDN.

Per il file da BDN, come previsto, non vi sono record con codice malga ripetuto, mentre per il file conferito dalla provincia vi sono 21 record con codice malga replicato. Questo fatto è anomalo in quanto si ricorda che il codice malga dovrebbe identificare l'attività di malga in maniera univoca.

Per concludere, si citano anche i record che presentano codice di identificazione del responsabile ripetuto: 141 per il file di BDN e quattro per il file provinciale. Come già ribadito al capitolo 2.4.2 non è anomalo ritrovare duplicati o ripetizioni per questo tipo di codice.

2.2.5 Carenza dei dati e mancata armonizzazione

Dall'ottenimento e analisi qualitativa dei dati riguardanti gli alpeggi relativi alle regioni Veneto, Friuli-Venezia Giulia e Trentino-Alto Adige si derivano alcune problematiche relative alla situazione generale dell'archiviazione e della gestione del dato:

- in primo luogo, sono state riscontrate delle mancanze di dati (geografici e non) relativi alle aziende zootecniche alpine nelle zone della regione Friuli Venezia-Giulia e Provincia autonoma di Trento.
- Per quanto riguarda il Veneto, alcuni dati richiesti non sono stati forniti dagli enti locali, probabilmente per questioni di policy interne.
- Per la Provincia autonoma di Bolzano sono state raccolte più informazioni, i dati raccolti sono più consistenti rispetto a quelli delle altre zone alpine ma si riscontrano alcune anomalie. Non tutte le aree alpine di pascolo mappate sono immediatamente riconducibili ad una ed una sola azienda, vicina geograficamente al poligono. Dal punto di vista spaziale quindi i dati risultano poco comprensibili, soprattutto per la mancanza, nel file poligonale, del campo di identificazione fiscale del proprietario (sostituito dal numero progressivo N_A), che permetterebbe di creare un legame (join) tra il file puntuale e quest'ultimo, di modo tale da riuscire ad associare in modo certo una o più aziende (punti rappresentanti gli edifici con codice di malga associato) all'area di pascolo degli animali. A questo si aggiunge l'incertezza della veridicità delle forme delle geometrie rappresentanti le pertinenze di pascolo per via della loro strana articolazione e della sovrapposizione di più poligoni nella stessa zona.
- In generale, risulta difficile avere un quadro esaustivo sulle attività di alpeggio mediante un dato geografico e qualche informazione, essendo alquanto complesse ed essendo molteplici ed intrecciate le dinamiche che intercorrono tra loro.

2.3 Elaborazioni dei dati spaziali delle malghe dell'Alto-Adige

Una volta appurato lo stato di fatto qualitativo dei dati per quanto riguarda la Provincia autonoma di Bolzano, è stata eseguita una serie di elaborazioni spaziali per cercare di associare in modo significativo ogni punto di georeferenziazione degli edifici di malga con i poligoni rappresentanti le zone dedicate al pascolo. I processi si basano su join spaziali, ovvero operazioni che prevedono l'associazione degli attributi di due file secondo regole derivate da distanze spaziali. Essenzialmente si stabiliscono delle connessioni tra geometrie in base alla loro vicinanza nello spazio. Il join spaziale consiste nel collegare due set di dati diversi basandosi sulla loro posizione spaziale. Questo tipo di operazione è utile per combinare informazioni da diverse fonti che sono collegate in base alla loro posizione geografica.

Vi è un set di dati principale, spesso chiamato "set di dati target". Questo set di dati contiene le entità di interesse, ad esempio il poligono di rappresentazione della pertinenza della malga. Vi è poi un set di dati "set di dati di origine" associato ad alcune geometrie. Nel nostro caso questo set di dati è associato ai punti di georeferenziazione degli edifici di malga, quindi l'informazione aggiuntiva che si desidera collegare alle entità nel set di dati di riferimento. Questa informazione è, in questo caso, il codice alfanumerico dell'azienda zootecnica.

Le operazioni di join sono state effettuate per attribuire alle aree di alpeggio alcuni attributi del file delle aziende zootecniche e sono state realizzate in base alla loro posizione spaziale, oppure creando dei buffer e trasferendo le informazioni prima al buffer e poi alle geometrie finali (le aree di pascolo).

Per eseguire il join spaziale è stata utilizzata la funzione di QGIS 'unisci attributi per posizione' (figura 11), questa funzione permette di selezionare in due menù differenti: il layer origine e layer target, nel nostro caso rispettivamente il layer puntuale delle aziende zootecniche e il layer dei poligoni di pascolo, il predicato geometrico necessario per creare un legame spaziale tra i due layer (*interseca, contiene, uguale, tocca, è contenuto, sovrappone, attraversa*), infine alcune funzioni aggiuntive ad esempio quali campi aggiungere e un eventuale prefisso per i campi aggiunti.

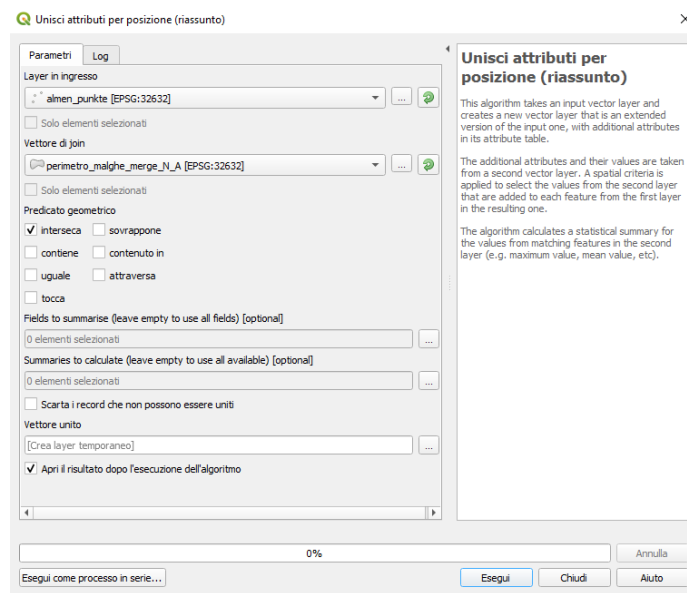


Figura 11 illustrazione del plug-in 'unisci attributi per posizione'.

Nel caso studio in questione, una volta caricati in QGIS i file *almen_punkte* (file di georeferenziazione puntuale delle aziende di malga), e *perimetro_malghe_merge_N_A* (file che contiene i poligoni di pertinenza di pascolamento) e operato una dissoluzione spaziale, è stato creato un join spaziale per i punti ricadenti all'interno delle geometrie, successivamente sono stati creati dei buffer concentrici sui poligoni per cercare di associare ogni punto ad un poligono di malga, il risultato desiderato è un layer con geometrie e campi uguali a quelle del file originario (file dei poligoni di alpeggio), con alcuni campi aggiuntivi che derivano dall'associazione spaziale con i punti, rappresentanti le aziende di malga. I campi aggiunti al layer sono: 'Almkodex' (codice di azienda agro-pastorale), Name_Alm (nome della malga), 'Vorname' (cognome del proprietario), 'Name' (nome del proprietario). Emergono però alcune problematiche di analisi seguendo quest'approccio:

- La canonicità corretta tra le feature delle aziende e le aree di pascolo, in molti casi sarebbe quello dell'uno a molti (un'area associata a più aziende). Si genererebbero dunque delle geometrie doppie ed uguali (con la stessa forma) indesiderate, ogni azienda di malga, quindi, non riuscirebbe ad essere associata ad una e una sola area adibita al pascolo, ma a molteplici, creando complicità nell'associazione di caratteristiche territoriali particolari alle attività di malga.

- In ogni caso, operando con un rapporto uno a molti, si genererebbero degli equivoci legati alla questione di non riuscire a discriminare se un'azienda è stata unita (mediante join spaziale) ad una pertinenza di malga, per via del suo effettivo legame o per via della sua semplice vicinanza geografica.
- La questione dell'incertezza nel determinare se un'azienda, che quindi si ricorda essere identificata da un punto e da un codice di malga univoco, che si trovi nelle vicinanze di due pertinenze di malga (quindi due poligoni) appartenga all'uno o all'altro (figura 12).

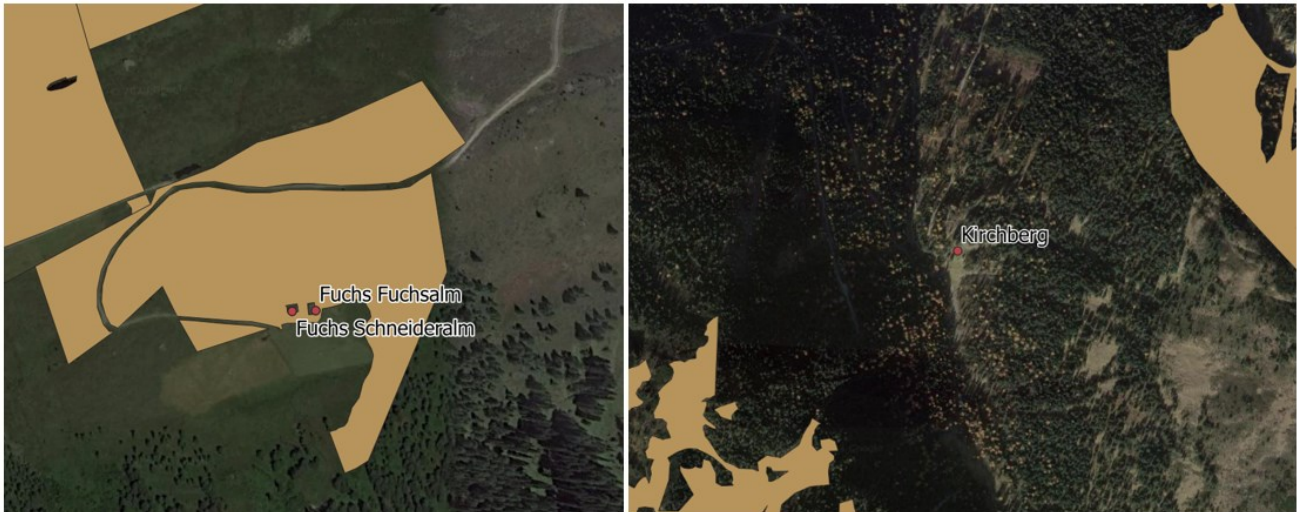


Figura 12 rappresentazione di due aree d'alpeggio, a sinistra un esempio della criticità pratica relativa alla presenza di più punti situati nei pressi o all'interno di una sola area, a destra un esempio della criticità relativa alla presenza di un punto che si trova a distanza simile tra due poligoni.

Per risolvere questi problemi è stato deciso di unire spazialmente solo le superfici di pascolo e le aziende la cui vicinanza reciproca fosse la più prossima rispetto a tutte le altre, accantonando così dalle analisi i poligoni di malga facenti inevitabilmente riferimento a due o più aziende, trasferendoli in un ulteriore file. È stato stabilito, facendo alcune stime a campione, che oltre i 200 metri il legame tra punto e poligono di malga sarebbe stato poco significativo, sono perciò rimasti indubbiamente esclusi (non associati) anche alcuni record per via dell'eccessiva distanza a qualsiasi punto. Si elenca di seguito il procedimento adottato:

1. eliminazione dal file *almen_punkte* di tutti i record che non presentano un codice di identificazione di malga;
2. generazione di un Join spaziale tra poligoni e punti che ricadessero al loro interno;
3. eliminazione dal file originale dei poligoni le geometrie già associate;
4. creazione di un buffer concentrico di 10 metri sui poligoni e realizzazione di join spaziale con i punti che ricadessero all'interno di tale buffer;
5. eliminazione dei poligoni già associati dal file origine;
6. ripetizione delle precedenti operazioni per buffer di 20; 30; 50; 100; 200 metri.

Alcuni punti, privi in partenza di codice di malga sono stati accantonati fin da subito.

2.4 Elaborazioni spaziali degli elementi territoriali legati alle aree di pascolo dell'Alto-Adige

Conclusa la sezione riguardante l'associazione spaziale, di un codice di malga alfanumerico ai poligoni di pascolamento dell'Alto-Adige, si impostano in questo capitolo una serie di ulteriori elaborazioni per derivare alcune informazioni spaziali associate all'area di pascolo, sotto forma ulteriori campi di varia tipologia, associati alle features di interesse. Quasi tutte le operazioni sono state effettuate utilizzando il software QGIS. In particolare, sono stati presi in considerazione l'uso del suolo, la pendenza, l'idrografia e l'idrosfera delle zone montane dell'Alto-Adige, facendo riferimento alle attività zootecniche di alpeggio e associando le informazioni e i risultati ottenuti per ogni poligono di malga, all'azienda che vi alpeggia i propri animali.

La prima operazione effettuata è stata la sistemazione della tabella attributi del file *poligoni_malghe_join*. Successivamente è stato effettuato il calcolo della superficie in metri quadrati e in ettari di ogni area di pascolo. Per fare ciò, in QGIS è possibile creare due nuovi campi di tipo *numero decimale* nella tabella attributi dello shapefile *poligoni_malghe_join*, e chiamarli *area_m2* e *area_ha*. La funzione '*calcolatore di campi*' si trova nella barra multifunzione in alto della tabella attributi e prevede di creare un nuovo campo, scegliendo tra alcune opzioni come il nome del campo in uscita, il tipo di campo e un'espressione che identifichi l'entità di quel campo. Nel caso in esame le espressioni per i due campi sono le seguenti: $\$area$ per l'area in metri quadrati e $\$area/10000$ per l'area in ettari (figura 13).

COD_MALGA	area_m2	area_ha
082BZ14P	16183,22	1,62
019BZ09P	75756,01	7,58

Figura 13 stralcio della tabella degli attributi del file *poligoni_malghe_join* dopo l'aggiunta dei due campi *area_m2* e *area_ha*.

È possibile osservare che ci sono territori di pascolo molto grandi, ma anche di dimensioni più ridotte; infatti, le aree ottenute risultano comprese fra 2325,60 ha e 77,52 m².

2.4.1 Corine Land Cover

Si è poi frazionato la superficie di malga secondo le classi del Corine Land Cover del 2018, al fine di attribuire ad ogni malga alcuni campi aggiuntivi, che esprimano le varie superfici di malga relative alle classi di uso del suolo. Corine Land Cover (CLC) è un programma europeo che fornisce informazioni dettagliate sulla copertura del suolo e l'uso del territorio. Si tratta di un sistema di classificazione standardizzato che consente di monitorare e analizzare i cambiamenti nell'ambiente naturale e antropico. Il CLC è stato sviluppato dall'Agenzia europea dell'ambiente (EEA) e viene aggiornato regolarmente. La versione del CLC del 2018 è l'ultima versione disponibile e rappresenta uno snapshot delle coperture terrestri e dell'uso del suolo in Europa nel 2018. Questo dataset è composto da una serie di categorie, o classi di copertura del suolo, come foreste, zone urbane, aree agricole, corpi idrici, prati. Queste categorie vengono assegnate a diverse aree geografiche attraverso l'uso di immagini satellitari e altri dati.

Una volta determinate le porzioni di area di pascolo corrispondenti ad una certa classe di CLC sarà possibile, infatti, ottenere informazioni circa le aree sulle quali gli animali in alpeggio potranno liberamente pascolare, e le aree sulle quali un determinato uso del suolo non permetterà loro di pascolare liberamente, o non offrirà un manto erboso adatto per un'alimentazione corretta (vedi capitolo 1.3.2). Si ricorda inoltre che si è osservata un'impossibilità nell'estrarre le zone di abbeveramento del pascolo da questo tipo di dataset territoriale, non sono infatti rappresentati nel CLC i bacini idrici, le pozze di approvvigionamento idrico, le sorgenti e i corsi d'acqua. Verranno condotte analisi con altri strumenti per tentare di individuare le entità idriche utili per l'approvvigionamento idrico al pascolo.

Si è caricato in QGIS uno shapefile di CLC dell'Italia denominato *U2018_CLC2018_V2020_20u1_Italy*, estratto dagli archivi dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie, e ritagliato per la zona di interesse, cioè Bolzano. Il fine è quello di ottenere una suddivisione spaziale di ogni superficie di malga mediante un'intersezione con il file di CLC, per mezzo dello strumento di QGIS 'intersezione' (figura 14).

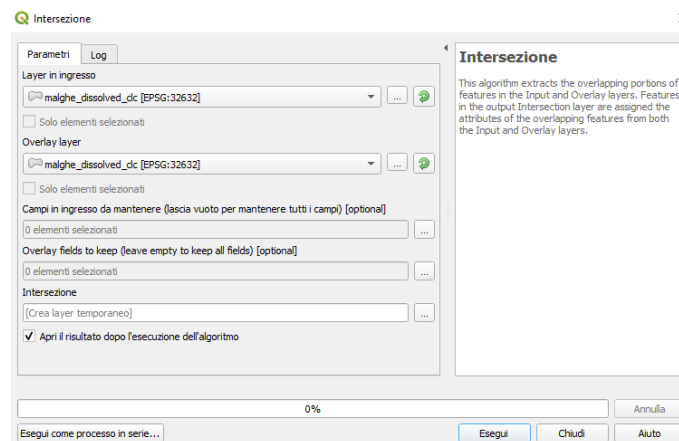


Figura 14 strumento 'intersezione' di QGIS.

Questo algoritmo assegna alle feature nel layer di intersezione di output gli attributi delle feature sovrapposte da entrambi i layer di input e sovrapposizione. Se, nel caso in esame, si inserisce il layer *poligoni_malghe_join* (file contenente i poligoni di malga) in ingresso, e il file *clc_b_2018* di CLC come file di overlay, si ottiene in output un file che comprende le geometrie del file di CLC ritagliate secondo i poligoni di alpeggio. Questo file presenterà gli stessi campi del file in ingresso, con un ulteriore campo che descrive la classe CLC a cui l'elemento geografico appartiene, inoltre il numero di record sarà maggiore dello shapefile *poligoni_malghe_join*, perché ogni geometria di quest'ultimo è stata suddivisa in varie parti, generando così un numero maggiore di geometrie.

Infine, si sono traslate le informazioni ottenute per i perimetri di pascolo in un solo record per area, è necessaria perciò un'aggiunta di tanti campi quanti sono le classi di copertura del CLC che ricadono all'interno dei poligoni di malga, con valori che esprimono:

- la superficie in ettari di ogni classe di CLC;
- la percentuale di area di pascolo corrispondente ad una determinata classe di CLC, rispetto all'area totale di pascolo di quell'azienda.

La prima informazione, era già stata ottenuta, la seconda invece è stata calcolata come in seguito.

Viene descritta di seguito la procedura raggruppamento CLC, ma adottata anche per le altre elaborazioni effettuata in R versione 3.5.3 (Matloff, 2011). Partendo da un dataset “lungo” (malga ripetuta 'n' volte quante le classi CLC che vi cadono dentro), ne è stato creato uno “largo” (una riga per malga con le diverse classi di CLC, espresse in percentuale e in ettari, divise per colonna). Il dataset di partenza riportava già i valori di CLC sia in termini di superficie (m² e ha) che in percentuale. Dal momento che nel dataset iniziale comparivano 18 classi di CLC, si è pensato di tenere solo quelle con maggior presenza, al fine di evitare che venisse creato in output un dataset con un numero eccessivo di colonne. A tale scopo, le malghe sono state raggruppate per classe di CLC, calcolandone la frequenza assoluta e la percentuale media di copertura della malga. Per velocizzare le operazioni di calcolo, è stata rimossa la componente geometrica dal dataset delle malghe. Si è scelto, in via del tutto empirica, di selezionare solo le classi di CLC che comparissero almeno cinque volte e che presentassero una copertura in percentuale pari almeno a cinque, in questo modo, sono state dimezzate le classi di CLC (da 18 a 9). È importante sottolineare che tutte le superfici di malga (1256 features) presentano almeno una di queste nove classi filtrate. I valori ottenuti delle nove classi di CLC sono stati salvati in percentuali ed in ettari.

2.4.2 Classi di pendenza

Si sono classificate le aree di pascolo secondo tre classi di pendenza, per ottenere delle stime rispetto all’acclività dei terreni.

Secondo (Gusmeroli F, 2002) le bovine adulte pascolano bene fino a pendenze del 40-45%, i giovani bovini fino al 60% e gli ovi-caprini fino al 80%. Si sono acquisite quindi, per ogni superficie di pascolo del file *poligoni_malghe_join*, le aree e le percentuali rispetto all’area totale, con pendenza:

- minore del 40%
- compresa tra il 40 e il 60%
- compresa tra il 60 e l’80%
- maggiore del 80%

Volendo impostare una classificazione indicativa delle aree di pascolo superiori o inferiori ad una certa soglia di pendenza.

Per ricavare le informazioni circa la pendenza dei versanti nei quali sono situate le aree si è utilizzato il Digital Elevation Model (DEM): una generica superficie statistica in cui ad un numero finito di coppie (X, Y) viene attribuita un’elevazione, una Z corrispondente. Un DTM, (Digital Terrain Model), è una rappresentazione DEM su una superficie geografica specifica. Esso, rappresenta l’andamento della superficie del suolo senza gli elementi antropici e vegetazionali, al contrario un DSM (Digital Surface Model) tiene in conto anche degli elementi antropici e vegetazionali come ad esempio edifici o alberi, concetti illustrati in figura 15.

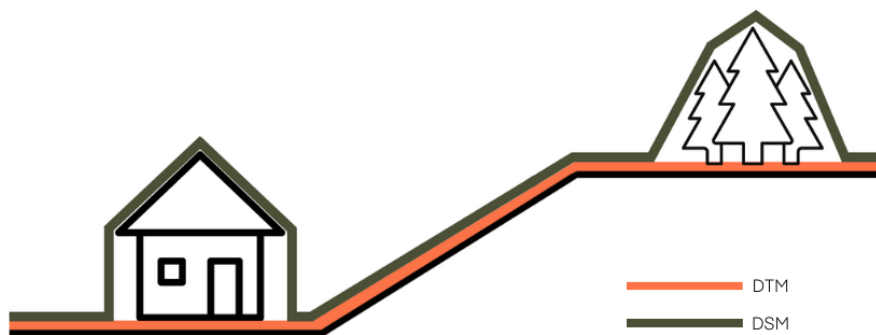


Figura 15 raffigurazione schematica del concetto di DTM (<https://www.heliguy.com>).

In un raster DTM i dati sono organizzati in una griglia regolare le cui celle, o pixel, contengono un valore altimetrico rappresentante l'elevazione del terreno.

Il file in uso è stato estratto dal set di dati EU-DEM versione 1.1 del programma Copernicus. Dopo aver ritagliato secondo il poligono della Provincia autonoma di Bolzano il file appena menzionato, lo si è convertito in un "file di pendenze": Il tool di analisi raster 'pendenza' in QGIS permette di calcolare la pendenza di una superficie rappresentata da un raster DTM. La pendenza è generalmente espressa come l'angolo di inclinazione della superficie rispetto alla linea orizzontale.

Si seleziona il raster di input (il file DTM ritagliato), dove si desidera salvare il raster di output ed eventuali altre opzioni, come l'unità di misura dell'output (si seleziona l'opzione in percentuale). Una volta completato il processo, è stato creato un nuovo raster (*pendenza_bolzano*) che rappresenta la pendenza della superficie. Per poter visualizzare il raster di pendenza in modo più chiaro, è possibile applicare una simbologia di colore che evidenzi le variazioni di pendenza. Ad esempio, le pendenze più ripide potrebbero essere rappresentate con colori più scuri. Questo file raster è stato utilizzato per generare tre ulteriori file raster che selezionino solo i valori di pendenza desiderati. Sono stati creati quindi quattro raster binari monobanda sulla base di tre espressioni capaci di diversificare tre classi di pendenza, a partire dal raster originario, mediante il calcolatore raster presente in QGIS.

Le quattro espressioni utilizzate sono le seguenti:

- *pendenza_bolzano* <= 40
- *pendenza_bolzano* > 40 and *pendenza_bolzano* <= 60
- *pendenza_bolzano* > 60 and *pendenza_bolzano* < 80
- *pendenza_bolzano* >= 80

Si sono convertiti poi i tre file in formato vettoriale attraverso la funzione QGIS 'rasterizza' (da vettore a raster), così da ottenere una configurazione più utile per ritagliare all'interno del file poligonale delle aree pascolive, le zone che ricadono in tali classi. Si è ottenuto così un file che sarà

composto da più record con lo stesso codice di azienda, con un'aggiunta di un campo che esprime la superficie in ettari per ogni geometria, la cui pendenza corrisponde ad una classe di quelle selezionate.

Infine, mediante la stessa procedura effettuata per le classi di copertura del CLC nel software statistico R, si sono riportati in riga i dati contenuti in più record, aggiungendo ad ogni singola feature del file *poligoni_malghe_join* le informazioni delle quattro classi di pendenza mediante quattro nuovi campi.

Idrosfera

In questo studio ci si è concentrati molto a cercare di individuare quale fosse il sistema più diffuso e comune di approvvigionamento idrico del bestiame al pascolo per quanto riguarda gli alpeggi ma, come si riporta al capitolo 1.3.1, ogni zona montana ha adottato diversi sistemi di abbeverata per il pascolo nel tempo, dipendentemente dalle tradizioni, dall'assetto territoriale e da questioni legate alla disponibilità di un metodo rispetto ad un altro.

Nelle zone montane dell'Alto-Adige non vengono utilizzate principalmente le pozze d'acqua per fornire acqua al bestiame, ma si impiegano maggiormente altri metodi come le acque derivanti da pozzi o da sorgenti naturali, negli alpeggi del Veneto invece le pozze ricoprono ancora un ruolo fondamentale per l'approvvigionamento idrico al pascolo. Non solo i sistemi di abbeverata al pascolo mutano da regione a regione, ma possono facilmente variare ed inter cambiarsi anche da pascolo a pascolo anche in relazione al periodo stagionale. Va da sé che, siccome non è possibile stabilire a priori il metodo di abbeverata utilizzato per gli alpeggi con esattezza, si è considerato per le analisi ogni elemento idrico territoriale potenzialmente utile a questo scopo. Si ribadisce infine, come specificato al capitolo 1.3.1, che la pozza d'alpeggio è intesa come entità idrica che potrebbe assumere un ruolo di rilevante importanza in situazioni siccitose, dove uno stock idrico di riserva si potrebbe rivelare utile per le situazioni idriche emergenziali durante il periodo dell'estivazione.

Le analisi territoriali che seguono hanno lo scopo di esaminare ogni risorsa idrografica disponibile, nonché di importanza per quanto concerne l'abbeveramento del bestiame dei pascoli della Provincia autonoma di Bolzano, che possano in un qualsivoglia modo essere associate all'abbeveramento del bestiame al pascolo. Si estrarranno ed esamineranno i dati disponibili, relativi alle sorgenti e ai corsi d'acqua di rilevante interesse, e si ricercheranno secondo vari approcci le entità idriche con dimensioni e, in generale, caratteristiche riconducibili alle pozze di abbeveraggio nelle malghe altoatesine.

2.4.3 Sorgenti

Come prima operazione, si è scaricato dal Portale Cartografico dell'Alto-Adige (Rete Civica dell'Alto-Adige), dalla sezione *Natura e Ambiente, Idrologia*, lo shapefile *Springs_Point*, shapefile composto da geometrie puntuali che mappa con un punto ogni sorgente all'interno della Provincia autonoma di Bolzano. Tra gli attributi di questo file è presente il campo 'USAGE_IT', che riporta in lingua italiana i vari tipi di utilizzo di ciascun punto sorgente. Dopo aver quindi filtrato il layer rimuovendo le sorgenti ad uso industriale, come forza motrice, per neve artificiale, per l'irrigazione e per gli impianti elettrici con lo strumento 'filtra' di QGIS, si sono relazionate spazialmente il numero di punti

(sorgenti) che ricadono in ogni poligono di malga con il file *poligoni_malghe_join*, attribuendo ad ogni feature (poligoni di pascolo) e tramite un nuovo campo, un valore numerico corrispondente al numero di punti (sorgenti) che ricadono all'interno dello stesso. Per effettuare questa operazione è stato utilizzato il tool 'conta punti nel poligono' presente in QGIS, che genera un nuovo campo nominato *num_sorg* di tipo numero interno.

2.4.4 Corsi d'acqua

Proseguendo le analisi, si sono ricercati i corsi d'acqua principali e secondari delle zone degli alpeggi, per attribuire ad ogni area di pascolo il numero e la lunghezza dei corsi d'acqua che ricadono al suo interno.

- Nel Geo portale dell'Alto-Adige si trova uno shapefile rappresentante i corsi d'acqua principali e secondari ricadenti nell'area della Provincia autonoma di Bolzano (*HY.PhysicalWaters.Waterbodies_line*);
- si estrae dal Portale Cartografico Nazionale (PCN) il file *PCN_Corsi_Acqua*.

Le geometrie dei due file coincidono con una precisione molto alta, si sceglie pertanto per le analisi degli elementi idrici, di prendere come riferimento il file della BDN *PCN_Corsi_Acqua*.

È stato attribuito ad ogni perimetro di pascolo (file *poligoni_malghe_join*), il numero e lunghezza totale in metri delle linee che attraversano le feature del file *PCN_Corsi_Acqua* (rappresentante corsi d'acqua principali e secondari). L'operazione è stata presto fatta utilizzando l'algoritmo 'somma lunghezza linee' in QGIS. Questo algoritmo, utilizzando in input un layer di poligoni e un layer di linee, misura la lunghezza totale delle linee e il numero totale di esse che attraversano ogni poligono.

2.4.5 Identificazione delle pozze d'acqua.

Vista al capitolo 1.3 l'importanza di mantenere le pozze d'alpeggio sia al fine di garantire un approvvigionamento idrico per gli animali al pascolo in situazioni di approvvigionamento idrico emergenziali, sia per conservare il valore naturalistico e della biodiversità delle maghe e l'elevata biodiversità che questi laghetti contribuiscono a mantenere; in questa sezione si è cercato di determinare una metodologia GIS che permettesse di rilevare in modo efficiente queste entità idriche nelle zone montane dell'Alto-Adige. Attraverso alcune ricerche, è stata ispezionata una serie di caratteristiche che avrebbero potuto permettere di fare alcune distinzioni tra i corpi acquatici che, si presume, possano essere adoperati per il supporto idrico del pascolo (come rifornimento per gli abbeveratoi o come pozze naturalistiche), e tutto il resto dei corpi idrici ad altre destinazioni d'uso.

Allo scopo quindi di mettere in risalto le pozze d'acqua dedicate all'abbeveramento o, più in generale, all'approvvigionamento idrico al pascolo, si è adottato dapprima un approccio remote sensing, nel caso di questo studio mediante l'utilizzo di indici spaziali ottenuti attraverso la combinazione di bande a partire da immagini della superficie terrestre. L'obiettivo è stato l'espressione:

- del numero di entità idriche totali (pozze) associate spazialmente ad un codice di malga;

- della percentuale di superficie idrica associata ad un'area dedicata al pascolo, rispetto alla superficie totale della stessa.

Le prime prove di estrazione di immagini satellitari per la creazione degli indici spaziali utili per il rilevamento delle matrici acquose nella superficie terrestre sono state effettuate con il plug-in SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin Documentation, 2022*), scaricato all'interno di QGIS. L'obiettivo era estrarre un'immagine che ben si presti ad alcune prove conoscitive di implementazione di questi indici spaziali. L'estrazione di immagini satellitari con SCP consente di importare dati geospaziali provenienti da fonti remote come server FTP, server SSH e server SCP direttamente nell'ambiente di lavoro di QGIS. Questo plug-in facilita il recupero e l'utilizzo di immagini satellitari per analisi, elaborazioni e visualizzazioni all'interno del software QGIS. Nella finestra di dialogo del plug-in, una volta definita una ROI (Region Of Interest), è stato possibile navigare tra i server remoti configurati e selezionare le immagini satellitari desiderate. È stato anche possibile visualizzare l'anteprima delle immagini e specificare i parametri di recupero, come la risoluzione, l'area di interesse e il formato del file. Dopo aver selezionato le immagini satellitari, si importano direttamente in QGIS. Il plug-in gestirà il trasferimento dei file dal server remoto al computer locale e li importerà come layer raster all'interno del progetto QGIS.

Questo tool però non offre la possibilità di effettuare una miscelanea di immagini, pertanto un'unione di più immagini di diversa posizione geografica e diversa datazione temporale contenute in una raccolta, che vengono rappresentate come un unico render. Questo permetterebbe di utilizzare le caratteristiche più utili di ogni immagine (ad esempio l'assenza di nuvole e l'assenza di ombreggiatura) per ottenere un risultato maggiormente fruibile per il calcolo di indici spaziali. Nel caso in esame, sono state estratte alcune immagini di Sentinel-2 del 2022 che si posizionassero nella zona geografica di interesse (la Provincia autonoma di Bolzano). Allo scopo di effettuare una prova di implementazione di alcuni indici spaziali, per osservare se siano essi utili per gli scopi descritti (individuare le matrici acquose), è stato preso come riferimento iniziale una sola immagine satellitare, estratta e acquisita da Sentinel-2, datata 20/08/22 e che copre gran parte del territorio dell'Alto-Adige. L'immagine è stata selezionata con cura per evitare impedimenti quali per esempio la copertura nuvolosa. Si ricorda che ogni immagine è formata da celle che indicano un valore corrispondente a ciò che il satellite ha acquisito durante il rilevamento. I valori dei pixel rappresentano la radianza e sono tipicamente adimensionali o espressi in scala unitaria, l'immagine è quindi di tipo 1B (*Top-Of-Atmosphere radiances in sensor geometry*). Per ottenere valori quantitativi in unità di misura fisiche come la riflettanza, è stato necessario applicare una calibrazione radiometrica alle immagini, utilizzando informazioni fornite da sensori remoti o strumenti di acquisizione dati. Questa calibrazione ha consentito di convertire i valori dei pixel, cioè valori digitali) in unità di misura fisiche appropriate. L'immagine ottenuta è così del livello di qualità 1C (*Top-Of-Atmosphere reflectances in cartographic geometry*). È stata applicata in seguito una correzione atmosferica utilizzando SCP che converte l'immagine 1C in immagine 2A (*Atmospherically corrected Surface Reflectances in cartographic geometry*). La risoluzione di questa immagine è 30 metri. L'immagine satellitare scelta per le prove non presenta copertura nuvolosa, non è necessario applicare quindi alcun tipo di cloud correction, se così non fosse si consiglia di seguire (Zhu and Woodcock, 2012).

Sono stati calcolati in QGIS i seguenti quattro indici spaziali per la rilevazione delle entità idriche dell'alpeggio, come indicato nella tabella 11.

Indice	Acronimo	Formula	Riferimento bibliografico
Normalized Difference Moisture Index	NDMI	$NDMI = \frac{RED - NIR}{RED + NIR}$	(Zhang et al., 2016)
Water ratio Index	WRI	$WRI = \frac{GREEN + RED}{NIR + SWIR2}$	(Mukherjee and Samuel, 2016)
Modified Normalized Different Water Index banda 11	MNDWI_swir11	$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR11}{GREEN + SWIR11}$	(Ko et al., 2015)
Modified Normalized Different Water Index banda 12	MNDWI_swir12	$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR12}{GREEN + SWIR12}$	(Ko et al., 2015)

Tabella 11 schema che descrive gli indici spaziali calcolati per l'individuazione delle pozze d'acqua nelle zone montane.

L'indice AWEI (Automated Water Extraction Index) non è stato considerato in quanto risultato poco indicativo. È stato selezionato un range di riflettanza scelto indica una coppia di valori di soglia minima e massima per i quali è stato possibile individuare le zone di acqua nel territorio. Questo range è stato implementato per ogni indice consultando (Ji et al., 2009), ma anche effettuando personalmente alcuni test, attraverso il confronto con il layer di base di OMS e con le immagini satellitari, ricercando il dettaglio di confine tra l'area di acqua e quella di non-acqua. Una volta individuati i pixel di confine tra l'entità acqua e l'entità terreno (per il valore di riflettanza minore) e di confine tra l'entità acqua e l'entità neve (per il valore di riflettanza minore) grazie al layer OMS standard, se ne sono individuati i valori, utili per impostare le soglie inferiori e superiori per ogni indice e la distinzione tra zone acquose e zone non acquose (figura 16).

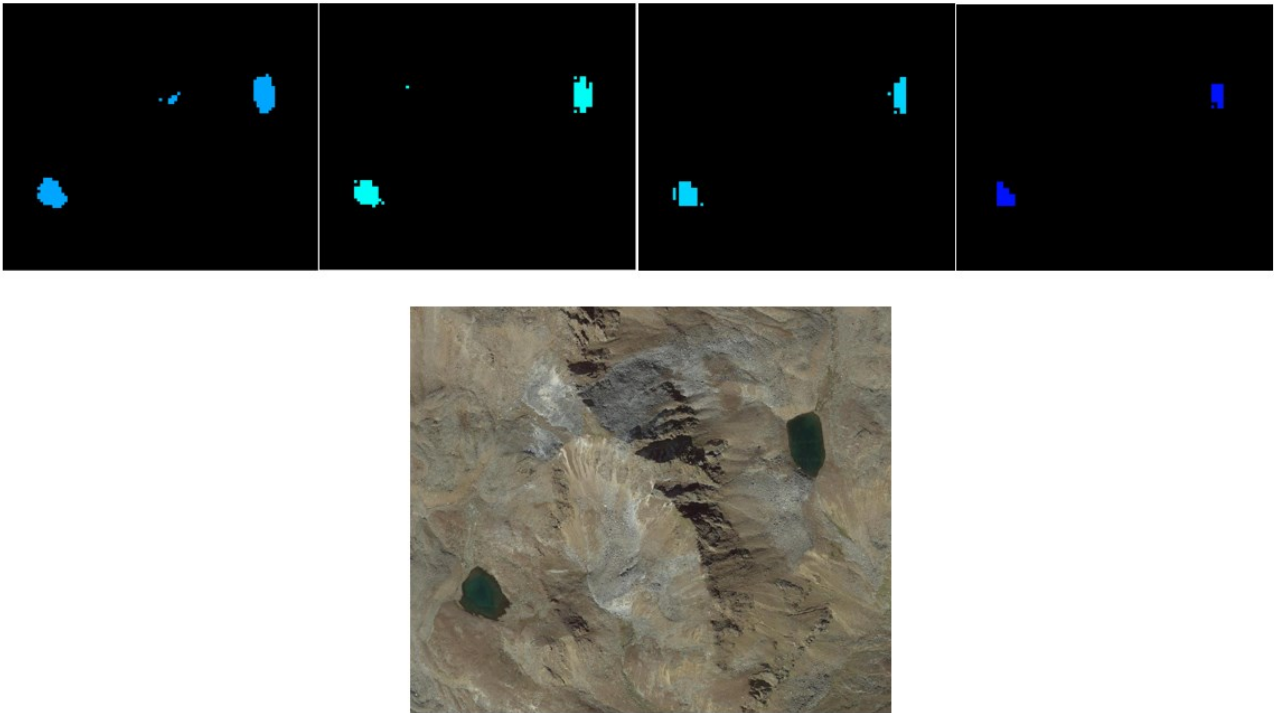


Figura 16 zona montana significativa dove vi sono delle pozze d'acqua e nella quale si può osservare l'implementazione dei quattro indici spaziali (da sinistra indice NDMI; WRI; MNDWI SWIR11; MNDWI SWIR12) e un riferimento dato da un'immagine satellitare (Google satellite). Lo specchio d'acqua a sinistra ha un'area di 8062 m², mentre quello a destra di 8753 m².

Si è provato in seguito ad adottare un approccio vettoriale per estrapolare le pozze dal territorio montano dell'Alto-Adige. Si sono esaminati i dataset idrografici ottenuti dal Portale Cartografico Nazionale (PCN), e quello OSM. Anche se il dataset derivante da PCN è riconosciuto come portale ufficiale italiano, si utilizza il dataset estratto da OSM perché più esaustivo in termini di dati, infatti il file derivante dalla PCN risulta contenere solamente 26 record, un numero molto ridotto di geometrie.

Il file proveniente da OSM è stato scaricato mediante il plug-in Quick OSM. Utilizzando questo strumento, dunque, si sono effettuate nella finestra 'richiesta rapida' una richiesta al server per l'estrazione di tutti i corpi d'acqua nella Provincia autonoma di Bolzano, dopo varie prove si delinea la query corretta:

```
node["natural"="water"](area.area_0);
way["natural"="water"](area.area_0);
relation["natural"="water"](area.area_0);
);
(._;>);
out body;
```

Dopo qualche secondo, il file richiesto, denominato automaticamente *Natural_Water_Bolzano*, apparirà direttamente nella finestra di QGIS. La tabella degli attributi di questo shapefile non è

indicativa ma si sono cercate di estrapolare tutti le pozze d'alpeggio discriminando le entità per superficie. Secondo Giovannini Giovanni and Giovannini Prisca, 2015, difficilmente la dimensione delle pozze d'alpeggio supera i 400-500 m²; tuttavia, per non voler escludere bacini potenzialmente utilizzati per l'approvvigionamento idrico degli animali, come ad esempio il rifornimento per corsi d'acqua secondari o per gli abbeveratoi o alcuni stock di dimensioni più elevati, si è scelto un massimo valore di 1500 m² per distinguere le features del file di OSM.

Si è proceduto quindi aprendo il calcolatore di campi e creando un nuovo campo (*ha_pozza*), dove si calcolerà l'area in ettari delle geometrie.

Una volta calcolata l'area delle pozze, è stato effettuato ancora una volta un join spaziale come quello del capitolo 2.4, utilizzando le stesse modalità e gli stessi settaggi della finestra del plug-in '*unisci attributi per posizione*'. L'unico parametro modificato è la lunghezza del raggio del buffer creato attorno alle geometrie delle aree d'alpeggio, che in questo caso è di dieci metri. Questa operazione è stata necessaria per selezionare ed estrarre solo le pozze d'acqua che si trovano geograficamente vicine alle superfici di pascolo (massimo dieci metri) o che cadono al loro interno, ma anche per "agganciare" ad ogni feature rappresentante il corpo idrico, il codice di azienda di pascolo, precedentemente associato alle geometrie dei pascoli del file *poligoni_malghe_join*, che contiene tali corpi idrici. In questo modo è stato possibile attribuire alcuni campi aggiuntivi al file rappresentante le aree di pascolo, descrittivo per il numero e la superficie totale delle pozze d'acqua per ogni geometria.

2.5 Il Sistema Informativo Territoriale per le malghe

Un Sistema Informativo Territoriale è uno strumento per la gestione e l'analisi dei dati geografici, un insieme di componenti hardware, software, umane ed intellettive per acquisire, processare, analizzare, immagazzinare e restituire in forma grafica i dati riferiti ad un territorio. Nel caso in esame, il Sistema Informativo Territoriale è inteso come l'idea dell'insieme tra il modello dati per la gestione integrata dei dati degli alpeggi tradotta in un geodatabase ricco di informazioni geografiche e attributi e la pubblicazione dei dati al momento disponibili in un visore GIS che permetta la visualizzazione dei dati, la loro interrogazione ma anche la modifica e il completamento di quelli non ancora presenti, errati o da aggiornare.

2.5.1 Modello geodati per gli alpeggi

Come esplicitato nell'introduzione, quando si parla di modello geodati, si intende un insieme strutturato di strumenti utili per rappresentare la realtà in modo organizzato e coerente, con una struttura concettuale per organizzare dati (elementi geografici e attributi) all'interno di un database. Un modello dati geografici include diverse informazioni, come coordinate geografiche (informazioni necessarie per definire la posizione geografica di una geometria nello spazio), attributi (dati associati a punti, linee o poligoni sulla superficie terrestre) e relazioni spaziali (connessioni geometriche e topologiche tra oggetti o entità geografiche nello spazio che descrivono come essi si trovano e interagiscono tra loro).

Il modello dati elaborato viene implementato in un database relazionale. Un database relazionale è un sistema di gestione dei dati che organizza le informazioni rispettando il modello logico (Gallo, n.d.). I dati di un modello logico-relazionale sono concettualmente separati nelle loro componenti costitutive essenziali: entità e relazioni. Le **Entità** sono gli oggetti che compongono il modello dati e che sono poi rappresentate dai dati (in forma tabellare); le **Relazioni** rappresentano le interconnessioni tra i vari elementi e le eventuali dipendenze. Il modello ispirato a queste considerazioni è noto come modello Entità Relazioni (ER). Entità e relazioni hanno delle proprietà che possono essere espresse in termini di attributi/valori. L'insieme dei valori degli attributi sono chiamate istanze delle entità. I database relazionali seguono il modello relazionale, basato sulle regole di Codd, che stabilisce una struttura logica per l'organizzazione dei dati. Le relazioni tra le entità sono definite attraverso chiavi che identificano univocamente le tuple (righe), consentendo la creazione di collegamenti tra dati correlati. Le chiavi più comuni includono:

- **Chiave Primaria** (primary Key): Questa è la chiave principale di una tabella e viene utilizzata per identificare in modo univoco ogni riga in una tabella. Deve contenere valori, unici e non nulli.
- **Chiave Esterna** (foreign Key): Questa è una chiave che fa riferimento a una chiave primaria in un'altra tabella. È utilizzata per stabilire relazioni tra tabelle, consentendo di collegare dati in modo coerente. I valori della chiave esterna in un'entità possono ripetersi.
- **Chiave univoca** (unique key o unique constraint): vincolo di integrità dei dati in un database relazionale. Una chiave univoca è simile a una chiave primaria nel senso che deve contenere valori univoci in una colonna o un insieme di colonne all'interno di una tabella. Tuttavia, a

differenza di una chiave primaria, una chiave univoca non è designata come chiave principale della tabella e quindi può consentire valori *NULL*.

La cardinalità delle relazioni invece viene specificata per ciascuna entità che partecipa a una associazione e indica quante volte un elemento di una di queste entità può essere legato ad elementi delle altre entità coinvolte nell'associazione, ad esempio nel caso del modello geodati studiato per le malghe, si osserva una cardinalità 1: 1 tra le entità rappresentanti le aziende zootecniche e le aree di pascolo, e le rispettive tabelle esterne, mentre si ritrova una cardinalità 1: N tra l'entità delle aree di pascolo e quella delle aziende zootecniche.

Il modello geodati relazionale proposto ha lo scopo di organizzare tutte le informazioni e i dati analizzati ed elaborati finora, per permettere al personale forestale e veterinario la gestione integrata degli alpeggi facilitando la pianificazione, il monitoraggio e la prevenzione sanitaria. Appurato che un modello dati di questo tipo ha l'intento di rappresentare la realtà in modo schematico ed organizzato (nel nostro caso le dinamiche degli alpeggi nella zona delle Alpi Orientali), viene da sé l'esigenza di semplificare e circoscrivere in modo mirato le informazioni da archiviare per ogni aspetto ritenuto informativo in questi ambiti. È stata studiata quindi una struttura dati che vuole avvicinarsi ad una gestione semplice ma allo stesso tempo efficiente per questo tipo di risorse informative, nonostante la complessa eterogeneità dei dati abbia richiesto alcune semplificazioni ed assunzioni basate sull'esperienza veterinaria dell'IZSVE e sulle ricerche effettuate di persona. Si ricorda tuttavia che questo modello è predisposto per essere modificato ed arricchito a fronte di nuove richieste o nuove necessità. Si vuole quindi considerare questo lavoro come un progetto dinamico e in continua evoluzione nel tempo, che permetta il suo aggiornamento continuo. I dati implementati nel database verranno infine visualizzati su un visore WebGIS.

2.5.2 Descrizione del modello dati e implementazione del Geodatabase

Il modello concettuale è stato formulato in accordo con quanto detto precedentemente, la scelta degli attributi e l'organizzazione delle entità/relazioni si appoggia alle assunzioni fatte finora per quanto riguarda gli alpeggi. Le considerazioni sono state assunte confrontandosi con la bibliografia di riferimento, i report zootecnici e le schede di malga, dove si possono trovare numerose informazioni in merito alle malghe.

Importante per implementare un database relazionale è lo studio di un modello logico-relazionale dei dati che riesca ad archiviare le informazioni e a relazionarle in maniera intelligente fra loro. Di seguito vengono descritte tutte le entità di questo modello dati e le relazioni che intercorrono fra loro. Associati alle entità vi sono gli attributi, che rappresentano le caratteristiche o le proprietà dell'entità stessa. Gli attributi definiscono quali informazioni possono essere memorizzate per ciascuna entità. Ad esempio, in un database relazionale, gli attributi di un'entità sono rappresentati come colonne nella tabella corrispondente.

È stata organizzata la struttura delle tabelle e la composizione dei quattro dataset descritti finora, utilizzando QGIS. Tutti gli attributi da abbinare agli elementi geografici sono stati selezionati secondo criteri di utilità, ed alcuni di essi sono stati calcolati per la regione montana dell'Alto-Adige a seguito delle elaborazioni spaziali effettuate precedentemente, altri sono stati trasferiti dai dataset originali (ad esempio quello della BDN dell'Anagrafe Zootecnica), altri ancora sono privi di

contenuto perché ci si aspetta che vengano compilati dagli utenti esterni o in un secondo momento, attraverso ulteriori analisi.

Di seguito, una tabella per ogni entità esistente, in cui si esprime il nome, la descrizione, il tipo, un esempio di ogni campo presente e se le informazioni per quel campo sono presenti nel dataset al momento o meno. Come si può notare dalle tabelle sottostanti, i primi due campi che si ritrovano nel dataset di ogni entità sono *id* e *geom*. Il campo *id* è una chiave primaria di tutte le entità, rappresentata da un numero progressivo e privo di significato, ma utilizzato per identificare in maniera univoca le feature. Il campo *geom* invece è un campo geometrico che contiene le informazioni di georeferenziazione come le coordinate e il sistema di riferimento geografico. Il campo *codmalga* dell'entità *aziende_zootecniche* invece contiene tutti i codici malga associati ad ogni azienda zootecnica e rappresenta un chiave univoca, mentre lo stesso campo (*codmalga*) viene utilizzato come chiave esterna dell'entità *aree_alpeggio* per stabilire relazioni tra le aziende zootecniche e le aree di pascolo. Gli altri campi, come precedentemente appuntato, possono essere di diversa natura e non tutti contengono informazioni al momento. Tutti i dati presentano il medesimo sistema di riferimento (EPSG:4326).

La prima entità che si è scelto di implementare nel database è l'entità ***aziende zootecniche***, cioè la rappresentazione di tutte le aziende zootecniche in quota che praticano l'alpeggio (tabella 12). Ogni azienda zootecnica è rappresentata da un punto geografico (identificato quindi da una coppia di coordinate), corrispondente a quell'azienda e contrassegnata da un codice di malga.

Nome	Descrizione	Tipo	Esempio
id	Progressivo	Numero intero	1
geom	Point, EPSG:42632	Geometria	5000000;4649776, WGS 84 / UTM zone 32N
denominazione	Nome malga	Testo	PFITSHER ALM
codmalga	Codice Malga	Testo	001BZ04P
idfiscprop	Codice di identificazione fiscale del responsabile	Alfanumerico	WSSHRC60M15A022U
nome	Nome de proprietario	Testo	Manuel
cognome	Cognome del proprietario	Testo	Gaeser
comune	comune	Testo	Fortezza
provincia	provincia	Testo	Bolzano
regione	regione	Testo	Trentino Alto-Adige
codasl	codice ASL	Alfanumerico	BZ201

inizioatt	data di inizio attività	Data	10/10/2022
fineatt	data di fine attività	Data	10/10/2023
quota	Quota a cui si trova l'azienda	Numero deecimale	1000
agrisocial	Presenza di attività agrituristica o attività sociali	Testo	agriturismo
prodlatte	Produzione latte	Booleano	si
prodform	Produzione formaggio	Booleano	si
prodcarne	Produzione carne	Booleano	si
quali_nc	Qualifiche sanitarie non conformi	Data	10/08/2023
ai_sorg	Approvvigionamento idrico sorgente	Booleano	si
ai_acquedo	Approvvigionamento idrico acquedotto	Booleano	si
ai_pozzo	Approvvigionamento idrico pozzo	Booleano	si
ai_corsoac	Approvvigionamento idrico corso d'acqua	Booleano	si

Tabella 12 struttura e campi dell'entità aziende_zootecniche.

Viene poi associata a questa entità (aziende_zootecniche) un'ulteriore tabella esterna chiamata **numero_animali**, che contiene informazioni sul numero di animali alpeggiati ogni anno dalle aziende di malga (tabella 13), ottenuti ed aggiornati dall'anagrafe zootecnica. Questa tabella esterna, caricata anch'essa nel database, è relazionata con cardinalità 1: 1 alla tabella dell'entità aziende_zootecniche.

Nome	Descrizione	Tipo	Esempio
n_bovini	Numero totale di bovini calcolati dal numero di animali presenti nel registro movimentazioni.	Numero intero	3
n_equini	Numero totale di equini calcolati dal numero di animali presenti nel registro movimentazioni.	Numero intero	3
n_ovicrap	Numero totale di ovi-caprini calcolati dal numero di animali presenti nel registro movimentazioni.	Numero intero	3
n_suini	Numero totale di suini calcolati dal numero di animali presenti nel registro movimentazioni.	Numero intero	3

Tabella 13 struttura e campi della tabella esterna numero_animali.

La seconda entità selezionata è l'entità **aree_pascolo**, essa identifica tutte le aree dell'Alto-Adige adibite al pascolo del bestiame (tabella 14).

Nome	Descrizione	Tipo	Esempio
id	Progressivo	Numero intero	1
geom	Point, EPSG:4326	Geometria	5000000;4649776, WGS 84 / UTM zone 32N
codmalga	Codice Malga	Testo	001BZ001
proprietà	La proprietà dell'azienda. (valori: Pubblica, Privata)	Testo	privata
rifer	Riferimento identificativo fiscale dell'area di pascolo	Alfanumerico	WSSHRC60M15A022U
sau	Superficie SAU (ha)	Numero decimale	2,1

Tabella 14 struttura e campi dell'entità aree_pascolo.

Anche a quest'ultima entità (**aree_pascolo**) è associata la tabella esterna **elementi_territoriali** (tabella 15) con cardinalità 1: 1 che contiene informazioni calcolate circa gli elementi territoriali calcolati per l'Alto-Adige (l'idrosfera, l'uso del suolo e la pendenza).

Nome	Descrizione	Tipo	Esempio
n_sorg	numero di sorgenti dell'area	Numero intero	3
n_ca	numero di corsi d'acqua dell'area	Numero intero	3
lunghca	Lunghezza totale corsi d'acqua dell'area	Numero decimale	373,189
n_pozze	numero di pozze dell'area	Numero intero	3
pozze_vs_a	superficie totale delle pozze diviso l'area totale di pascolo	Numero decimale	0,025
clc_2_3	Area che presenta classe CLC 2018 2.3	Numero decimale	4,666
clc_2_4	Area che presenta classe CLC 2018 2.4	Numero decimale	4,666
clc_3_1	Area che presenta classe CLC 2018 3.1	Numero decimale	4,666
clc_3_2	Area che presenta classe CLC 2018 3.2	Numero decimale	4,666
clc_3_3	Area che presenta classe CLC 2018 3.3	Numero decimale	4,666
pend_min40	Area con pendenza < 40%	Numero decimale	2,188
pend_40_60	Area con pendenza compresa tra il 40 e il 60%	Numero decimale	2,188
pend_60_80	Area con pendenza compresa tra il 60 e l'80%	Numero decimale	2,188
pend_mag80	Area con pendenza >80%	Numero decimale	2,188

Tabella 15 struttura e campi della tabella esterna elementi_territoriali.

Le ultime due entità presenti nel database sono l'entità **pozze d'alpeggio** e l'entità **sorgenti**, la prima (tabella 16) corrisponde a tutti gli specchi d'acqua che possono essere presumibilmente relazionati a scopi idrici per i pascoli in quota (abbeveraggio diretto o riserva per abbeveratoi). A seguito delle elaborazioni territoriali idrografiche e ai tentativi di individuare le matrici acquose che possano essere ricondotte all'approvvigionamento idrico in quota, è stato scelto il dataset corrispondente agli specchi d'acqua estratti con OSM come dataset iniziale, e sono stati selezionati in base alla dimensione (minori di 1500 m²) e alla vicinanza alle aree di pascolo dell'Alto-Adige. In seguito, è stato applicato un centroide per ogni poligono e sono stati trasferiti gli attributi presenti dai poligoni

(specchi d'acqua) ai centroidi, questo ai fini di ottenere alcuni dati già pronti per essere caricati nel database. La scelta di rappresentare uno specchio d'acqua come un punto è giustificata dall'utilità marginale della geometria spaziale; in altre parole, è stata adottata questa scelta perché si ritengono le forme geografiche delle geometrie degli specchi di poca descrittive perché variabili nel tempo e poco significative. È stata considerata quindi la geolocalizzazione con un punto (coppia di coordinate), considerato una tipologia di geometria sufficiente per rappresentare gli elementi in questione. L'area in ettari è stata comunque riportata come attributo, è possibile quindi utilizzare questa informazione in caso di necessità di sapere l'estensione delle aree acquose equiparate ad una determinata area di alpeggio. Inoltre, si ribadisce che la scelta di selezionare tutti gli specchi d'acqua con area minore o uguale a 1500 m² è dovuta al fatto che non è possibile conoscere l'utilizzo e la natura di ogni specchio d'acqua a priori; dunque, si è preferito includere per il momento tutti i potenziali laghetti di abbeverata al pascolo. L'entità *pozze_alpeggio* è dunque rappresentata da un punto (centroide della geometria) con associati alcuni attributi, descritti nella tabella sottostante che segue il pattern utilizzato per le altre entità.

Nome	Descrizione	Tipo	Esempio
id	Progressivo	Numero intero	1
geom	Point, EPSG:4326	Geometria	5000000;4649776, WGS 84 / UTM zone 32N
inuso	utilizzo attuale	Booleano	Y
area	superficie totale pozza (ha)	Numero decimale	0,006
nat_art	naturalistica o artificiale	Testo	Naturalistica

Tabella 16 struttura e campi dell'entità *pozze_alpeggio*.

Infine, l'ultima entità del modello dati è l'entità *sorgenti*, ottenuta a partire dallo shapefile *springs_point* del geo-portale dell'Alto-Adige (tabella 17). Questo dataset, è stato preventivamente filtrato secondo l'utilizzo di ogni sorgente riportato nella tabella del dataset, infine ne stato creato uno nuovo, rappresentante le sorgenti dell'Alto-Adige potenzialmente utilizzabili per l'abbeverata al pascolo e identificate con una coppia di coordinate (shapefile di punti).

Nome	Descrizione	Tipo	Esempio
id	Progressivo	Numero intero	1
geom	Point, EPSG:4326	Geometria	5000000;4649776, WGS 84 / UTM zone 32N
nome	Nome attribuito allo specchio d'acqua	Testo	Pozza delle rose
comune	Comune dove ricade la pozza	Testo	0,006
uso	Utilizzo della sorgente	Testo	potabile
quota	Naturalistica o artificiale	Numero decimale	1000

Tabella 17 struttura e campi dell'entità sorgenti.

Una volta definite tutte le entità presenti nel database, è stato predisposto il modello dati concettuale comprensivo di tutte le relazioni che sussistono tra le entità appena descritte. In figura 17 viene riportato uno schema grafico implementato con Draw.io, del modello concettuale dei dati. Draw.io è un'applicazione web di disegno vettoriale utilizzata per creare una vasta gamma di diagrammi, come diagrammi di flusso, organigrammi, diagrammi di rete, diagrammi UML e schemi concettuali.

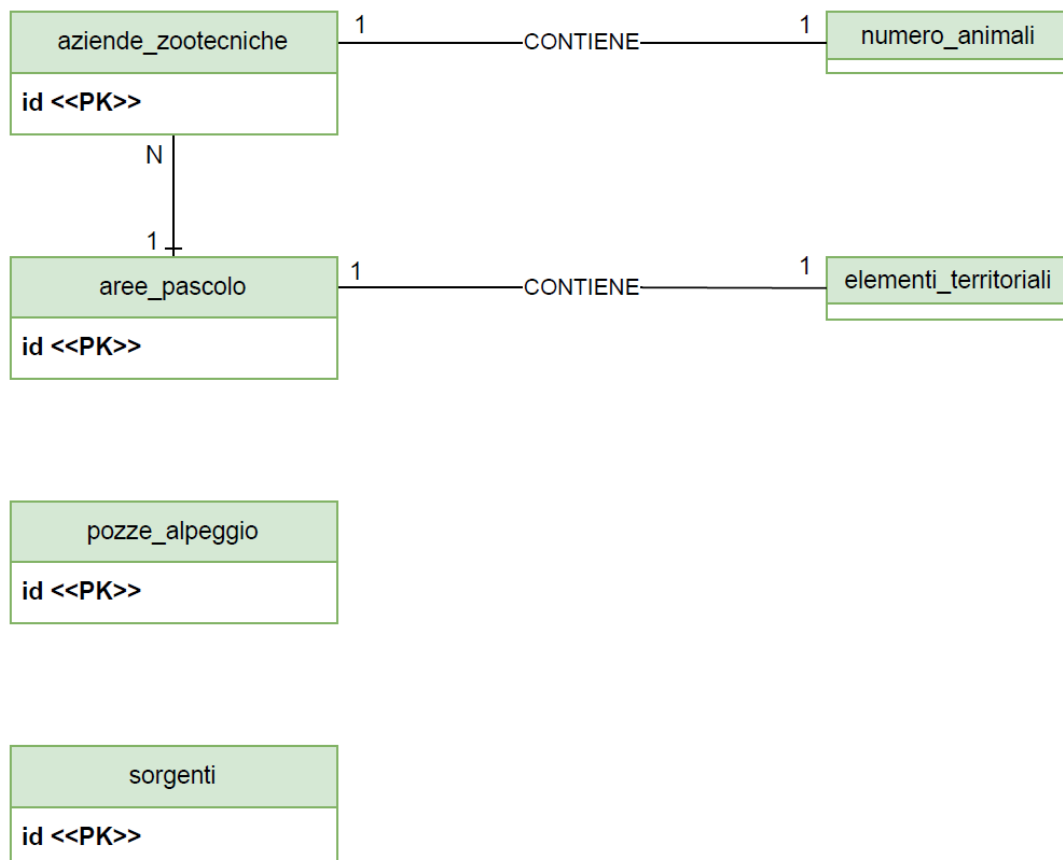


Figura 17 rappresentazione grafica del modello dati concettuale formulato per il database malghe. Le entità sono rappresentate dalle finestre verdi, mentre le connessioni con le linee continue rappresentano le relazioni che vi sono tra entità. La dicitura '1' da entrambi i lati della linea indica una cardinalità 1: 1, mentre 'N' da un lato e '1' con il tratto orizzontale dall'altro indicano una cardinalità 1: N con possibilità che ci siano valori dell'entità aziende_zootecniche che non sono associati ad alcun valore dell'entità aree_pascolo.

Definito il modello dati concettuale, lo si è convertito in un modello logico relazionale per l'implementazione di un database relazionale. Quest'ultimo è basato sul concetto di tabella (oggetto con funzione di rappresentare le entità), ogni istanza di un'entità è una tupla (riga) della tabella e ogni attributo dell'entità è una colonna della tabella.

Infine, si è passati alla progettazione fisica che permette agli utenti di effettuare operazioni di vario tipo sui dati e il caricamento degli stessi.

I dati sono stati caricati in un database dedicato, implementato in PostgreSQL versione 12.7.1 (Worsley and Drake, 2002) con estensione PostGIS versione 3.1 (Marquez, 2015) per la gestione della componente spaziale. Per importare i dati all'interno del database è stata utilizzato lo strumento dedicato DB manager, già presente in QGIS. Questo strumento consente agli utenti di connettersi a una varietà di database spaziali, come nel nostro caso PostgreSQL/PostGIS, e di gestire i dati geospaziali in tali database.

L'iterazione con i dati salvati nel database è permessa attraverso il linguaggio Structured Query Language (SQL), un insieme di comandi che l'utente può impartire sulla sua base dati, suddivisi in sottogruppi, quali:

- Data Definition Language: permette la creazione delle tabelle e la definizione delle stesse;
- Data Manipulation Language: permette l'aggiunta, la modifica o l'eliminazione dei dati;
- Data Control Language: governano l'accesso degli utenti alle varie tabelle e l'uso degli oggetti DB;
- Query Language: utile all'interrogazione delle tabelle.

Tutte queste operazioni hanno prodotto, oltre alla struttura fisica del database anche una serie di viste ed estrazioni che vengono poi utilizzate per la pubblicazione dei dati nel WebGIS.

2.5.3 Implementazione di un visore WebGIS

I dati presenti nel database sono stati pubblicati come Web Map Service (WMS) e Web Feature Service (WFS) attraverso GeoServer (Yu et al., 2013), software open-source basato su Java che permette la distribuzione di dati geospaziali tramite servizi web geografici ed è progettato per agire come un intermediario tra i client (applicativo che l'utente vede tramite browser) e le sorgenti di dati (database).

Il WebGIS permette la visualizzazione e l'iterazione con i dati geografici tramite l'uso di un browser, implementando le classiche funzionalità GIS in un ambiente *web-based*. È stato sviluppato in linguaggio Java utilizzando librerie open source. Il front-end sfrutta il classico HTML e lo estende con l'uso di librerie Javascript tra cui: Dojo per la parte di iterazione con le interfacce e gestione dello scambio dati a servizi, e Openlayers per la componente geografica.

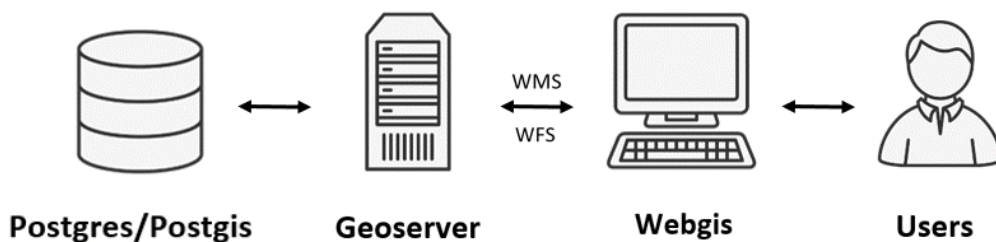


Figura 18 rappresentazione logica del SIT implementato per gli alpeggi.

La struttura del WebGIS prevede le seguenti sezioni:

- la **sezione mappa**: dove possono essere visualizzate le mappe ed alcuni strumenti GIS per l'interrogazione spaziale o per muoversi all'interno della mappa. In aggiunta sono disponibili agli utenti editor delle funzionalità di editing dedicate sia alla componente spaziale sia a quella degli attributi.
- La **sezione amministrazione**: dedicata agli amministratori, dove vengono effettuate le configurazioni e le operazioni di editing abilitate solo per gli amministratori.

Si è deciso di configurare come modificabili nel visore WebGIS tutti gli i campi che possono essere arricchiti ed aggiornati dagli utenti esterni al database. ad esempio tutte le informazioni acquisite dall'anagrafe zootecnica o dal catasto (come ad esempio il numero di animali alpeggiati, ma anche quelle calcolabili a partire da altri parametri (come le classi di pendenza e l'uso del suolo) sono stati resi modificabili solo dagli utenti con il ruolo di editor.

3. Risultati e discussioni

In una prima parte si espongono i risultati relativi alle elaborazioni effettuate, si parla quindi delle elaborazioni che hanno in primis coinvolto i join spaziali, successivamente tutte le elaborazioni relative alla modifica delle geometrie come ad esempio i corsi d'acqua o le classi di pendenza e al calcolo degli attributi ad esse associati.

La seconda parte di questa sezione è dedicata all'illustrazione del database finale ideato per le malghe per la gestione dei dati, e la sua trasmutazione in un WebGIS come strumento di visualizzazione e raccolta dati.

3.1 Risultati delle elaborazioni spaziali

3.1.1 join spaziali

Come appositamente descritto al capitolo 2.5, ogni prodotto dalle elaborazioni spaziali ottenuto per le aree di alpeggio della Provincia autonoma di Bolzano, è stato ricondotto alle geometrie spaziali del file *poligoni_malghe_join*, dataset composto dalle geometrie rappresentanti le aree degli alpeggi. I prodotti delle elaborazioni sono stati pertanto associati alle geometrie delle aree di pascolo attraverso l'aggiunta di attributi sotto forma di nuovi campi nel dataset. Il risultato di queste elaborazioni spaziali è propedeutico alla creazione del geo-database. Di seguito viene riportata la tabella 18 che presenta un quadro dei risultati conseguiti a seguito dei join spaziali.

Nome shapefile	Descrizione tema	Numero record
<i>malg_aa</i>	File originale contenente le aree di alpeggio, con poligoni di malga suddivisi secondo classificazione uso suolo (campo CODE)	6753
<i>perimetro_malghe_merge_N_A</i>	File contenente le aree di alpeggio unite a seguito del merge secondo il campo N_A (numero di sostituzione del codice identificazione proprietario)	2043
<i>poligoni_malghe_join</i>	File contenente i poligoni di alpeggio il cui join spaziale ha restituito un rapporto uno a uno	1256
<i>poligoni_punti_lontani</i>	File contenente le aree di alpeggio non associate ad alcun punto	409
<i>poligoni_ripetuti</i>	File contenente le aree di alpeggio accantonate che, a seguito di un join spaziale, restituiscono una relazione uno a molti	347

<i>poligoni_punti_no_codmalga</i>	File contenente le aree di alpeggio associate ad un punto il cui codice malga non è riportato nella tabella degli attributi	31
-----------------------------------	---	----

Tabella 18 riassuntiva dei risultati derivanti dalle elaborazioni spaziali effettuate (join spaziali).

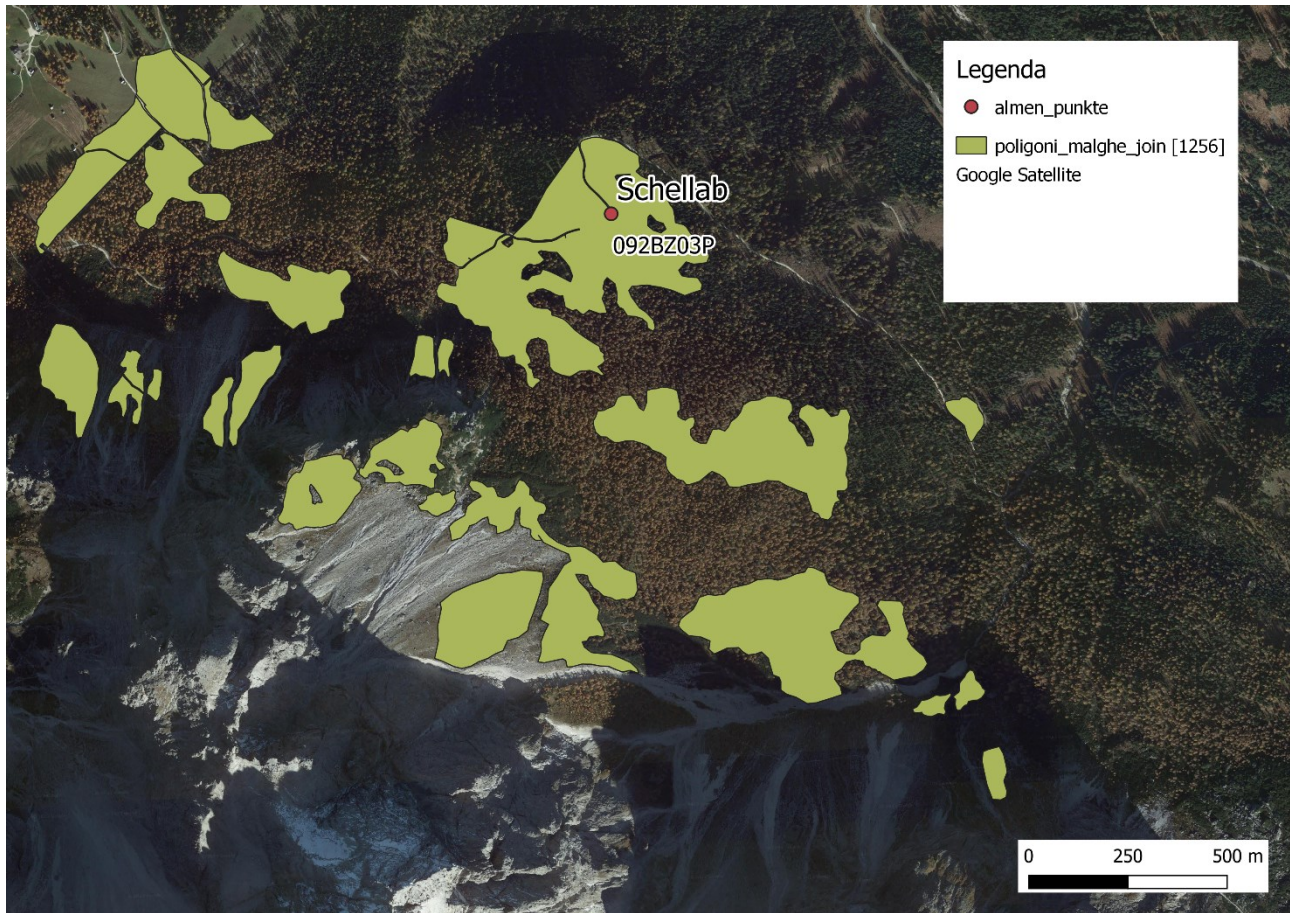


Figura 19 layout di una mappa QGIS che illustra una geometria poligonale dello shapefile *poligoni_malghe_join* rappresentante i poligoni di pascolo (in verde) associati ai punti aziende zootecniche (in rosso) grazie al codice di azienda.

Lo shapefile che acquisisce maggior interesse per questi studi è *poligoni_malghe_join*, risultato del procedimento che ha permesso di ottenere un file poligonale rappresentante 1256 aree di alpeggio che hanno restituito un rapporto 1: 1 con il file rappresentante le aziende (punti).

In conclusione, è doveroso ribadire che queste elaborazioni partono da dati reali, ma parziali e con un livello di affidabilità molto basso. Per di più, risultano quindi privi di validazione (per esempio in campo). Ne deriva che sono intese come analisi di natura esemplificativa, serviva infatti ottenere una base dati costituita da una superficie spaziale (area di pascolo) legata al punto (che rappresenta l'azienda con gli animali) che potesse veicolare l'arrangiamento di ulteriori studi di variabili ed elementi legati al territorio ove il pascolo insiste.

3.1.2 CLC e classi di pendenza

Si sono ricavate alcune informazioni a partire da dataset di CLC e delle pendenze per la Provincia autonoma di Bolzano.

Per quanto riguarda il CLC, sono state rinvenute nove classi di CLC ricadenti nelle aree d'alpeggio, corrispondenti a:

- *2.3.1 pascoli*
- *2.4.3 aree agricole principalmente occupate da vegetazione naturale*
- *3.1.2 foreste di conifere*
- *3.1.3 foreste miste*
- *3.2.1 prato naturale*
- *3.2.2 brughiere*
- *3.2.4 arbusto boschivo di transizione*
- *3.3.2 rocce nude*
- *3.3.3 aree scarsamente vegetate*

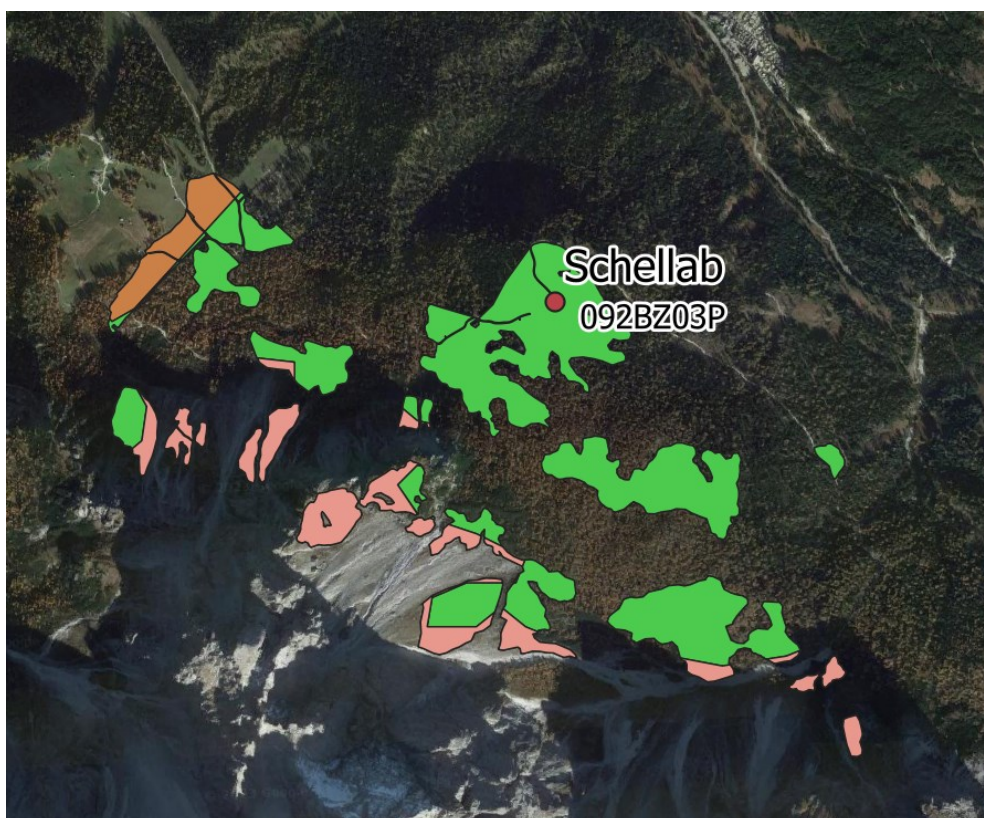


Figura 20 ritaglio del CLC 2018 applicato sulle geometrie rappresentanti le aree di pascolo, un'area di alpeggio utilizzate come esempio.

È normale aspettarsi che nelle aree di alpeggio la classe di uso del suolo che ricopre la maggior area sia la classe 2.3.1 (pascoli). Anche la foresta di conifere ricopre un ruolo importante all'interno di queste aree, ne deriva l'importanza di mantenere controllato il pascolo del bestiame per evitare problemi gestionali derivati dall'interazione del bestiame con le zone boschive. Si notifica che vi sono però delle discrepanze fra quello che si presume essere il vero uso del suolo e le informazioni

derivate dal CLC 2018, per esempio secondo il CLC alcune aree di malga non presenterebbero alcuna superficie dedicata al pascolo ma per definizione un'area di alpeggio dovrebbe comprendere un'ampia porzione della propria superficie dedicata al pascolo. Ai fini dell'implementazione nel database, le classi di CLC sono state condensate a cinque nel dataset, raggruppando tutte le classi con lo stesso *livello 2* (2.3; 2.4; 3.1; 3.2; 3.3).

Per quanto concerne invece le classi di pendenza, è stata attribuita ad ogni porzione di area di alpeggio ritagliata secondo il DTM una classe di pendenza (figura 21):

- *Pendenza minore del 40%;*
- *pendenza compresa tra 40 e 60%;*
- *pendenza compresa tra 60 e 80%;*
- *pendenza maggiore dell'80%.*

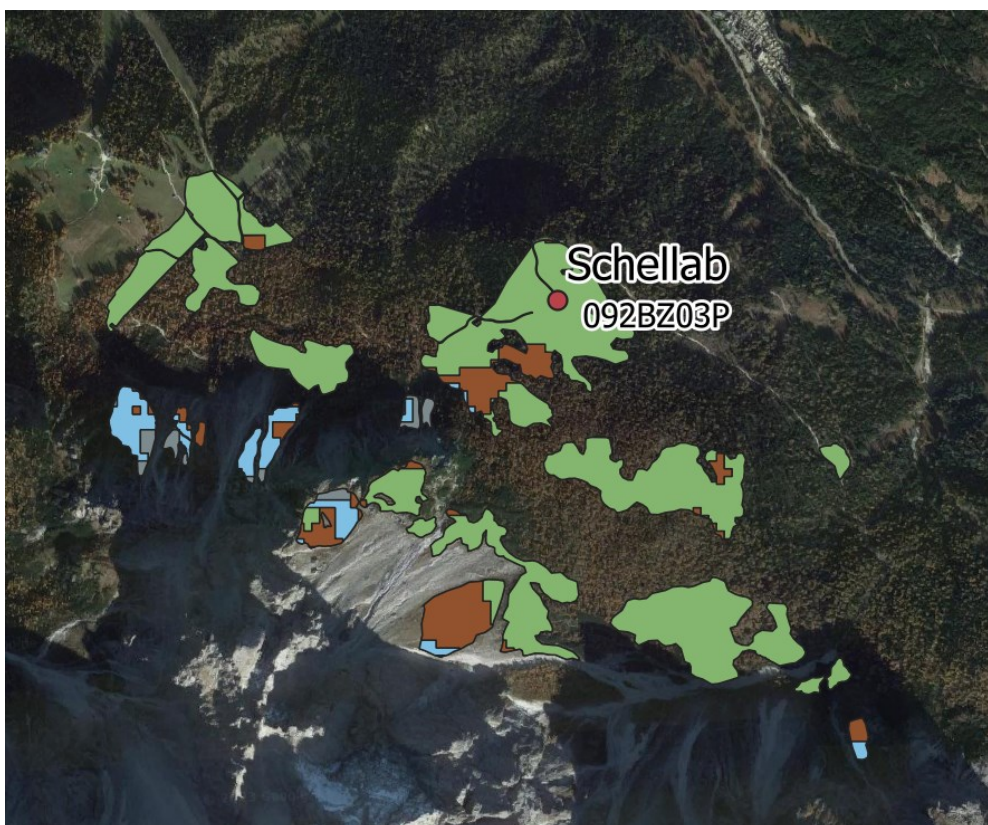


Figura 21 area di alpeggio esemplificativa dove sono indicate con diversi colori le quattro classi di pendenza sopra descritte. In verde le aree con pendenza minore di 40%, in marrone le aree con pendenza compresa tra il 40 e il 60%, in azzurro le aree la cui pendenza è compresa tra il 60 e l'80%, infine in grigio le aree con pendenza maggiore dell'80%.

Dal dataset ottenuto si evince che le porzioni di aree di malga che presentano una pendenza maggiore dell'80% sono molto basse rispetto a quelle con pendenza minore del 40% o compresa tra 40 e 60%. Ancora, questo tipo di informazione può risultare indicativa per capire quali tipologie di animali verranno tendenzialmente alpeggiate in quella zona malghiva, se l'area di alpeggio presenta un'ampia porzione di superficie con pendenza elevata (al di sopra del 60%) si ipotizza che gli animali alpeggiati saranno prevalentemente ovi-caprini, al contrario se l'area d'alpeggio presenta pendenze

non troppo acclivi (minori del 60%) se ne può dedurre che probabilmente pascoleranno anche bovini, suini e equini.

3.1.3 Idrosfera

Si espongono di seguito i risultati relativi alle elaborazioni spaziali riguardanti le sorgenti idriche, i corsi d'acqua e le pozze d'alpeggio.

Per quanto riguarda le sorgenti idriche e i corsi d'acqua dell'Alto-Adige, a seguito delle elaborazioni spaziali effettuate si evince che le sorgenti presenti nell'area, seppur scremate per destinazione d'uso, sono di numero molto elevato. È possibile infatti trovare alcune aree di alpeggio che presentano più di 100 sorgenti che ricadono all'interno del perimetro o sono limitrofe. Si ribadisce però che anche questa informazione è da validare sul campo per verificare che una determinata sorgente sia in uso effettivamente per l'approvvigionamento idrico al pascolo, o che possa essere sfruttata per questo. In alternativa, il WebGIS implementato in questo lavoro fornirà un aiuto concreto per la georeferenziazione.

Si sono determinati poi il numero e la lunghezza totale dei corsi d'acqua che attraversano una data area d'alpeggio.



Figura 22 un'area di pascolo di esempio in cui sono indicate le sorgenti con il simbolo a stella, e i corsi d'acqua con le linee blu.

Dai risultati si evince che il numero massimo di corsi d'acqua che possono attraversare un'area di malga è circa 40, ma ci sono anche aree che non riportano la presenza di nessun corso d'acqua. Le aree prive di corsi d'acqua sono costrette ad abbeverare i propri animali con altri metodi (ad esempio sorgente o acquedotto), viceversa non è detto che tutti i corsi d'acqua siano in fase di

flusso, è possibile che alcuni corsi d'acqua riportati nel dataset siano in realtà privi di flusso e di conseguenza non rappresentino un potenziale sistema di apporto idrico per quell'area di pascolo.

Ricerca delle pozze d'acqua associate agli alpeggi

Si sono calcolati per la zona montana della Provincia autonoma di Bolzano i quattro indici spaziali con gli strumenti e le modalità descritte al capitolo 2.4.5 ed è emerso in base alle prove effettuate con QGIS e prendendo come riferimento un layer di base OSM e le immagini satellitari di Google Satellite, che il range di riflettanza entro il quale si identifica la matrice acqua rispetto alla matrice suolo per ogni indice è quello indicato in Tabella 19:

Indice	Range di riflettanza proposto
Normalized Difference Moisture Index	0,02 - 0,17
Water Ratio Index	1,10 - 1,25
Modified Normalized Different Water Index banda 11	0 - 0,17
Modified Normalized Different Water Index banda 12	0,10 - 0,23

Tabella 19 contenente il nome degli indici spaziali implementati e il range di riflettanza ritenuto efficiente per distinguere la matrice acqua dalla matrice suolo nelle zone montane dell'Alto-Adige.

In base alle analisi effettuate si riscontra in questo caso studio che l'indice spaziale NDMI è il più performante degli indici analizzati per la rilevazione della matrice acquosa nel suolo, con qualche piccola criticità per la distinzione tra gli edifici le ombre e le aree acquose. In molti casi i tre elementi assumono valori di riflettanza uguali. Anche per quanto riguarda l'indice WRI si può riscontrare una leggera sovrapposizione di valori tra le celle di ombra e quelle dove è presente la matrice acquosa. La possibile deduzione è quindi che i due indici appena citati presentano una forte capacità di distinzione tra le entità acquose e non acquose, allo stesso tempo possono presentare più difficoltà nella distinzione tra le zone acquose e quelle ombreggiate. Di contro, L'indice MNDWI, generato utilizzando la banda Swir11 e Swir12, dimostra una maggiore performance nell'escludere le zone ombrose e gli edifici, ma una minor capacità di distinguere la matrice acqua dalla matrice non-acqua.

Ad ogni modo, dalle prove effettuate non è stato possibile estrarre ed individuare le aree idriche potenzialmente associabili alle aree di alpeggio perché di dimensioni insufficienti in termini di superficie di estensione (minore di 10^3 m²). Infatti, la risoluzione dell'immagine di partenza (30 metri) risulta troppo grossolana per discriminare queste zone idriche. Lo sostiene anche (Jiang et al., 2021), che valuta le performance dei satelliti Sentinel-1 e Sentinel-2 per mappare i piccoli corpi d'acqua. La pubblicazione sostiene che l'area più piccola del corpo idrico potenzialmente identificabile era superiore a 10^4 m².

Per quanto riguarda invece l'estrazione delle pozze d'acqua effettuata da OSM, sono stati estrapolati alcuni specchi dell'Alto-Adige compresi tra 0 e 1500 m² e contenuti all'interno del perimetro di pascolo. Esse possono essere attribuite con affidabilità bassa alle pozze d'alpeggio.

Questi specchi d'acqua sono stati associati alle aree d'alpeggio e ne è stato calcolato il numero, l'area totale di matrice acquosa all'interno del perimetro di pascolo e la percentuale di superficie occupata da specchi d'acqua rispetto a quella totale del pascolo considerato. Queste informazioni sono state aggiunte ai dataset del database finale.

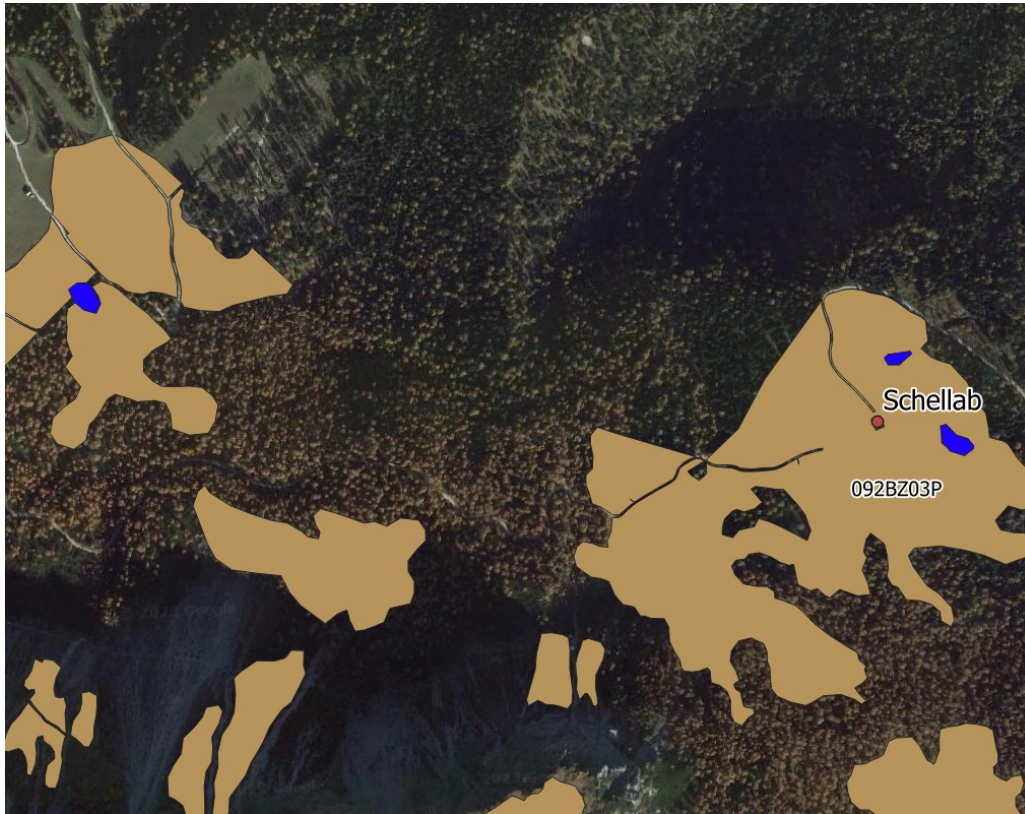


Figura 23 dettaglio di un'area d'alpeggio dell'Alto-Adige che contiene tre presunte pozze d'alpeggio segnalate da colore blu, estratte dal dataset di OMS.

Il numero di pozze legate ad una singola area di pascolo può variare da zero a un massimo di circa dieci. Le ragioni per le quali un'area di pascolo potrebbe risultare sprovvista di corpi idrici possono essere:

- l'attività di malga utilizza altre fonti di approvvigionamento idrico, quali sorgenti, corsi d'acqua o acquedotto, situazione probabile vista la scarsità di utilizzo delle pozze di alpeggio in Alto-Adige;
- in passato l'alpeggio comprendeva alcune pozze che ora, a causa di scarsa manutenzione o siccità frequenti, si sono prosciugate;
- il dataset di OSM non è aggiornato sulle unità (feature) idriche, che di conseguenza non sono state scaricate al momento della richiesta al server; anche quest'ipotesi sembra da tenere in considerazione, è plausibile difatti osservando la distribuzione di tali corpi idrici, che appare a tratti irregolare. Vi sono numerose zone in cui, nel raggio di parecchi chilometri, non appare nessuna feature.

Si considerano pertanto questi risultati (l'estrazione delle pozze tramite il database di OSM) migliori dei tentativi effettuati con gli indici spaziali.

Importante è far presente che, nonostante la buona riuscita del tentativo di estrarre gli specchi d'acqua tramite il dataset di OSM, questa tipologia di informazione ha bisogno di essere verificata in altri modi (come per esempio la validazione su campo), non v'è infatti l'assoluta certezza che, sebbene siano stati selezionati degli specchi d'acqua come potenziali bacini idrici dedicati all'approvvigionamento idrico al pascolo, essi siano utilizzati esattamente per questo scopo. È possibile infatti che parte di queste matrici acquose abbiano destinazioni d'uso diverse.

3.2 Geodatabase per i dati degli alpeggi

A partire dalla raccolta di dati inerenti e dalle elaborazioni effettuate ai capitoli precedenti, il database dedicato alle malghe è stato implementato e strutturato secondo gli schemi. La struttura finale comprende quattro entità principali denominate: *aziende_zootecniche*, *aree_pascolo*, *sorgenti* e *pozze_alpeggio*, allo scopo di rappresentare gli elementi del territorio legati all'attività di alpeggio e gli attributi connessi mediante tabelle. Di seguito un'illustrazione grafica del database.

aziende_zootecniche	
123 id	serial4
ABC geom	geometry(multipoint, 4326)
ABC denominazi	varchar(254)
ABC codmalga	varchar(254)
ABC idfiscprop	varchar(64)
ABC nome	varchar(254)
ABC cognome	varchar(254)
ABC comune	varchar(226)
ABC provincia	varchar(50)
ABC regione	varchar(50)
ABC codasl	varchar(50)
ABC proprieta	varchar(7)
123 inizioatt	date
123 fineatt	date
123 quota	float8
ABC agrisocial	varchar(11)
ABC prodlatte	varchar(2)
ABC prodform	varchar(2)
ABC prodcarne	varchar(2)
123 quali_nc	date
ABC ai_sorg	varchar(2)
ABC ai_acquedo	varchar(2)
ABC ai_pozzo	varchar(2)
ABC ai_corsoac	varchar(2)
123 nr_bovini	int8
123 nr_equini	int8
123 nr_ovicap	int8
123 nr_suini	int8

aree_pascolo	
123 id	serial4
ABC geom	geometry(multipolygon, 4326)
ABC codmalga	varchar(254)
ABC rifer	varchar(10)
123 sau	numeric
123 n_sorg	int8
123 n_ca	int8
123 lunghca	numeric
123 npozze	int8
123 poz_vs_a	numeric
123 clc_2_3	numeric
123 clc_2_4	numeric
123 clc_3_1	numeric
123 clc_3_2	numeric
123 clc_3_3	numeric
123 pend_min40	numeric
123 pend_40_60	numeric
123 pend_60_80	numeric
123 pend_mag80	numeric

pozze_alpeggio	
123 id	serial4
ABC geom	geometry(multipoint, 4326)
123 area_ha	float8
ABC nat_art	varchar(1)
ABC inuso	varchar(1)

sorgenti	
123 id	serial4
ABC geom	geometry(multipoint, 4326)
ABC comune	varchar(254)
ABC nome	varchar(254)
ABC uso	varchar(254)
123 quota	numeric

Figura 24 rappresentazione grafica della struttura del database, ogni tabella rappresenta un'entità.

L'entità *aree_pascolo* presenta una relazione di cardinalità 1: N con l'entità *aziende_zootecniche*, mentre le tabelle esterne *numero_animali* e *elementi_territoriali* concettualmente separate nel modello logico, vengono unite alle entità *aziende_zootecniche* e *aree_pascolo* nello schema logico.

Come si può notare dalla figura 24, vi sono per ogni entità un campo *id* e *geom*. Il campo *id* è utilizzato come chiave primaria per identificare in modo univoco ogni record nella tabella. È di tipo intero (integer) e viene incrementato automaticamente man mano che nuovi record vengono inseriti nella tabella. L'*id* è essenziale per mantenere l'integrità dei dati e facilitare il riferimento a record specifici. Il campo *geom* è utilizzato per memorizzare geometrie spaziali, come punti, linee o poligoni. Questo campo è particolarmente rilevante quando si lavora con dati geospaziali utilizzando PostGIS.

Tutti gli altri campi associati alle entità sono attributi di vario tipo e sono stati accuratamente descritti al capitolo 2.5.2.

3.3 Pubblicazione e visualizzazione dati nel WebGIS

Al fine di avere uno strumento orientato non solo alla visualizzazione degli stessi in forma spaziale, ma anche utile all'acquisizione e modifica di quelli già presenti a sistema, è stato sviluppato un apposito WebGIS. I dati al momento presenti e visualizzabili sulle mappe sono relativi solamente alla Provincia autonoma di Bolzano.

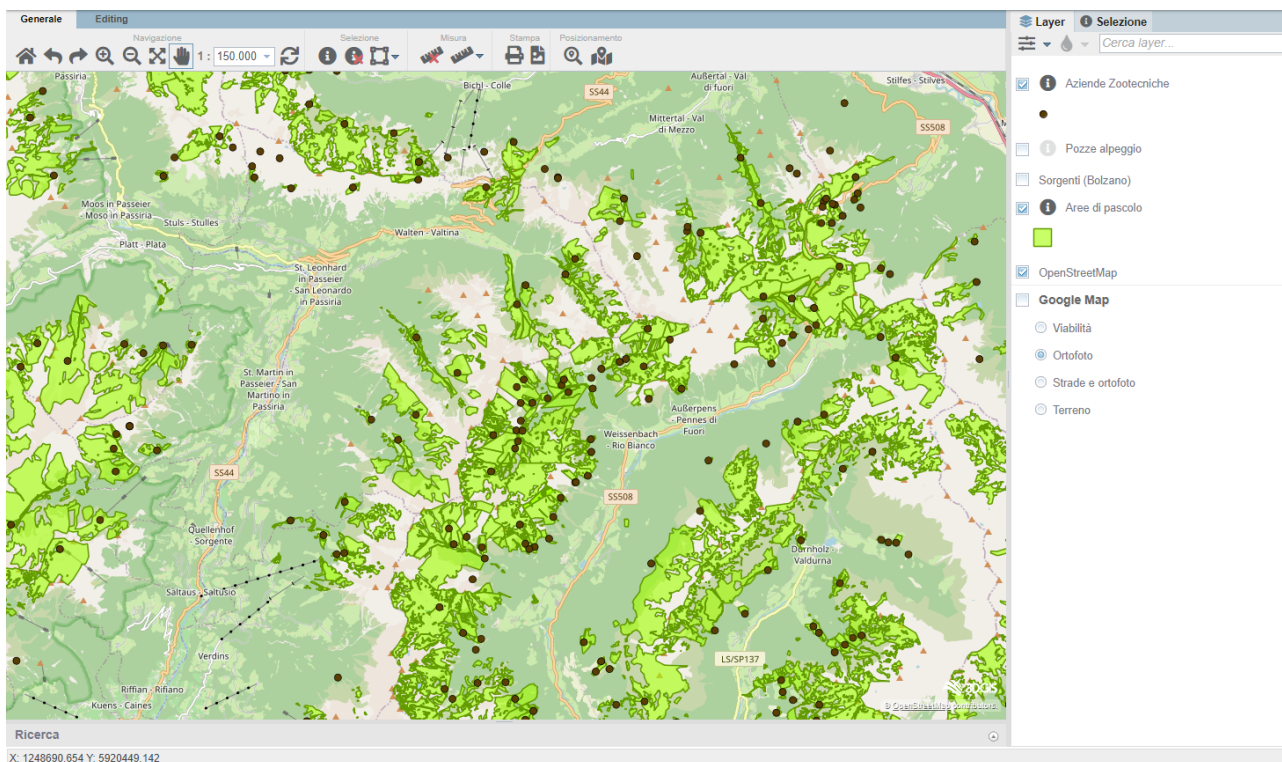


Figura 25 schermata generale del visore WebGIS in cui si può osservare la barra degli strumenti GIS sopra, la mappa con i layer di base e gli elementi geografici al centro e il pannello di accensione/spegnimento dei layer a destra.

Il software implementato mette a disposizione tutte le comuni funzionalità GIS, utilizzabili tramite la barra visibile in figura 25 (spostamento su mappa, zoom-in/out, ricerca), e permette all'utente di visualizzare le informazioni geografiche direttamente su una mappa dinamica.

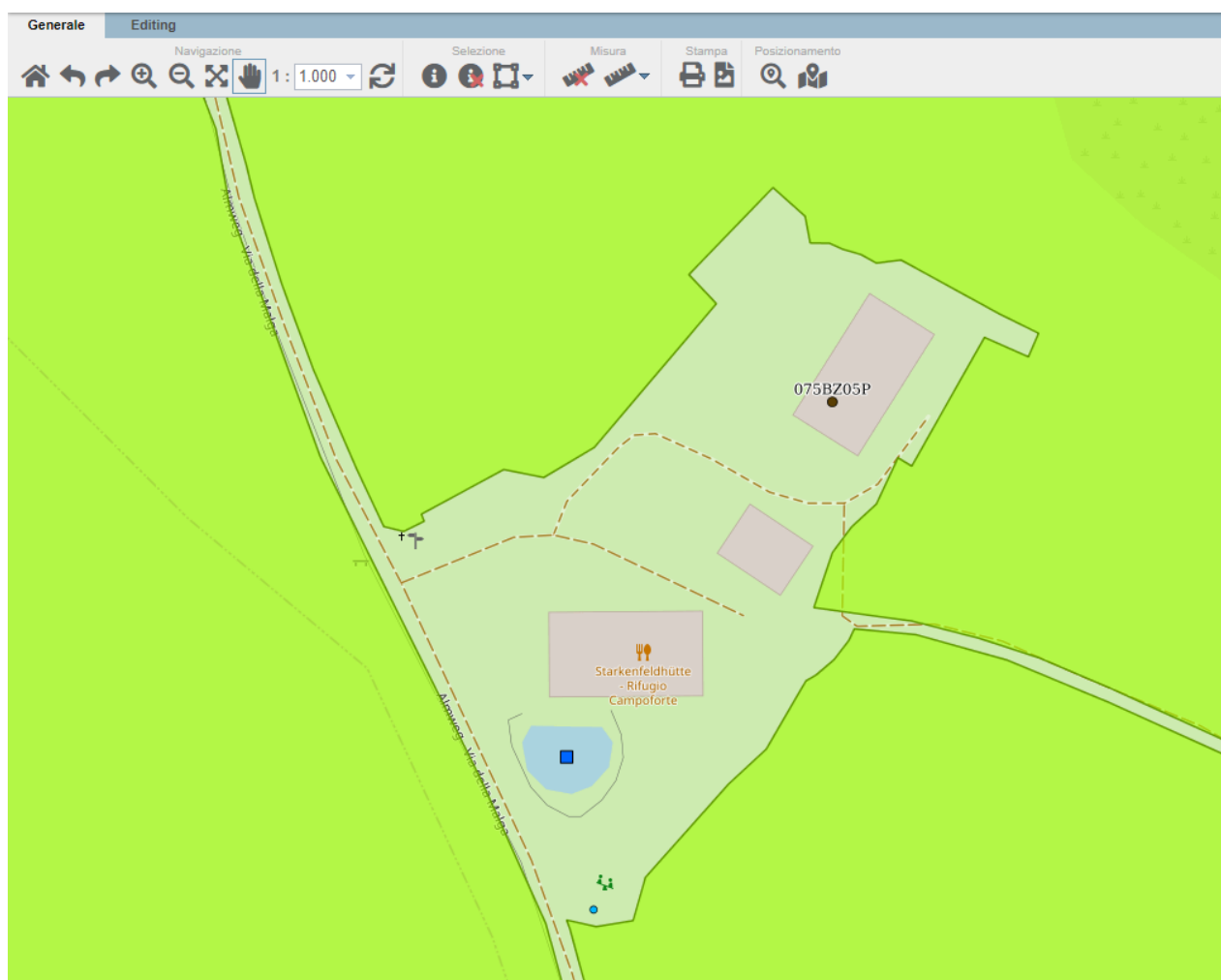
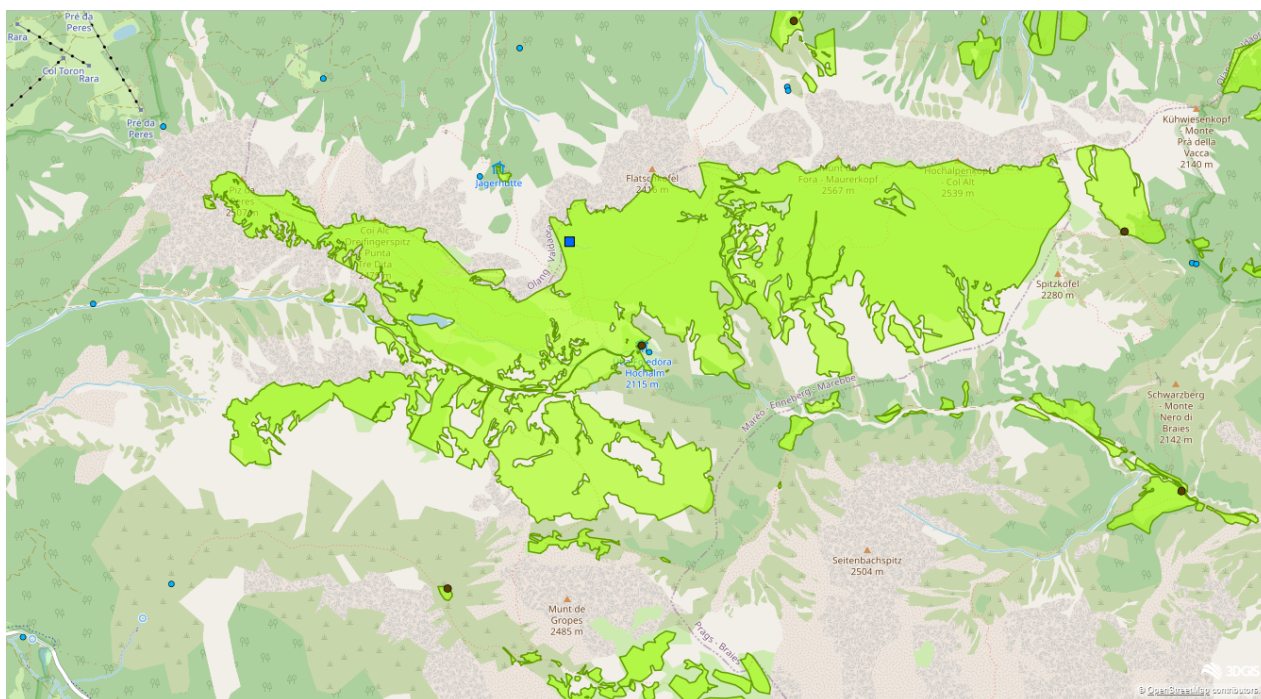


Figure 26 e 27 in figura 26 (in alto) una visualizzazione in mappa di alcune aree di alpeggio (in verde), le aziende zootecniche sono rappresentate con i punti marroni, le sorgenti idriche con i punti azzurri e le pozze d'acqua con i quadratini blu. In figura 27 (in basso) un focus (zoom-in) su un'azienda zootecnica (punto mattone e codice di malga abbinato) e vicino una pozza d'alpeggio (quadrato blu). È possibile notare anche la barra multifunzione in alto. Lo sfondo è il layer di base OSM.

I layer di base attualmente disponibili nell'applicazione sono: OSM standard e Google Maps layers (Satellite e Streets). Ogni dataset definito nel database è presentato sotto forma di layer spaziale da GeoServer sotto forma di servizi web geografici standard (WFS, WMS) e proiettati all'interno del visore stesso sotto forma di layer già tematizzati. Ogni layer può essere "abilitato" o meno a seconda delle esigenze dell'utente e può essere interrogato (figure 28 e 29). L'utente, dopo aver selezionato uno specifico elemento sulla mappa, può visionare tutte le proprietà (attributi ad esso collegati).

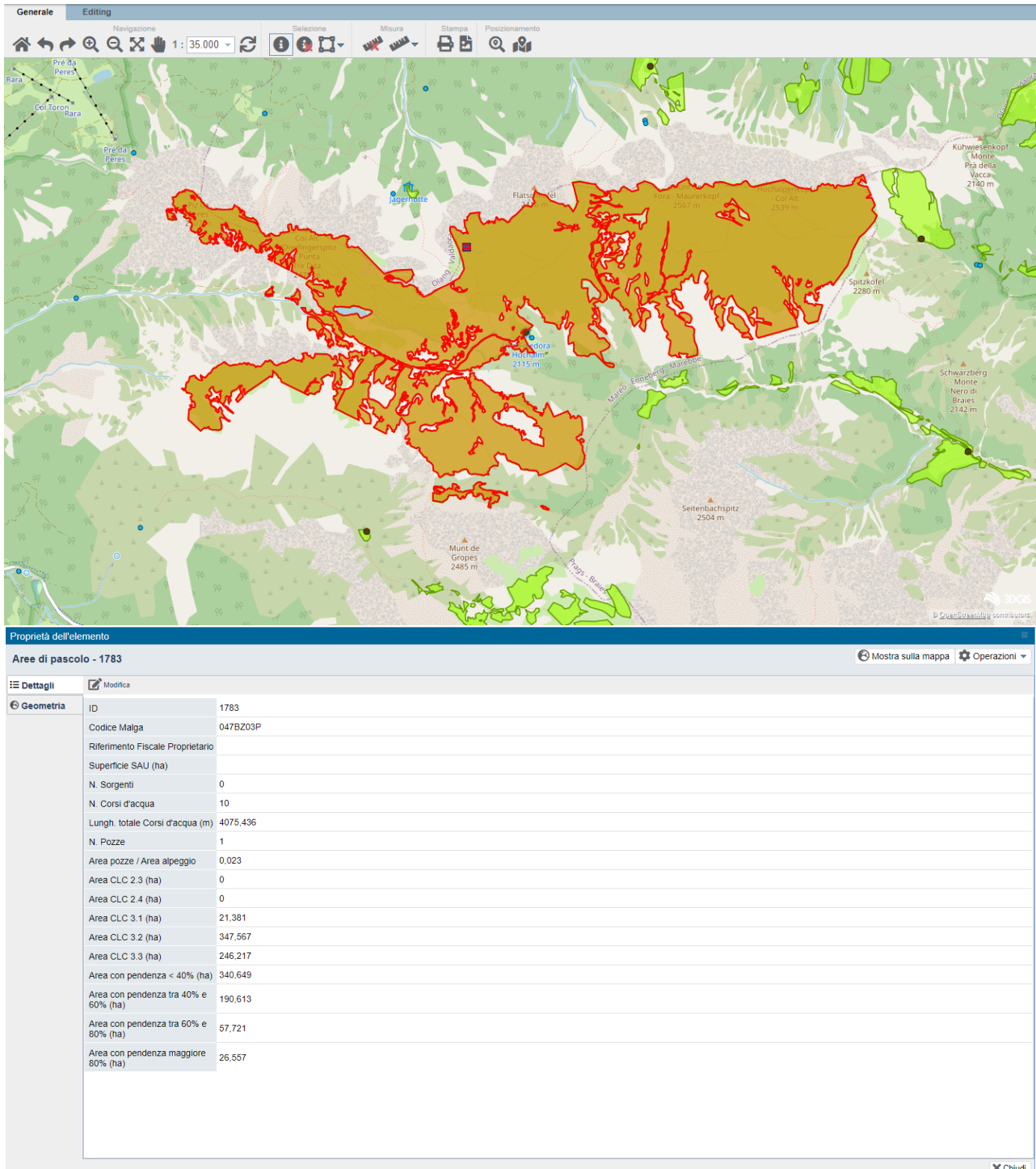


Figure 28 e 29 in figura 28 (sopra) un'area di pascolo selezionata con lo strumento di interrogazione, in figura 29 (sotto) la finestra delle proprietà dell'elemento selezionato.

Il visore, permette inoltre la raccolta e la modifica delle informazioni non spaziali. È effettivamente possibile eseguire operazioni di editing sui dati, nell’ottica che i vari utenti possano compilare i dati mancanti o ancora inserirne di nuovi. Per quanto riguarda il layer rappresentante le pozze d’alpeggio, è possibile modificare sia la componente non spaziale dei dati, ma anche quella spaziale, è infatti permesso ad alcuni utenti modificare la posizione geografica dei punti rappresentanti le pozze d’alpeggio nella mappa o creare nuovi elementi con le apposite funzioni.

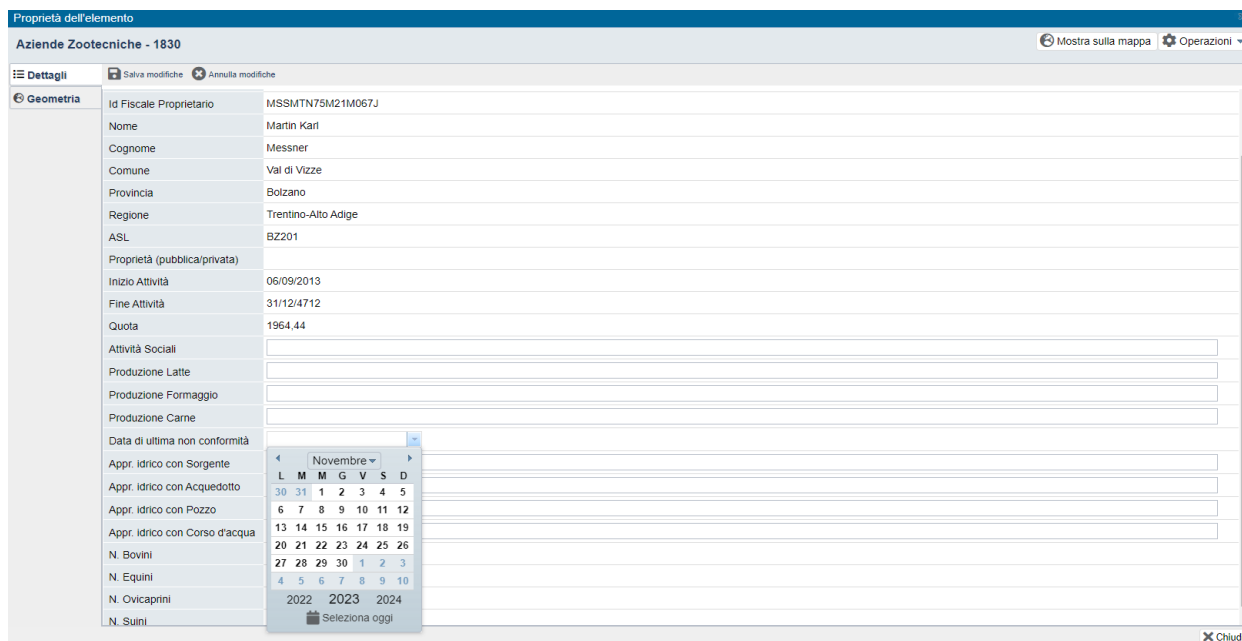


Figura 30 finestra delle proprietà dell'elemento selezionato con la funzione di editing degli attributi attiva.

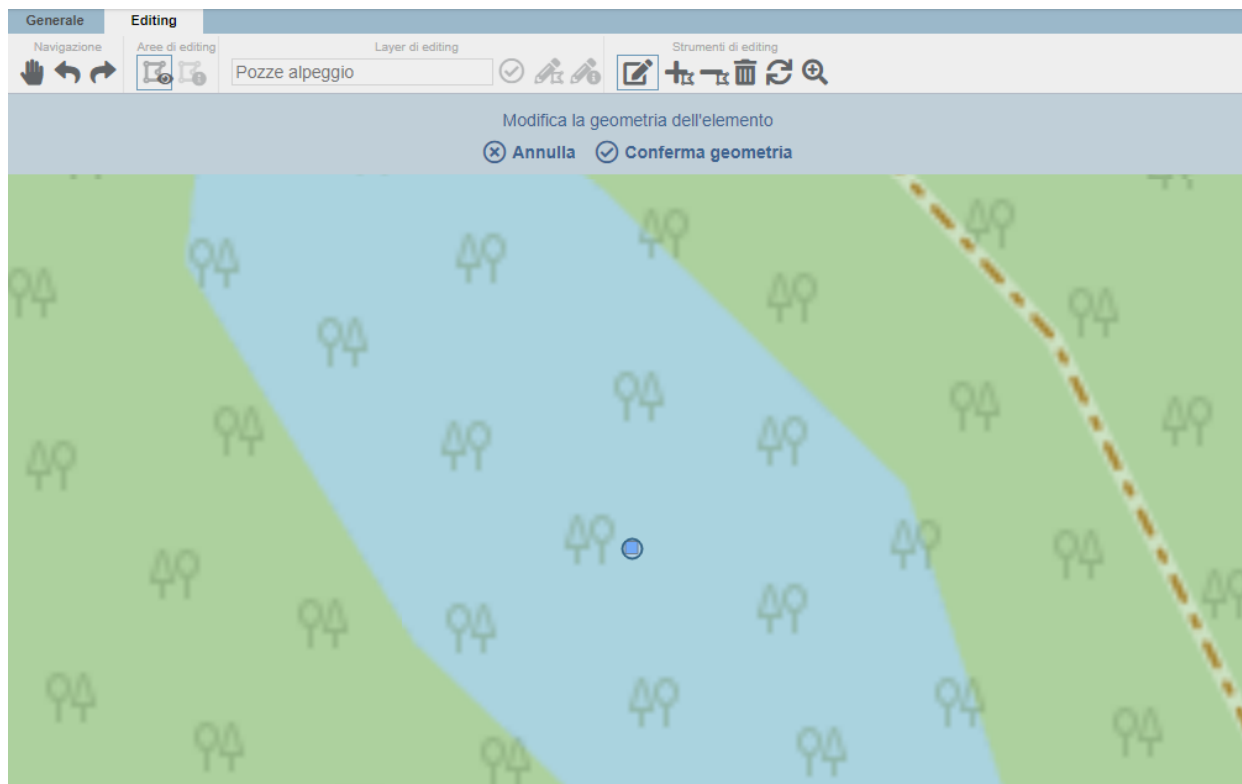


Figura 31 lo strumento di editing per modificare la posizione geografica di un elemento o aggiungere/togliere elementi.

Una volta che nuove informazioni sono state create o modificate, queste risultano immediatamente visibili negli archivi dell'IZSVe.

Al momento non sono stati individuati specifici utenti del sistema, ma a livello generale sono già stati creati due ruoli generici: un ruolo *visualizzatore*, che prevede la visualizzazione delle mappe e l'interrogazione spaziale dei dati (la possibilità di selezionare, in un livello vettoriale, degli elementi geografici e di mostrarne gli attributi associati; e uno di *editing*, ruolo che permette di inserire e modificare i dati. Tra gli utenti del sistema, sono previsti sia profili di tipo veterinario, sia profili di tipo forestale e/o legati alla gestione territoriale.

4. Conclusioni e prospettive future

La gestione delle aree d'alpeggio a scopo forestale, ecologico e veterinario è fondamentale per preservare le realtà locali e l'ecosistema montano, ma anche per permettere al personale veterinario e territoriale-forestale di essere più efficiente nelle scelte e rigoroso nei controlli.

Questa tesi, elaborata presso l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie, nasceva inizialmente dalla volontà di poter supportare gli operatori veterinari in caso di emergenze non epidemiche, come ad esempio la carenza idrica al pascolo durante il periodo estivo. Dopo una dettagliata ricerca a priori, è emerso chiaramente che, pur essendo presente una grande quantità di dati relativi alle malghe, la loro struttura risulta molto diversa tra le varie Regioni. La mancanza di un'unica struttura nelle diverse realtà, l'eterogeneità della loro gestione e la difficoltà nel reperire i dati ad essa legati, sono elementi critici per tutte le attività inerenti al settore veterinario, di gestione territoriale e forestale. Inoltre, non essendoci una precisa politica di condivisione dei dati di tipo spaziale per quanto riguarda il sistema malghivo nelle Regioni Veneto, Friuli Venezia Giulia, Provincia autonoma di Trento e Bolzano, l'acquisizione di informazioni ufficiali e aggiornate è stata spesso complicata o non completa.

A queste criticità si aggiunge la difficoltà nell'individuare una fonte principale a cui riferirsi per la richiesta di dati relativi alle malghe. In altre parole, essendo talvolta questo argomento di competenza multipla e di complessità intrinseca, si è riscontrata una certa problematicità nell'identificare un punto cardine al quale riferirsi per la richiesta dati, poiché la diversità e l'interconnessione degli elementi coinvolti tendono a sfumare gli ambiti delle competenze tra soggetti o enti coinvolti e richiedono un approccio più olistico per cogliere appieno la ricchezza informativa.

Si è deciso quindi di definire una proposta di struttura armonizzata che permetta sia l'amministrazione dei dati, sia la loro successiva analisi per la gestione delle emergenze. Partendo da un'analisi dettagliata di tutti i dati acquisiti dalle varie Regioni, si sono definite le informazioni ritenute importanti per la gestione degli aspetti relativi alle malghe, sia dal punto di vista spaziale sia dal punto di vista degli attributi. Al fine di operare delle analisi strutturate e orientate alle emergenze non epidemiche è necessario organizzare tutte le informazioni in modo adeguato. La mancanza di un sistema di archiviazione dati univoco e specializzato rappresenta una sfida significativa per la gestione delle aree d'alpeggio, diventa infatti estremamente difficile pianificare, monitorare e conservare in modo efficace queste aree, che svolgono un ruolo fondamentale nell'ambito forestale, ecologico e veterinario.

Il lavoro svolto può essere considerato un primo tentativo di creazione di una infrastruttura dati armonizzata, un progetto pilota da arricchire e validare nel tempo da parte dei diversi attori coinvolti sia da un punto di vista veterinario sia da quello forestale.

In base alla ricchezza dei dati utilizzabili, la regione montana dell'Alto-Adige è stata selezionata come caso studio. Da tutte le elaborazioni spaziali effettuate per i dati raccolti di questa provincia è emerso che, anche in base alla qualità dei dati di partenza, esse vogliono indicare un esempio di un quadro di procedure analitiche, per ottenere alcuni risultati indicativi circa la descrizione degli

elementi territoriali che si trovano nella zona montana dove le malghe insistono e che interagiscono con le stesse, influenzando sulla loro gestione e sulla qualità dei prodotti agroalimentari.

Dopo aver riscontrato l'importanza delle pozze d'acqua destinate all'approvvigionamento idrico degli animali durante l'alpeggio, sia dal punto di vista naturalistico e della biodiversità, sia come elementi cruciali per risolvere gli eventi di siccità sempre più frequenti nelle Alpi; è stato dedicato un notevole impegno anche per la ricerca di una metodologia che permettesse di rilevarne la presenza nelle zone dei pascoli in quota.

A seguito del tentativo di estrapolare gli specchi d'acqua che giacevano all'interno o vicino agli alpeggi tramite alcuni indici spaziali, calcolati attraverso la combinazione di bande derivate dalle immagini satellitari, si arriva alla conclusione secondo la quale queste entità hanno estensione troppo piccola per essere rilevate da immagini come quelle di Sentinel-2, che presenta una risoluzione spaziale troppo bassa. Se ne deduce dunque che generalmente da satellite non è possibile acquisire questo tipo di informazione, che invece ha bisogno di un maggior grado di dettaglio in termini di risoluzione, che si potrebbe ottenere con l'utilizzo di altre metodologie di acquisizione immagini come rilevamenti aerei o con drone. Un altro metodo che potrebbe essere utilizzato per rilevare le pozze d'acqua in alpeggio, anche in abbinamento con quelli elencati, è la georeferenziazione sul campo. Il vantaggio di utilizzare questa metodologia è la possibilità di ottenere dei dati precisi sulle caratteristiche di ogni elemento territoriale, ottenuti attraverso misurazioni dirette, ma anche la possibilità di ottenere informazioni e verificarle visivamente, come per esempio l'utilizzo effettivo di un determinato specchio d'acqua.

D'altro canto, compiere interventi con le metodologie sopracitate è dispendioso dal punto di vista economico-temporale poiché risulterebbe necessario recarsi in loco con la strumentazione adeguata, o commissionare la campagna di rilievi ad un esperto. Dunque, l'implementazione di un WebGIS come quello descritto in questo lavoro, offre la possibilità da parte degli utenti di georeferenziare queste pozze d'acqua in maniera autonoma, senza dover adoperarsi per recarsi nei siti di studio, si consiglia dunque questo approccio come metodo iniziale per georeferenziare le pozze d'acqua nelle zone montane.

Si è poi cercato di fare un quadro concettuale di tutte le informazioni che potrebbero risultare di interesse veterinario e forestale, ai fini dell'inserimento degli appositi attributi nel database. Il tutto ha portato alla definizione di un modello dati che segue delle logiche e delle relazioni ben precise. Lo scopo di questo modello dati è la gestione comune di tutte queste informazioni, in modo da offrire un quadro strutturato per l'archiviazione e la gestione delle informazioni relative agli alpeggi, facilitando così la pianificazione, il monitoraggio e la conservazione di queste aree.

Infine, si è implementato un WebGIS con lo scopo di visualizzare i dati su mappa. Questo è uno strumento che semplifica la raccolta e l'acquisizione delle informazioni mancanti: le modalità di editing consentono a chi è a contatto con queste realtà di validare i dati se corretti, ma anche di modificarli e completarli se necessario.

Per concludere, l'implementazione del SIT rappresenta uno strumento fondamentale per una gestione più efficace delle aree d'alpeggio, facilitando la loro pianificazione, il monitoraggio e la

conservazione. Questo approccio può essere considerato un primo tentativo di approccio alla problematica da diversi punti di vista, e può essere indicato come "One Health".

È importante far presente che si intende l'intero progetto come in continua evoluzione. La raccolta dei dati e il mantenimento del SIT richiederanno uno sforzo continuo, e le future ricerche potrebbero concentrarsi sulla migliorata interoperabilità dei sistemi. Un'altra sfida futura potrebbe essere la validazione del sistema con i dati delle altre regioni (Friuli Venezia-Giulia e Veneto) per un eventuale estensione del sistema. Questo obiettivo non sembra semplice date le molteplici modalità con cui questi vengono raccolti e archiviati nelle diverse regioni.

Generalmente, sarebbe consigliata l'istaurazione, ove non è viva, ed il mantenimento, ove è già esistente, di una collaborazione continua ed efficace tra le categorie di soggetti maggiormente coinvolti ed interessati in questo campo: il personale veterinario, il personale forestale, gli enti pubblici locali e gli allevatori. Sarebbe ottimale che ogni soggetto o categoria coinvolta contribuisca al miglioramento continuo di questo progetto attraverso la fornitura dei dati a propria disposizione, in accordo e nel rispetto di tutte le norme e le politiche di privacy personale e aziendale.

5. Bibliografia e Sitografia

- Abbeverate nelle aree alpine: gestione e uso sostenibile. (2015). *Rivista Di Economia Agro-Alimentare*, 17.
- Adinolfi, M., Raffa, M., Reder, A., Mercogliano, P. (2021). Evaluation and expected changes of summer precipitation at convection permitting scale with COSMO-CLM over alpine space. *Atmosphere*, 12(1).
- alpéggio in Vocabolario - Treccani. (n.d.). Retrieved October 16, 2023.
- Bovolenta S, Pasut D, Dovier S. (2008). L'ALLEVAMENTO IN MONTAGNA SISTEMI TRADIZIONALI E TENDENZE ATTUALI.
- Erik Duval. (2001). Metadata standard: What, Who & Why. *Journal of Universal Computer Science*, 7(7), 591–601.
- Flick, U. (2014). *The SAGE Handbook of Qualitative Data Analysis*. The SAGE Handbook of Qualitative Data Analysis. SAGE Publications, Inc.
- Gallo, C. (n.d.). *La Progettazione dei database relazionali*.
- Gestione in stalla dell'acqua di abbeverata - Lely. (n.d.). Retrieved September 28, 2023.
- Giovannini Giovanni, Giovannini Prisca. (2015). *Acqua dell'alpe: pozze, abbeveratoi, canali*. Servizio foreste e fauna -quaderni-.
- Gusmeroli F. (2002). *Il piano di pascolamento: strumento fondamentale per una corretta gestione del pascolo*.
- Gusmeroli, F. (2012). *Prati, pascoli e paesaggio alpino*.
- Hawryło, P., Wezyk, P. (2018). Predicting growing stock volume of scots pine stands using Sentinel-2 satellite imagery and airborne image-derived point clouds. *Forests*, 9(5).
- Il clima futuro in Italia, analisi delle proiezioni dei modelli regionali. (2015).
- Il Ruolo dell'acqua nell'allevamento animale. (2006).
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. (2023). *Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*.
- Jiang, H., Wang, M., Hu, H., Xu, J. (2021). Evaluating the performance of sentinel-1a and sentinel-2 in small waterbody mapping over urban and mountainous regions. *Water (Switzerland)*, 13(7).
- Ji, L., Zhang, L., Wylie, B. (2009). Analysis of Dynamic Thresholds for the Normalized Difference Water Index.
- Ko, B. C., Kim, H. H., Nam, J. Y. (2015). Classification of potential water bodies using landsat 8 OLI and a combination of two boosted random forest classifiers. *Sensors (Switzerland)*, 15(6), 13763–13777.
- L'ALIMENTAZIONE DELLA VACCA DA LATTE AL PASCOLO Riflessi zootecnici, agro-ambientali e sulla tipicità delle produzioni. (2004).

- L'alpeggio nelle Alpi orientali: modelli storici e situazione attuale. Una prospettiva geografica. (2001).
- La Via delle Malghe | Altopiano dei Sette Comuni. (n.d.). Retrieved October 16, 2023.
- Malghe - Regione del Veneto. (n.d.). Retrieved October 16, 2023.
- Marquez, Angel. (2015). PostGIS essentials : learn how to build powerful spatial database solutions with PostGIS quickly and efficiently. Packt Publishing.
- Matloff, N. S. (2011). The art of R programming : tour of statistical software design, 373.
- Mayer, A. C., Stöckli, V., Gotsch, N., Konold, W., Kreuzer, M. (2004). Waldweide im Alpenraum. Neubewertung einer traditionellen Mehrfachnutzung | Forest grazing in alpine regions: a re-evaluation of a multi-usage tradition. Schweizerische Zeitschrift Fur Forstwesen, 155(2), 38–44.
- Molle, G., Decandia, M. (2005). Buone pratiche di pascolamento delle greggi di pecore e capre.
- Mukherjee, N. R., Samuel, C. (2016). Assessment of the temporal variations of surface water bodies in and around Chennai using landsat imagery. Indian Journal of Science and Technology, 9(18).
- Poljansek, K., Marín Ferrer, M., De Groeve, T., Clark, I. (2017). Science for disaster risk management 2017: knowing better and losing less. Science for Disaster Risk Management, EUR 28034.
- QGIS User Guide Release 3.4 QGIS Project. (2020).
- Ramanzin, M., Battaglini, L. (2016). Il paesaggio agro-zootecnico e silvo-pastorale della montagna alpina.
- Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. (2022).
- Worsley, J. C. (John C., Drake, J. D. (2002). Practical PostgreSQL, 619.
- Yu, X., Liu, H., Yang, Y., Zhang, X., Li, Y. (2013). GeoServer Based Forestry Spatial Data Sharing and Integration. Applied Mechanics and Materials, 295–298, 2394–2398.
- Zhang, K., Thapa, B., Ross, M., Gann, D. (2016). Remote sensing of seasonal changes and disturbances in mangrove forest: A case study from South Florida. Ecosphere, 7(6).
- Zhu, Z., Woodcock, C. E. (2012). Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery. Remote Sensing of Environment, 118, 83–94.

Riconoscimenti

Molti dei dati utilizzati per la tesi, i sistemi digitali e il server dove è stato implementato il sistema sono di proprietà dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (IZSVE), che ha così permesso di testare il sistema utilizzando dati reali. L'argomento di studio è emerso da attività associate a progetti di ricerca promossi dall'Istituto o in collaborazione con enti esterni.

Alcuni dati sono stati forniti dalla provincia autonoma di Bolzano, si ringrazia dunque L'Ufficio Economia Montana della Ripartizione Servizio forestale della Provincia per aver messo a disposizione i propri materiali le proprie competenze.

La tesi è stata portata a termine con successo anche grazie a tutto il personale dell'IZSVE, che mi ha concesso fin da subito la piena disponibilità nell'offrire aiuto e consiglio sugli argomenti trattati. Molte persone all'interno dell'Istituto hanno contribuito, anche indirettamente, a questo progetto e ogni piccolo gesto è stato fondamentale per il raggiungimento di questo obiettivo.

Ringrazio in particolare tutti i colleghi del Laboratorio GIS dell'IZSVE per il supporto operativo e morale. In particolare, un ringraziamento speciale va a Matteo Mazzucato per la sua guida preziosa e il costante sostegno durante tutto il percorso. Le sue competenze e la sua dedizione mi hanno guidato e hanno contribuito in modo significativo al successo di questa tesi.

Desidero inoltre ringraziare la mia famiglia, Regina e tutti gli amici per avermi sopportato e supportato costantemente.