



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

Dipartimento di Scienze Umanistiche e Sociali

CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN CULTURE,
LETTERATURE, TURISMO E TERRITORIO

XXXVI° ciclo

Coordinatore del Corso: Prof.ssa Carla Bassu

IN COLLABORAZIONE CON IL CORSO DI DOTTORATO IN SCIENZE
BIOMEDICHE

SSD Igiene generale ed applicata – MED42

Lo sviluppo territoriale e turistico della Sardegna attraverso la valorizzazione delle acque sorgive locali

Supervisor:

Prof.ssa Maria Veronica Camerada

Prof. Andrea Fausto Piana

Dottoranda:

Manuela Usai

Anno Accademico 2022/2023

Sommario

INTRODUZIONE.....	3
1. Le acque sorgive locali come fattore di sviluppo turistico di un territorio	3
1.1 <i>Lo scenario turistico internazionale, nazionale e regionale.</i>	3
1.2 <i>Sardegna: patrimonio ambientale e vocazione turistica</i>	8
2. L'acqua nella cultura del popolo sardo	12
3. Utilizzo delle risorse idriche per uso potabile: Italia e Sardegna	14
4. Funzioni e fabbisogno idrico per l'uomo	15
5. L'acqua in natura.....	16
6. Acque di sorgente e parametri considerati	18
6.1 <i>Parametri indicatori</i>	20
6.2 <i>Parametri obbligatori</i>	27
6.3 <i>Altri parametri caratterizzanti</i>	37
SCOPO DEL LAVORO.....	49
MATERIALI E METODI.....	51
1. Criteri di scelta dell'area geografica e applicazioni	51
2. Riferimenti normativi e limiti di parametro	53
3. Metodi analitici.....	56
4. Metodi di rappresentazione grafica	60
RISULTATI	62
1. I comuni e le attrazioni turistiche di spicco.....	62
2. Le sorgenti.....	69
3. Le sorgenti come attrattore territoriale.....	74
4. Struttura del sottosuolo.....	84
5. Risultati delle analisi chimiche e chimico-fisiche.....	85
6. Rappresentazioni grafiche sul chimismo delle acque.....	98
DISCUSSIONE	101
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	106

INTRODUZIONE

1. Le acque sorgive locali come fattore di sviluppo turistico di un territorio

1.1 Lo scenario turistico internazionale, nazionale e regionale.

L'economia globale e dei singoli Paesi viene influenzata da diversi fattori, tra i quali il turismo. Quest'ultimo ha la capacità di contribuire allo sviluppo economico ed all'incremento della capacità di acquisto sia direttamente, mediante l'attivazione di beni e servizi propri del settore (strutture di ricezione, ristorazione, trasporti, etc.), ma anche indirettamente, favorendo tutte le attività di supporto [1; 2]. Si tratta di un ambito multidisciplinare le cui performance, in continuo mutamento e miglioramento, conducono ad un incremento dei posti di lavoro e di conseguenza del benessere delle popolazioni in loco [3].

Nel 2019 il settore del turismo e dei trasporti ha inciso per il 10 % circa sul PIL mondiale, per un equivalente di poco meno di 10 trilioni di dollari, ponendosi al terzo posto nell'ambito dell'export di beni e servizi (6.8% con poco meno di 2 trilioni di dollari) e coinvolgendo circa 333 milioni di profili lavorativi in tutta la Terra, ossia il 10,3% della forza lavoro mondiale [1]. Di contro nel 2020, anno in cui è dilagata la pandemia dovuta al Covid-19, si è registrato un punto di arresto drastico della mobilità, tradottosi in un crollo dei flussi turistici e risvolti negativi inerenti sia in termini di fatturati [4] che di creazione di posti di lavoro ad esso correlati [1]. Negli ultimi anni è prassi confrontare i dati statistici rilevati dagli enti istituzionali (World Tourism Organisation UNTWO, Istituto Nazionale di Statistica ISTAT e simili) con i livelli antecedenti la pandemia, quando sul settore non gravava alcuna restrizione; per questo motivo nelle pagine che seguono si osserveranno i dati più recenti disponibili e li si raffronteranno con quelli del 2019.

Per quanto riguarda gli arrivi turistici internazionali, si parte dai 1466 milioni del 2019 per arrivare ai 409.1 milioni del 2020, con un decremento maggiore del 70%, per poi osservare una lieve ripresa nel 2021 (+5.8% rispetto al 2020) pari a 455 milioni [5].

Nel triennio 2019-2021, gli introiti correlati al turismo passano da 1325 a 579 e 521 milioni di euro [1]. Nel 2022 si osserva un primo reale incremento degli arrivi internazionali, pari a 917 milioni [5], +22% rispetto al 2021 degli introiti che hanno contribuito per il 7.6% al PIL mondiale (pari a circa 7.700 miliardi di dollari), che, se pur

in positivo per il periodo post-pandemico, rimane comunque al di sotto rispetto al 10.4% del contributo sul PIL del pre-Covid [6]. Nello stesso anno, sono circa 295 milioni le figure occupate nel settore *Travel and Tourism* (T&T), circa l'8% in più rispetto al 2021 [6].

Il 2023 ed i primi mesi del 2024 restituiscono tuttavia i dati migliori [6]: gli arrivi turistici internazionali rilevati da inizio 2023 a settembre dello stesso anno sono pari all'87% dei valori pre-Covid, con il 91% raggiunto nel terzo trimestre, ed il dato più significativo del mese di luglio, pari a 92%. È proprio nell'arco temporale da gennaio a fine estate che si registra un +38% dei viaggiatori a livello globale (circa 975 milioni) rispetto all'anno precedente, ma sempre -13% se confrontato al periodo pre-pandemia [7]. In termini monetari, le entrate complessive associate al turismo internazionale 2023 raggiungono 1,5 trilioni di dollari [8] mentre sono 9,9 i trilioni di dollari apportati dal sistema turistico e dei trasporti internazionale sul PIL mondiale, anche detto *Global Gross Domestic Product* (GDP) [9], incidendo per il 9,1% sul GDP mondiale rispetto al 10,4% del 2019 [10]. In tale contesto è il Medio Oriente a guidare la ripresa di settore, segnando un +20% di arrivi internazionali, seguito da Europa, Africa, Americhe, Asia e Pacifico, che rispettivamente hanno raggiunto il 94%, 92%, 88%, 62% e 62% dei valori antecedenti la pandemia, anche se l'Europa, rimane sempre e comunque la meta più assediata [7]. Nel 2024 una serie di facilitazioni semplificano il recupero quasi totale del settore, come l'apertura dei mercati asiatici, lo snellimento delle procedure sui visti ed il miglioramento delle connessioni aeree, nonché l'incremento della domanda. Infatti, solo nei primi tre mesi del 2024 si raggiunge il 97% degli arrivi internazionali rispetto al 2019, con 285 milioni di viaggiatori (+20% rispetto allo stesso periodo dell'anno prima). Come nel 2023, è sempre il Medio Oriente a primeggiare nella ripresa, riscontrando un +36% di arrivi internazionali rispetto al 2019, mentre Europa e Africa superano finalmente i livelli pre-pandemici con +1% e +5% rispettivamente. Le Americhe raggiungono il 99%, mentre Asia e Pacifico, salgono al 82%, rispetto al 65% dell'anno precedente [8].

Secondo i dati UNTWO sugli arrivi internazionali nel mondo, l'Europa si posiziona al primo posto quale meta preferita dai turisti, partendo dal 2019 con circa 745 milioni di turisti internazionali, [5] un livello di occupazione nel settore di circa il 16% ed un'incidenza sul valore aggiunto lordo UE del 12,9% [11]. Nel 2020 le restrizioni Covid-19 conducono al crollo dell'80% del valore turistico europeo [11], un decremento degli arrivi internazionali che sfiora i 242 milioni [5] e 11 milioni di risorse lavorative

penalizzate dal fenomeno [11]. Nel 2021 sono 304.7 milioni gli arrivi internazionali, un primo flebile rialzo, ma i primi reali segni di ripresa si hanno nel 2022, con circa 585 milioni di arrivi, equivalenti al 68% circa dei valori complessivi osservati a livello globale [5]. È nel dicembre 2022 che si stila “l’Agenda Europea per il turismo 2030” nella quale si conferma l’importanza del settore turistico quale strumento per favorire l’occupazione, lo sviluppo e la coesione sociale [11]. L’UE sin dagli anni ’90 finanzia progetti volti ad incrementare non solo la competitività ma anche la cooperazione territoriale (CT) [12]. Tra questi gli Interreg (*cross-border*; transnazionali e interregionali), strumenti impiegati dall’UE per rafforzare la cooperazione i territori e orientati alla promozione dello sviluppo urbano e rurale, dell’imprenditorialità e incremento occupazionale [12].

Il connubio tra gli sforzi intrapresi, la domanda crescente e la progressiva abolizione delle restrizioni Covid hanno condotto ad un progressivo incremento dei flussi turistici nel mondo, ed in particolare in Europa, supportato da un robusto ed efficiente comparto infrastrutturale dedicato alla ricezione turistica e dei sistemi di trasporto ben organizzati [13] ha permesso di ospitare 120 milioni di turisti internazionali solo nei primi tre mesi del 2024 [8] e di registrare 452,6 milioni di pernottamenti in strutture ricettive, equivalente al 6.6% in più rispetto allo stesso periodo dell’anno precedente [14]. Nel 2023 infatti, l’Europa ha raggiunto il più alto incasso turismo-derivato rispetto al resto dei Paesi nel mondo, equivalente ad una somma pari a 660 milioni di dollari, superiore del 7% rispetto ai valori antecedenti alla pandemia [8].

Confrontando il 2019 con il 2022, anno di prima reale ripresa dal crollo economico dovuto al Covid, si osserva come l’Italia mantenga il quinto posto nella Top 10 delle destinazioni turistiche globali con il maggior numero di arrivi internazionali, il sesto posto per quanto riguarda i guadagni turismo correlati [15] ed il quarto posto - con esclusivo riferimento al 2022 - per entrate dovute al turismo internazionale [1].

Secondo le ultime stime Istat 2023 sono più di 134 i milioni di arrivi (+2.3% rispetto al 2019) e 451 i milioni relativi alle presenze (+3.3% rispetto al 2019) presso le strutture ricettive sul territorio nazionale [16]. L’Italia si colloca al secondo posto delle destinazioni europee con il maggior numero di presenze sia internazionali che totali [17]. È il primo anno dopo la pandemia in cui l’utenza proveniente dall’estero supera quella domestica con un valore del 52.4% in termini di presenze, superiore anche rispetto al 2019 [16]. Le vacanze sono il principale motivo per il quale i turisti internazionali

tendono a visitare l'Italia nel 2023, seguono motivi di lavoro e di visita a parenti e amici. I primi due blocchi di utenza hanno speso, nello stesso anno, rispettivamente 32 e 7.3 miliardi di euro, dati in crescita del +21% e del +14% rispetto al 2022 [17]. La scelta della tipologia di vacanza ricade in maggioranza su città d'arte e *target* culturali, seguite da destinazioni marittime, montane e altre motivazioni [18]. Queste scelte sono in linea con quelle del 2019, anno in cui i turisti, per quanto riguarda le attività culturali, si sono orientati prettamente a parimerito nella visita di città, paesi e borghi italiani, e nella visita di patrimoni naturalistici [19]. In maniera decrescente hanno seguito la visita siti storici e archeologici, di mercati tipici locali, di musei, spettacoli, manifestazioni culturali, folkloristiche o religione e le visite esperienziali di degustazione [19].

Per quanto attiene alle modalità di organizzazione della vacanza, a maggio 2024 in Italia si conta un 34% di strutture turistiche prenotate mediante piattaforme *online* OTA (*Online Travel Agency*), un 26% di prenotazioni aeree domestiche e un 74% estere, con una predilezione verso città d'arte nel 51% dei casi, cui seguono luoghi a vocazione termale e lacuale, rispettivamente nel 41 e 40% delle scelte [20]. Le prenotazioni e gli acquisti nel settore turistico attraverso portali *web* erano già decisive dal 2010 [21] e si confermano a distanza di dieci anni e post pandemia, la via preferenziale attraverso la quale organizzare il proprio viaggio grazie al supporto delle tecnologie, dei portali dedicati al turismo e dei social network [3; 21; 4]. Si assiste oramai da decenni al dilagare del *digital tourism* e *smart-tourism*, con viaggiatori avvezzi ad organizzare interamente il viaggio da casa, eseguendo un'attenta scelta dei luoghi del proprio ipotetico itinerario, facendo sempre più affidamento alle recensioni online, e divenendo a loro volta autori di giudizio delle proprie esperienze durante e dopo il viaggio [3; 21]. Se già precedentemente all'avvento di internet, il passaparola, rappresentava uno dei principali fattori su cui il turista faceva riferimento, con gli strumenti informatici odierni il processo si è ulteriormente enfatizzato [21]. È rilevante quanto attualmente le storie e nozioni trasmesse dal *web* e dai *social network* siano capaci di persuadere il viaggiatore ed influenzarlo ad intraprendere delle scelte di viaggio [22; 23]. Tenendo presente quanto le recensioni espresse dall'utenza influenzino il processo di prenotazioni [3]. Risulta chiaro quanto la *web reputation* o reputazione digitale di un'azienda o località turistica, possa esser decisiva. Allo stesso modo il monitoraggio e analisi della *web reputation* da parte di un sistema di *governance* efficiente permette indubbiamente di intervenire con maggiore ragionevolezza sull'offerta turistica, intervenendo sulle carenze del

settore riportate dalle recensioni e cercando di innalzare la qualità di beni e servizi proposti [21].

All'interno del quadro nazionale, nel 2022 il sistema ricettivo sardo è composto da 5499 strutture alberghiere ed extra-alberghiere che hanno permesso di accogliere 3.411.892 arrivi e 14.700.911 presenze, la cui affluenza si concentra prettamente nei mesi da giugno a settembre (con valori tra il 16% e 21% circa), riscontrando nel mese di gennaio il dato più basso (0.9%) [24]. I dati registrati dalla CNA (Confederazione Nazionale dell'Artigianato e della Piccola Media Impresa) relativi alle presenze e arrivi inerenti al 2023 sono decisamente migliori rispetto all'anno precedente. Sono infatti 15,7 milioni le presenze registrate nel 2023, di cui 14,1 milioni di soli stranieri secondo le stime della Banca d'Italia. In termini percentuali si assiste ad un incremento del 6,5% delle presenze e 7,7% di arrivi nel 2023 rispetto all'anno prima. Se contestualizzato all'interno dello scenario nazionale, il dato sulle presenze turistiche 2023 in Sardegna, fa posizionare la regione all'undicesimo posto nella totalità delle regioni Italiane con 15.7 milioni di presenze, perdendo due posizioni rispetto al periodo pre-pandemico. Per quanto riguarda i *competitors* sul Mediterraneo (Creta, Algarve, Puglia, Corsica, Croazia, Malta, Sicilia, Baleari, Calabria e Cipro) il divario con alcuni di essi è nettamente evidente. Nel 2022 gli arrivi registrati in Sardegna hanno costituito soltanto il 5,6% degli arrivi complessivi considerati nell'area, equivalenti a 4.4 milioni di arrivi, ben distanti dai 15,6 milioni della Croazia o dai 12,8 milioni delle Isole Baleari, mettendo in luce quanto la Sardegna abbia ancora da lavorare sulle proprie potenzialità [25].

1.1.2 Il ruolo delle politiche a sostegno della competitività del turismo

Le politiche a sostegno della competitività del turismo giocano un ruolo cruciale per il successo e la sostenibilità del settore turistico di un Paese. Attraverso l'innovazione, la formazione, la riqualificazione delle infrastrutture è infatti possibile mantenere e migliorare la posizione competitiva di una destinazione turistica nel panorama globale. Determinanti diventano pertanto la *governance* e il supporto finanziario.

Al fine di incrementare la competitività dell'Italia nel mercato mondiale, promuovere un turismo sempre più orientato al digitale, all'innovazione e alla sostenibilità, con un forte sostegno alle aziende ed operatori del settore, nel luglio 2021 viene approvato il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), che sovvenziona quasi 2 miliardi e mezzo nell'ambito "Turismo e Cultura" [26]. Sulla forte spinta

economica finanziata dal PNRR, e sulle linee comunitarie dell'Agenda Europea per il turismo 2030, si inserisce nel 2023 il “Piano Strategico del Turismo (PST) 2023-2027” [1]. Quest'ultimo consolida alcuni temi già trattati nel precedente Piano 2017-2020, come sostenibilità, inclusione, formazione continua e digitalizzazione nonché la necessità di un modello di *governance* e monitoraggio condivisi tra Stato e Regioni. Il piano mira a favorire la qualità infrastrutturale e della mobilità, garantendo l'inclusione dei territori più svantaggiati [1].

Risulta chiara la funzione essenziale della programmazione di un'offerta turistica, con una visione e regole condivise sull'intero territorio nazionale, volta all'attuazione dei vari piani di intervento in funzione della domanda, tenendo conto delle vocazioni ambientali e geografiche dei luoghi e della presenza di vari attori, pubblici e privati, che lavorano nel turismo [27]. La competitività turistica di un luogo dipende *in primis* dal patrimonio ambientale e culturale che funge da base, e dopo dallo studio e comprensione della tipologia di utenza che frequenta lo stesso, dalla strutturazione di un forte sistema di governo del settore e dalla pianificazione degli interventi attuativi, ove siano coinvolti tutti gli *stakeholder* locali [27]. Infatti, un'area geografica può ritenersi competitiva sul profilo turistico quando i piani di governo mirano ad organizzare in modo sostenibile, oltre che sistemico, quelle che sono le potenzialità intrinseche del luogo, e al contempo tenere in forte considerazione il soddisfacimento delle richieste ed aspettative del mercato [21].

1.2 Sardegna: patrimonio ambientale e vocazione turistica

La Sardegna è la terza regione italiana per superficie, con circa 24.100 Km² ed una popolazione legale, censita a dicembre 2021, di 1.587.413 residenti, distribuiti su 377 comuni. Il continuo spopolamento affligge da anni la Regione, per il quale si osserva un decremento del 3,2% dal 2011 al 2021 [28] e che prosegue nel 2022 con -0,8% [29].

Confrontando i dati Istat regionali relativi agli anni 2021-22, si denota un tasso di occupazione inferiore rispetto ai valori medi nazionali. Infatti, nel 2021, solo il 41,0% della popolazione è occupato (circa 5 punti percentuali sotto il valore medio nazionale) di cui il 34,3% di genere femminile, contro il 37,9% nazionale. Nel 2022 si raggiunge il 58,6% di occupati, sempre inferiore di 6,2 punti percentuali rispetto al dato medio nazionale, con un'occupazione under 30 che coinvolge solo il 26,7%, dei giovani rispetto al 33,8% del resto d'Italia [28].

Il turismo rappresenta, come detto, un volano per l'economia e la creazione di posti di lavoro [4]. Questo è vero a maggior ragione per territori a spiccata vocazione turistica come la Sardegna, dove il settore costituisce un'opportunità di sbocco lavorativo soprattutto per le fasce sociali più deboli come le donne e i giovanissimi. Il comparto del turismo sardo conta nel 2022 oltre 13.500 imprese attive e 63.778 addetti impiegati [30]; il 48.3% sono lavoratrici donne e il 62% under 40 [31].

La Sardegna fonda la propria vocazione turistica sulle caratteristiche ambientali e paesaggistiche del territorio, ma può nondimeno vantare un interessante patrimonio archeologico e identitario. Per quanto attiene al patrimonio ambientale sono oltre cento le emergenze naturali di pregio, in Sardegna. Tra queste aree naturali protette, parchi nazionali e regionali, aree marine protette, monumenti naturali, luoghi di salvaguardia degli ecosistemi e della biodiversità [32]. In questi territori trovano spazio l'ecoturismo, il turismo naturalistico, il rurale e lo sportivo [6], forme di turismo sostenibile accomunate dalla volontà di svolgere attività a basso impatto ambientale e rispettose dei diritti delle generazioni future [3]. Dal punto di vista archeologico, l'Istat nel 2022 segnala in Sardegna 8 parchi, 28 musei e 52 aree archeologiche. A queste risorse va tuttavia sommato un consistente patrimonio di luoghi di pregio non censiti e inseriti in circuiti fruibili[6].

Piano strategico regionale del turismo 2023-2025", di recente pubblicazione, individua 14 diverse declinazioni turistiche per il territorio sardo: balneare, nautica, del turismo lento, rurale e naturalistico, archeologico, culturale e museale, letterario, enogastronomico, dei borghi, dei cammini e religioso, sanitario e del benessere, attivo/sportivo, cineturismo ed infine congressuale e degli eventi.

Con 1851 km di costa, spiagge e mare invidiabili, il turismo balneare è indubbiamente quello che dagli anni 60' attira maggiormente i flussi nazionali ed internazionali nell'Isola [6]. Seppure le caratteristiche ambientali e paesaggistiche della Sardegna siano spiccatamente orientate verso un turismo sole-mare, i piani turistici locali e le scelte politico/finanziarie rendono appetibile il territorio attraverso la proposta di altre forme di fruizione, tra cui quella legata alla valorizzazione e promozione delle aree rurali [27]. Queste ultime, spesso identificabili in zone interne e montane [33] locate a più di venti minuti dal centro cittadino più vicino [34; 35] hanno subito, a partire dal Novecento e ancor più dopo la Seconda guerra mondiale, un continuo abbandono da parte della popolazione residente, accentuando le condizioni di marginalità sociale, economica e

demografica dei luoghi [33] e svantaggiando sempre più i residenti [36]. Nel corso degli anni si è quindi cercato di affiancare sempre più al turismo balneare l'offerta di altri prodotti turistici localizzati in sedi più svantaggiate [6] come quelle rurali, così da decentralizzare i flussi, ridurre i fenomeni negativi dell'*over-tourism* e incentivare un'offerta disponibile tutto l'anno pensata in sedi dal capitale naturalistico, climatico, culturale, archeologico sostenibile, in armonia con la natura e di qualità [12].

Si fanno quindi oltremodo necessari piani di sviluppo locale innovativi in grado di innalzare il livello di competitività turistica dell'offerta tenendo conto della sostenibilità [37]. Le politiche devono basarsi su un attento studio del territorio su scala multidimensionale [38] ed essere fondate su obiettivi comuni che presuppongano la cooperazione degli attori dell'industria turistica [39]. Sempre più evidenze sottolineano infatti quanto la valorizzazione integrata a fini turistici del patrimonio culturale e paesaggistico rappresenti un elemento strategico per la crescita e sviluppo delle aree interne [33]. Sono molteplici le iniziative attuate per prolungare la stagione turistica estiva, ed offrire un pacchetto di attrazioni più ampio, che vada oltre il turismo balneare a favore delle aree interne dell'isola. I prodotti incentrati sul turismo rurale o il turismo dei cammini. Il turismo, in particolare, si pone come mezzo di connessione del capitale culturale, ambientale, paesaggistico e gastronomico e tale fenomeno mette in relazione non solo paesi e città limitrofi, ma coinvolgono attori del settore, con una logica di rete comune che favorisce la promozione del territorio ed apporta benefici economici, occupazionali, specialmente nelle zone rurali, meno abbiette alle forme massive di turismo, ma portatrici di grandi valori materiali ed immateriali [40]. Difatti il turismo dei cammini è una forma di vacanza lenta che incrocia il turismo esperienziale e dei borghi, in grado di facilitare l'interazione della popolazione turistica con le popolazioni indigene e le loro usanze [40; 33].

Diversi sono i programmi, a livello nazionale e internazionale, che combinano la valorizzazione del patrimonio culturale e naturale con benefici economici e sociali. Tra questi l'Agenda 2030 [41], il Piano Strategico di sviluppo del Turismo sia nazionale [1] che regionale [6], i quali si rinnovano periodicamente, o progetti transfrontalieri come Terragir, ove le università affiancano e supportano gli enti pubblici e privati del settore nello sviluppo di ricerche e progetti innovativi [12]. La gestione integrata delle diverse forme di turismo garantisce lo sviluppo sostenibile e rispettoso dell'ambiente. Anche a livello regionale i cammini stanno contribuendo ad una crescita equilibrata e a lungo

termine dell'isola, ne sono un esempio il Cammino Minerario di S.Barbara o quello di San Giorgio.

Recentemente, il progetto InnTerr, guidato dal Dipartimento di Scienze Umanistiche e Sociali dell'Università degli Studi di Sassari, opera per valorizzare e mettere in rete il patrimonio ambientale e culturale delle aree rurali interne della Sardegna. Questo avviene attraverso il recupero e la promozione turistica del percorso antico conosciuto nell'Itinerarium Antonini come "aliud iter ab Ulbia Caralis", l'importante strada romana che collegava Olbia a Carales attraversando le zone interne dell'isola. Congiuntamente il rilancio del network di sentieri che un tempo costituivano le vie del banditismo e della transumanza sarde [12].

Una cura appropriata del bene ambientale è indubbiamente fondamentale sia per il mantenimento della biodiversità faunistico-floristica ed ambientale, sia per la preservazione e valorizzazione di beni mobili ed immobili [33]. Lo sfruttamento delle risorse idriche, così come la salvaguardia di luoghi storici e opere architettoniche legate all'acqua, rappresentano un tratto distintivo e testimonianza di tradizioni e cultura della regione. Come evidenziato nel lavoro intitolato "Architettura dell'acqua in Sardegna", tutte le strutture idriche del territorio, incluse fontane, lavatoi e acquedotti sono il segno tangibile di abilità e tecniche costruttivo-ingegneristiche del passato, che raccontano il legame sociale, storico e culturale con le comunità locali [42].

2. L'ACQUA NELLA CULTURA DEL POPOLO SARDO

In Sardegna l'acqua ha sempre ricoperto un ruolo decisivo per il popolo, difatti in corrispondenza dei punti di emergenza delle acque sono stati edificati svariati monumenti dediti al culto dell'acqua come pozzi, sorgenti sacre, e santuari, che davano accesso all'acqua superficiale o agli acquiferi sotterranei. I pozzi sacri disseminati sul territorio sono svariati (es. S. Vittoria-Serri (NU), Cuccuru Nuraxi-Settimo S. Pietro (CA), S. Anastasia-Sardara, (CA)), simbolo dell'architettura religiosa risalente dalla metà dell'età del Bronzo e inizio dell'età del Ferro. Altri indicatori archeologici legati ai rituali, come il ritrovamento di utensili, sedie, camini, resti di animali e pasti dati in sacrificio, hanno permesso di confermare il titolo di santuari e di luoghi del culto a questi siti. Spesso questi ultimi venivano inseriti all'interno di costruzioni non religiose, come i nuraghi, o internamente ai villaggi nuragici. La collocazione di tali insediamenti e dei complessi di culto era strettamente legata alla localizzazione dell'acqua (fiumi, sorgenti, laghi), tanto che la distanza ottimale tra i due si aggirava tra i 50 e 150 metri. Tale vicinanza si basava, *in primis* sulla necessità della matrice per scopi quotidiani, e *in secundis* per gli spostamenti facilitati dalle vie fluviali. La presenza dell'acqua e la sua amministrazione fungevano da focus del potere politico, economico, religioso, e dell'amministrazione regionale. La loro localizzazione in punti specifici sembrerebbe esser correlata alla divisione territoriale in distretti, all'interno dei quali la presenza di luoghi di venerazione di tale bene avrebbero ricoperto un ruolo attivo nella costituzione di unità amministrative sin dalla fine dell'Età del Bronzo [43; 44].

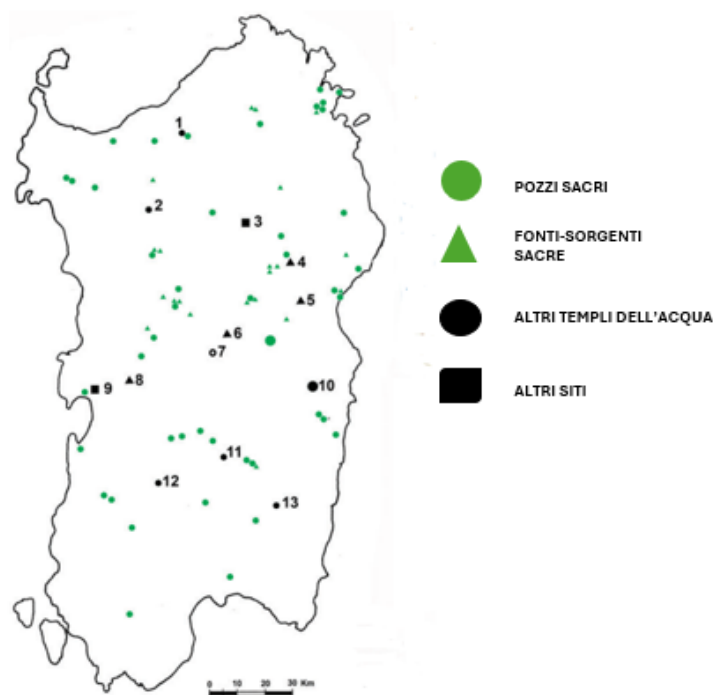


Figura 1: Sardegna, distribuzione di pozzi e sorgenti sacre.

Fonte: Water and cults in Nuragic Sardinia. Depalmas, A. (2018).

In Figura 1, tratta da “Water and cults in Nuragic Sardinia” uno studio del 2018 sul culto delle acque in Età Nuragica, si riporta uno dei tanti esempi rinvenibili in letteratura riguardo la molteplicità di pozzi e fontane sacre, templi e vari siti dedicati all’acqua, ad avvalorare quanto fosse stretto il legame con la popolazione dell’Isola sin dall’Età del Bronzo [44]. Tale connessione viene documentata anche nel periodo giudicale sardo medioevale, tra il XI e XIV secolo, durante il quale, appunto, molti dei castelli del tempo venivano costruiti in prossimità di zone sorgive, come il Castello dei Doria, edificato vicino alle terme di Santa Maria Coghinas, o ancora il Castello di Sardara, sulla vetta del monte adiacente le acque termali di Santa Maria, il Castello di Burgos, vicino alle Terme di San Saturnino a Benetutti, ecc. Il posizionamento insediativo specifico in corrispondenza di emergenze acquifere aveva carattere di confine geografico, di amministrazione dell’acqua quale bene primario di sostentamento del popolo e quale garanzia di uno sviluppo economico agricolo e manifatturiero [42].

3. UTILIZZO DELLE RISORSE IDRICHE PER USO POTABILE: ITALIA E SARDEGNA

Nel 2020, in Italia, sono stati prelevati 9,19 miliardi di m³ di acqua potabile per usi domestici, pubblici, commerciali, artigianali, industriali e agricoli, tutti integrati nella distribuzione comunale, per un totale di 25,1 i milioni di m³/gg, equivalenti a 422 litri pro-capite. Anche se, rispetto al 2018, si è osservato un decremento dello 0,4%, l'Italia mantiene il primato tra i Paesi UE per il quantitativo totale di acqua dolce prelevata a fini potabili, ed il secondo posto per consumo per abitante (155 m³/anno pro-capite), superata solo dalla Grecia (158) e succeduta, con grande stacco, dalla Bulgaria (118) e dalla Croazia (113) [45].

Sempre nel 2020, i dati Istat riportano come sull'interno territorio nazionale si faccia prevalentemente ricorso al prelievo di acque profonde nel l'85% dei casi (48,9% da pozzo e 35,8% da sorgente), e solo per il 16,1% da acque locate superficialmente e per il restante 0,1% da acque marine o salmastre. Rispetto al resto dei distretti idrogeografici, la Sardegna va in controtendenza, prelevando da acque profonde e sotterranee sol il 22% dell'approvvigionamento totale, con una prevalenza nell'utilizzo di acque superficiali, in particolare da bacini artificiali, per il 77,8% del volume complessivo. La garanzia del mantenimento della qualità dell'acqua lungo la rete di distribuzione viene mantenuta grazie all'attuazione di trattamenti di potabilizzazione (es. filtrazione) nel 27,9% dei volumi estratti, al fine di rimuovere eventuali agenti contaminanti, mentre per il 72,1% si ricorre alla sola disinfezione o a nessun trattamento. La terza opzione è alquanto rara, per esempio attribuibile all'utilizzo di acque sorgive provenienti da quote elevate, per natura prive di contaminanti, pure all'origine e non richiedenti nessun tipo di trattamento, quindi direttamente distribuite senza sistemi di stoccaggio. Di fatti, in virtù della loro qualità, solo il 3,0% di 3.29 miliardi di m³ delle acque sorgive prelevate, veniva sottoposto a potabilizzazione. L'Appennino centrale (71% circa del volume) e meridionale (45,6%) sono le regioni che maggiormente ne fatto uso. Diversamente, la Basilicata (80,9%) e la Sardegna (79,0%) sono le regioni in cui si effettua la più alta percentuale di trattamenti di potabilizzazione, dovuti all'utilizzo di acque superficiali, provenienti da corsi d'acqua e bacini artificiali più esposte agli inquinanti [45].

4. FUNZIONI E FABBISOGNO IDRICO PER L'UOMO

L'acqua è una risorsa fondamentale per la vita animale e vegetale, implicata nello svolgimento di innumerevoli reazioni biochimiche e metaboliche ove si comporta da reagente o mezzo di reazione [46; 47].

Rappresenta il sistema di trasporto delle sostanze nutritive verso le cellule di tutti i tessuti, e da questi si fa carico delle sostanze di scarto che trasporterà ai distretti adibiti per l'escrezione, come l'uretra, ed eliminazione delle scorie, tramite l'urina. Contribuisce ai processi di termoregolazione tramite la sudorazione, limitando gli sbalzi di temperatura corporea in relazione a quella esterna [48; 47]. Va a costituire muco ed altri fluidi corporei ad azione lubrificante, come la saliva, oppure ad azione di sostegno e di assorbimento degli urti, importante per la corda spinale ed il cervello durante la deambulazione, o per il feto, immerso in un cuscino d'acqua [47].

Il 70% in media del peso corporeo di un uomo, variabile a seconda dell'età, del sesso e del peso, è costituito da acqua [48]. La regolazione del bilancio idrico è molto precisa, difatti, la perdita dell'1% di acqua corporea viene normalmente compensata entro 24 ore. Sia l'assunzione che le perdite d'acqua vengono controllate al fine di raggiungere l'equilibrio idrico. Piccoli cambiamenti nell'osmolarità plasmatica sono i principali fattori che avviano questi meccanismi omeostatici. Gli adulti sani regolano il bilancio idrico con precisione, ma i neonati e gli anziani corrono un rischio maggiore di disidratazione. La disidratazione può influenzare la coscienza e può indurre incoerenza del linguaggio, nonché svariate disfunzioni corporee [47].

Il bilancio idrico è parzialmente regolato dalla percezione della sete. Ci sono, però, soggetti maggiormente a rischio disidratazione come anziani, bambini molto piccoli e donne gravide. I primi in quanto percepiscono un minor senso di sete e hanno un sistema di concentrazione delle urine a livello renale meno efficiente; i secondi in quanto incapaci di esprimere la loro necessità di bere [47]. Le terze in quanto subiscono dei cambiamenti corporei fisiologici alla loro condizione, che richiedono un aumento della perdita d'acqua e di conseguenza una maggior necessità di reintegro [49].

La quantità di acqua raccomandata risulta essere:

- nei lattanti (6-12 mesi) 800 ml/gg;
- nei bambini (1-10 anni) dai 1200 ai 1800 ml/gg;
- negli adolescenti (11-17 anni) maschi, dai 2100 al 2500 ml/gg, femmine dai 1900 ai 2000 ml/gg;

- negli adulti (18-75+ anni) maschi 2500 ml/gg, femmine 2000 ml/gg;
- durante la gravidanza e l'allattamento, la donna dovrebbe incrementare rispettivamente di 350 e 700 ml/gg [50].

Il ruolo fisiologico dell'acqua e le problematiche di tipo quali-quantitativo sulla salute umana vengono analizzate sotto un profilo angiologico, ossia gli apporti benefici derivanti dall'assunzione di oligoelementi la cui funzione è necessaria o favorevole ad alcune funzioni biologiche, oppure sotto il profilo epidemiologico, dovuto agli apporti negativi dell'acqua, dal punto di vista di trasmissione di patologie infettive, alterazioni dell'omeostasi corporea con insorgenza di patologie acute, croniche o neoplastiche. La distinzione tra ruolo positivo o negativo esercitato dall'acqua e dalle componenti in essa disciolte non è così netta. Gli stessi elementi, infatti, possono esser implicati in reazioni necessarie al mantenimento fisiologico, ma se assunti in concentrazioni errate possono aver un'azione tossica o quantomeno alterare le caratteristiche organolettiche che rendono l'acqua gradevole. Ci sono degli elementi coinvolti in azioni plastiche, protettive, regolatrici, per questo definiti essenziali per lo svolgimento di attività vitali, la cui carenza porta ad alterazioni strutturali e/o fisiologiche. Alcuni sono presenti in quantità maggiori (Ca, Mg, Na, K) per cui detti macroelementi, coinvolti in funzioni a carico degli organi, quali ossificazione, funzionalità cardiaca, renale, ecc; gli oligoelementi sono presenti in tracce (ad esempio il fluoro) ugualmente importanti e più facilmente assorbibili attraverso l'acqua rispetto al cibo, dove possono anche esser presenti in concentrazioni maggiori [43].

5. L'ACQUA IN NATURA

Il ciclo dell'acqua, anche detto "ciclo idrologico" è il processo tramite il quale l'acqua si sposta dall'atmosfera alla terra per tornare poi in atmosfera. Questo ciclo ha inizio quando il vapore acqueo, circolante in atmosfera, condensa formando le nuvole. L'acqua precipita fino a raggiungere, in parte, suolo e corpi d'acqua, ed in parte viene intercettata dalla vegetazione, dalla sostanza organica morta del suolo, da strade e strutture urbane. L'acqua che condensa per formare le nuvole è praticamente pura, con l'eccezione di qualche gas disciolto; è durante la ricaduta al suolo che acquisisce sostanze contenute in particolati e polveri sospesi in atmosfera. Una volta raggiunto il terreno si muove per infiltrazione, con un tasso che dipende dal tipo di suolo, pendenza, vegetazione e dall'intensità delle precipitazioni, arricchendosi di soluti caratteristici dalle superfici

con le quali entra a contatto. Parte dell'acqua infiltrata raggiungere uno strato impermeabile di roccia o argilla ove si raccoglie come "acqua di falda". Da questo comparto di riserva l'acqua alimenta sorgenti e ruscelli, che a loro volta confluiscono dando origine a fiumi, laghi e zone umide, in corrispondenza di depressioni o pianure alluvionali. I fiumi infine raggiungono la costa, dove costituiscono ambienti di transizione tra acque dolci e salate. L'acqua che invece non si infiltra nel terreno, ma rimane nello strato superficiale, torna in atmosfera evaporando. La vegetazione, attraverso gli apparati radicali, assorbe acqua dal terreno, che poi disperde attraverso le foglie e altri organi mediante un processo di traspirazione [51].

A livello geografico $\frac{3}{4}$ del pianeta terra sono costituiti da acque di tipo salato (il 96% dei mari superficiali e delle profondità abissali) e di tipo dolce (il 3% allo stato solido di tipo nevoso o ghiacciato; solo il restante 1% va a costituire le acque di superficie, fluviali, lacustri e profonde disponibili per il consumo umano) [51].

Le risorse idriche destinate al consumo umano sono costituite da acque superficiali e falde acquifere sotterranee, due tipologie normalmente distinte dal contenuto in sali, qualità chimico-fisiche, microbiologiche ed igieniche [51].

Tra le acque superficiali rientrano le acque fluenti (fiumi e canali navigabili, ecc) le statiche (laghi o serbatoi, ecc), di transizione (stagni salmastri, paludi, ecc), costiere (entro 100 metri dalla costa). Sono tutte fortemente esposte ad agenti inquinanti di derivazione sia naturale che antropica, ragion per cui, la captazione di tali acque deve essere sempre corretta e depurata attraverso sistemi di depurazione artificiale per renderle disponibili al consumo umano [51].

Le **acque sotterranee**, anche dette telluriche, derivano invece da acque meteoriche che si infiltrano in profondità nel terreno, andando a costituire:

- **le vene o reti idriche** scorrono in terreni costituiti da rocce compatte e fessurate che funzionano da filtri rispetto a tutti i possibili inquinanti in modo direttamente proporzionale al grado di fessurazione. A seconda che la roccia sia calcarea o silicea, ne influenza il grado di arricchimento o impoverimento di sali minerali, metalli e parametri chimico fisici, con risvolti nutraceutici o dannosi alla salute;
- **le acque di falda** sono costituite da acque meteoriche che si raccolgono in terreni sciolti (ghiaie e sabbie), nei quali si infiltrano per permeabilità capillare fino al raggiungimento di uno strato compatto ed impermeabile (argille), dove si fermano o continuano a scorrere a seconda della pendenza. Questa prima descrizione riguarda le

così dette acque di “falda superficiale o freatica”. Qualora lo strato impermeabile di roccia sottostante risultasse fratturato, l’acqua della falda superficiale penetrerebbe per effetto della gravità fino a trovare un nuovo strato impermeabile, andando formare una “falda profonda”. In questo secondo caso l’acqua meteorica viene filtrata da un numero maggiore di strati di terreno sovrastante che gli conferiscono un arricchimento in sali minerali e permettono la rimozione meccanica degli agenti microbici [51].

Il punto della superficie terrestre in cui si verifica l’affioramento delle acque sotterranee per cause naturali è detto “sorgente”. Dal punto di vista igienico la caratterizzazione di buone sorgenti è data da alcuni parametri, quali:

- **Temperatura dell’acqua alla sorgente** la cui costanza esclude l’origine dell’acqua da falde freatiche;
- **Torbidità** il cui grado dovrebbe essere il più basso possibile, in quanto la nitidezza è sinonimo di una sedimentazione accurata e quindi per un’adeguata filtrazione auto-depurativa;
- **Conducibilità elettrica** è la presenza di ioni e sali minerali disciolti in acqua [51].

6. ACQUE DI SORGENTE E PARAMETRI CONSIDERATI

Per definizione “Le acque di sorgente sono acque destinate al consumo umano, allo stato naturale e imbottigliate alla sorgente, che avendo origine da una falda o giacimento sotterraneo, provengano da una sorgente con una o più emergenze naturali o perforate” ¹[52].

La valutazione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche nonché microbiologiche di tali acque viene regolamentata dal Dlg. 8 ottobre 2011, n.176, nel Capo II, attuazione della direttiva 2009/54/CE, sull’utilizzazione e la commercializzazione delle acque minerali naturali. Successivamente aggiornate nel D.M. del 10 febbraio 2015, riportante i criteri di valutazione delle caratteristiche delle acque minerali naturali [53].

La valutazione delle caratteristiche organolettiche, fisiche e fisico-chimiche, ed alcune microbiologiche sono invece considerate nei parametri obbligatori ed indicatori del Dlg. 23 febbraio 2023, n.18, concernente la qualità delle acque destinate al consumo

¹ Dlg.vo 176/2011, Capo II_Acque di sorgente_Art.20 Definizione e caratteristiche

umano. Secondo il Dlg n.18 del 23 febbraio 2023 (Attuazione della direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2020, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano) “le acque destinate al consumo umano, anche dette acque potabili, sono tutte quelle acque trattate o non trattate, destinate ad uso potabile, per la preparazione di cibi, bevande o altri usi domestici, in locali sia pubblici che privati, a prescindere dalla loro origine (profonde o superficiali), siano esse fornite tramite una rete di distribuzione, mediante cisterne, bottiglie o contenitori, comprese le acque di sorgente”². Il presente decreto mira alla protezione della salute pubblica dagli effetti negativi derivanti dal consumo di acque contaminate, assicurandone salubrità e pulizia, nonché facilitando dell'accesso alle stesse [53].

Alcuni di questi punti rientrano nell’Agenda 2030, sottoscritta il 25 settembre 2015 dai governi di 193 Paesi membri delle Nazioni Unite, e approvata dall’Assemblea Generale dell’ONU. L’Agenda è costituita da 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile – Sustainable Development Goals, SDGs [54] rientrano in un programma d’azione più vasto costituito da 169 target da raggiungere entro il 2030. Il Goal 6, intitolato “Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell’acqua e delle strutture igienico-sanitarie” evidenzia la necessità di raggiungere obiettivi quali: la possibilità di accedere all’acqua potabile a livello universale ed equo; un’acqua che deve esser migliorata a livello qualitativo e nella sua sicurezza, riducendo qualsivoglia fonte di inquinamento ed il rilascio di agenti chimici e/o pericolosi, tramite l’eliminazione di scarichi incontrollati, dimezzando la percentuale di acque reflue non trattate e aumentando, sostanzialmente, il riciclaggio ed il riutilizzo sicuro a livello globale [41].

Per definizione “le acque destinate al consumo umano devono esser salubri e pulite”³, “non devono contenere microrganismi, virus, parassiti, né altre sostanze in quantità o concentrazioni tali da rappresentare un potenziale pericolo per la salute umana”⁴. Per valutare la salubrità di un’acqua sorgiva dal punto di vista chimico e chimico-fisico si può far riferimento ai parametri indicatori ed obbligatori chimici riportati nel Dlg. 18/2023 e ad alcuni parametri che permettono una miglior caratterizzazione di queste acque [53].

² Dlg.vo 18/2023, Art.2. Definizioni, punto 1, pag. 4

³ Dlg.vo 18/2023, Art.4. Obblighi generali, punto 1, pag 4

⁴ Dlg.vo 18/2023, Art.4. Obblighi generali, punto 2.a), pag 4

6.1 Parametri indicatori

Nell'Allegato I, Parte C del Dlg n.18 del 23 febbraio 2023, sono riportati i parametri indicatori inerenti acque destinate al consumo umano, applicati anche alle acque sorgive. Tali parametri non sono considerati pericolosi per la salute umana, bensì indice della qualità dell'acqua e di prevenzione ad un rischio potenziale. Per cui un'acqua che presenta alcuni parametri oltre il valore indicato non perdono la loro caratteristica di potabilità, non sono soggette a sanzioni, ma necessitano di indagini sulle cause ed azioni correttive [55].

I “parametri organolettici”, quali limpidezza, colore, sapore e odore sono parametri indicatori apprezzabili tramite i sensi. Essi servono a valutare il grado di accettabilità per il consumatore. Qualora fossero presenti, non sono nocivi per la salute, ma vanno corretti con opportuni trattamenti. L'acqua deve essere limpida (assenza di torbidità), incolore (assenza di colorazioni), inodore e dal sapore gradevole [48].

- Le variazioni della **torbidità** possono esser transitorie o permanenti. Le prime sono in genere dovute alla presenza di contaminanti (come i detersivi, ecc..), ad un'oscillazione della portata o della temperatura (possono indicare il passaggio di acqua meteorica, con rischio gravi forme di contaminazione). Le seconde, possono essere generate da precipitazioni di sali di ferro (colore bruno-rossastro), calcio o manganese (precipitato bruno-nerastro) e rendono inaccettabili le caratteristiche organolettiche dell'acqua [46].
- **L'odore e il sapore** possono esser alterati dalla presenza di agenti biologici, chimici o di derivazione antropica. Nel primo caso, actinomiceti, cianobatteri, funghi e alghe sono responsabili della produzione di composti organici che conferiscono un deciso sentore di terra ammuffita. Tra i batteri capaci di alterare tali parametri vi sono lo *Pseudomonas*; i ferrobatteri, capaci di metabolizzare il ferro e i solforiduttori, di convertire in acido solforico gli aminoacidi contenuti nello zolfo. Altri esempi di componenti chimiche inorganiche alterati sapore e odore sono calcio, ferro, rame, banalmente la concentrazione dei solidi disciolti totali, che risulta buona sotto i 600 mg/l ed inaccettabile sopra i 1200 mg/l, [56] o organiche come peptidi, carboidrati, ecc [57]. Il sapore è influenzato dagli inquinanti di origine antropica come i solventi idrocarburici alogenati o sostanze chimiche coagulanti, ossidanti e disinfettanti possono interagire con composti organici compromettendo i caratteri organolettici. Ad ogni modo, la loro alterazione non comporta un pericolo per la salute dei

consumatori, seppure indice di contaminazione o malfunzionamento nella di distribuzione, quindi sinonimo di alterazione dal punto di vista della qualità [58].

- **La conducibilità** esprime la capacità di una soluzione acquosa di trasportare corrente elettrica in relazione alla tipologia e concentrazione di ioni nel campione, la cui mobilità è influenzata dalla loro carica e dalla temperatura. Normalmente la temperatura di riferimento per la valutazione di questo parametro è di $20\text{ °C} \pm 2\text{-}3\text{ °C}$, e deve sempre seguire il dato della conducibilità espresso in microsiemens per cm ($\mu\text{S/cm}$). L'acqua ad elevata purezza, come ad esempio l'acqua distillata, è poverissima di ioni, e di conseguenza ha una conducibilità elettrica estremamente bassa. Pertanto, la sua misurazione permette di ottenere un'informazione indiretta circa il grado di mineralizzazione [59; 60]. Non appare tanto importante il valore assoluto della conducibilità elettrica, quanto la sua costanza nel tempo, indice di un'acqua profonda, maggiormente protetta, e meno esposta a repentine oscillazioni tipiche di un'acqua superficiale [46].
- **La misura del pH** riveste un ruolo essenziale nel controllo di molti aspetti correlati alle caratteristiche dell'acqua come le proprietà corrosive (bassi valori aumentano le capacità corrosive e di dissoluzione dei minerali dalle rocce), incrostanti e ai trattamenti di potabilizzazione quali, tra l'altro, disinfezione e chiariflocculazione. Il pH è il logaritmo della concentrazione degli ioni idrossido (H_3O^+) espressa in Molarità (M). Il suo valore è funzione di numerose variabili come la composizione ionica dell'acqua, il tipo di equilibri acido - base che si instaurano in soluzione, la temperatura, ecc. La normativa stabilisce come adeguato, un valore di pH in un range da 6,5 a 9,5. Qualora si venisse a contatto con soluzioni aventi livelli di pH estremi è abbastanza probabile che insorgano irritazioni oculari, epiteliali (i danni possono essere irreversibili a pH inferiori a 2.5) e mucosali, che possono sfociare in irritazione del tratto gastrointestinale negli individui più suscettibili [58]. Un'acqua minerale può esser definita come acidula quando il tenore di anidride carbonica libera, che influenza il pH, è superiore a 250 mg/l [52].
- **Ossidabilità** al permanganato o metodo titrimetrico secondo Kubel, è “definita come la quantità di ossigeno, espressa in mg/L, equivalente alla quantità di permanganato consumato quando un campione di acqua è trattato con una soluzione di potassio permanganato in ambiente acido e in condizioni ben definite”⁵. È una misura della

⁵ Rapporti ISTISAN 07/31, Ossidabilità al permanganato. Pag 97.

contaminazione dell'acqua dovuta a sostanze organiche ed inorganiche (solfuri, nitriti, Sali ferrosi, ecc.) che sono ossidabili dal potassio permanganato. Viene usato per la valutazione della qualità dell'acqua, infatti la diminuzione di tale indice corrisponde generalmente ad un innalzamento della qualità [59]. La normativa stabilisce un valore limite di 5 mg/L O₂ a garanzia di un miglior stato di qualità dell'acqua [53].

- **L'Alluminio (Al)** è il terzo elemento più diffuso sulla Terra, ampiamente usato dall'uomo nell'industria metallurgica, farmaceutica (formulazione di vaccini, antiacidi, analgesici, ecc.), come additivo alimentare, prodotti per la cura personale, utensilistica da cucina, ecc. [61]. La contaminazione della matrice acqua può derivare, non solo dal naturale rilascio del metallo da rocce e suolo, con i quali viene a contatto, ma anche dai trattamenti di depurazione, dove i sali di alluminio sono usati come agenti coagulanti [62]. Nei lavoratori industriali, esposti a particelle di alluminio si è riscontrato un aumento del rischio di ipertensione e alterazioni cognitive. L'alluminio infatti sembra esplicitare la sua tossicità principalmente inducendo stress ossidativo, azione neuroinfiammatoria a livello del sistema nervoso centrale, avendo un effetto avverso nel comportamento cognitivo, in patologie neurodegenerative (Alzheimer). È in discussione il suo coinvolgimento in neoformazioni del seno. Studi *in vitro* ed *in vivo* su animali hanno indagato l'impiego di agenti chelanti ed antiossidanti per ridurre gli effetti avversi di questo metallo, riscontrando un miglioramento degli effetti a livello cerebrale, epatico, renale, e in altre sedi. Un esempio negli uomini è rappresentato dal supplemento di monometilsilaneritrolo (MMST), l'acido silicico nell'acqua da bere può escludere l'assunzione di Al da altre fonti ingerite; trattamenti con la vitamina C ed E, o Acido etilendiamminotetracetico (EDTA), sembrano avere riscontro positivo nel trattamento dell'intossicazione da Al [61].
- Lo ione **Ammonio (NH₄⁺)** si ottiene dalla reazione dell'ammoniaca con le soluzioni acquose. L'ammoniaca è un prodotto della sintesi amminoacidica nonché un intermediario di svariate reazioni enzimatiche di cellule procariote ed eucariote. È largamente utilizzato come fertilizzante, come agente per la pulizia industriale e/o casalinga, come additivo alimentare e nel trattamento di disinfezione delle acque [63; 64]. I livelli naturali nelle acque profonde sono solitamente inferiori ai 0.2 mg/l, ma si può rilevare un innalzamento di questo valore quale campanello d'allarme di contaminazione agricola, industriale o da acque reflue (scarichi urbani, reflui animali

o inquinamento batterico) [65]. Si stima che il 75% dei composti quaternari di ammonio (QAC) usati annualmente finiscano nell'acqua in seguito ai trattamenti di sanificazione. I QAC vengono rimossi dalle acque reflue attraverso i fanghi, che vengono spesso reimpiegati come fertilizzanti, le piante quindi assorbono una parte di essi ed il resto rimane nel suolo e contamina nuovamente l'acqua. Quando la quantità assunta è superiore al potere detossificante dell'organismo, l'ammonio esplica la sua tossicità, in quanto ha attività pro-infiammatoria, inibisce le funzioni mitocondriali e la sintesi del colesterolo [64]. L'esposizione alla sua forma gassosa può danneggiare la cornea, bruciare la pelle e l'epitelio di rivestimento delle vie aeree [63].

- **Il Cloruro (Cl)** è il più importante anione extracellulare, spesso associato a sodio, potassio e calcio sottoforma di sali. I cloruri di sodio, magnesio e calcio sono impiegati nelle strade per sciogliere la neve; a livello industriale il cloro ha diverse applicazioni come la produzione di sostanze chimiche ad azione depurante, disinfettante e candeggiante. I cloruri vengono naturalmente rilasciati dalle rocce sia nel suolo che nell'acqua, oppure derivare da attività antropiche (reflui industriali e urbani, fertilizzanti, ecc.) [66]. Nell'organismo umano l'assimilazione di questo elemento si ha principalmente attraverso l'intestino e deriva dall'ingestione di sale da cucina (NaCl) o contenuto nel cibo e acqua. Sottoforma di acido cloridrico (HCl) viene rilasciato nello stomaco per l'inizio della digestione delle proteine. Il cloro è implicato in svariate reazioni biologiche, quali mantenimento della pressione osmotica, mediante i canali del cloro di membrana, e tonicità dei fluidi extracellulari; equilibri acido-base (l'alterazione porta ad alcalosi o acidosi); della corretta attività muscolare. I livelli di cloruri nel sudore, urine, feci e siero sono anche valutati come importante fattore diagnostico, ad esempio nella Fibrosi cistica si hanno livelli di cloruri maggiori di 60 mmol/l [67]. Un'acqua minerale è definita come "clorurata" quando il tenore di cloruro è superiore a 200 mg/l [52]. L'assunzione a queste concentrazioni ha un effetto riequilibrante dell'intestino, delle vie biliari e del fegato, anche se di contro può avere effetti lassativi lievi [68].
- **Il Ferro (Fe)** è un naturale costituente di piante e animali, ampiamente diffuso nella crosta terrestre. Usato dall'uomo come materiale edilizio o per la costruzione di utensili di vario uso, tra cui le condutture dei sistemi di distribuzione dell'acqua. Nell'acqua lo si ritrova naturalmente a concentrazioni solitamente non superiori a 0.3

mg/l, oppure maggiori a causa dell'utilizzo di sali di ferro come agenti coagulanti nei processi di potabilizzazione, o per corrosione delle tubature [69]. Un'acqua minerale è definita come "ferruginosa" quando il tenore di ferro bivalente è superiore a 1 mg/l [52], la cui assunzione viene suggerita per soggetti anemici o con carenza di ferro [68]. La principale via di assunzione di ferro è quella gastro intestinale mediante ingestione di cibo (fegato, pesce, carne rossa, uova, ecc.) e meno rappresentato è l'apporto attraverso l'acqua potabile o ancor meno attraverso l'aria [69]. È implicato in svariate reazioni biologiche, e da ciò deriva la sua importanza per la sopravvivenza di animali e piante. Nell'uomo funge da cofattore proteico in diverse reazioni enzimatiche, impiegato dalle proteine per il trasferimento di elettroni nella respirazione cellulare, per il trasporto di ossigeno tramite emoglobina, ossigenazione dei muscoli tramite mioglobina, nella sintesi del DNA con la ribonucleotidoreduttasi, la transferrina trasporta il Fe dal plasma al midollo osseo per la sintesi del gruppo eme e funge anche da proteina di accumulo intracellulare del metallo. L'associazione con le proteine evita che il ferro circoli liberamente e possa interagire con l'ossigeno, con conseguente formazione di specie reattive all'ossigeno (ROS), capaci di danneggiare DNA, proteine, lipidi, ecc. Per tale ragione, nelle pratiche cliniche, vengono spesso utilizzati farmaci ad attività chelante per il ferro [70]. Esposte alcune delle attività del metallo nell'organismo, è facile dedurre come l'alterazione dell'omeostasi del Fe porti ad insorgenza di disordini vari nel sistema nervoso, cardiovascolare, ematico, immunitario (innato e adattativo) oltre che malattie infettive, età-dipendenti, cancro, ecc. [71].

- **Il Manganese (Mn)** è un metallo dal colore grigio argenteo, largamente diffuso nell'ambiente a causa dell'erosione naturale della terra. Nelle acque superficiali e profonde lo si trova a concentrazioni da 0.001 a 0.6 mg/l, che possono aumentare in caso di contaminazione [72], alterandone le caratteristiche organolettiche e conferendo una colorazione scura [46]. Dalle svariate proprietà chimico-fisiche, è impiegato nella produzione di metalli, ceramiche, in diversi pesticidi e fungicidi, nel trattamento dell'acqua potabile (come agente ossidante per la pulizia, decolorazione e disinfezione, sottoforma di permanganato di potassio) in medicina (ad esempio come mezzo di contrasto nelle risonanze magnetiche), come additivo nella nutrizione parenterale (*Total Parenteral Nutrition*, TPN), ecc. [72; 73]. L'assunzione di questo elemento può avvenire per inalazione, ingestione, contatto con la pelle o per iniezione

intravenosa. L'assunzione giornaliera di Mn consigliata è 3 µg per il neonato entro i 6 mesi, ed aumenta proporzionalmente con l'età a 1.2-1.5 mg per bambini da 1 a 8 anni, 2-5 mg in un individuo adulto. Il più basso quantitativo giornaliero assunto con l'acqua al quale si possono riscontrare effetti avversi nell'adulto è di 4.2 mg. Il WHO raccomanda una concentrazione di Mn nell'acqua da bere inferiore a 400 µg/l. È un elemento essenziale per l'omeostasi corporea, infatti, è un cofattore enzimatico in numerose reazioni biologiche, nonché implicato nello sviluppo, digestione, riproduzione, agente antiossidante, nelle reazioni di produzione energetica, risposta immunitaria e regolazione dell'attività neuronale. Un eccesso di Mg tende ad accumularsi nel fegato, pancreas, reni e specialmente nel cervello, esplicando tossicità epatica con forme di cirrosi, policitemia, distonia, sintomi simili a quelli arrecati dal Parkinson, alterazioni neurologiche, ecc. Alcune categorie di persone sono maggiormente a rischio tossicità. I bambini tendono ad assorbire maggiormente i metalli per il loro sviluppo, e ad avere dei meccanismi di eliminazione non completamente funzionali. Ne consegue un maggior accumulo con ripercussioni principalmente neuronali e deficit cognitivi. Il manganese è spesso impiegato nella formulazione di latte artificiale, quindi è un potenziale pericolo [73]. Pazienti con problemi epatici possono avere alterazioni nell'eliminazione del Mn tramite il sistema di escrezione biliare e quindi essere più suscettibili all'accumulo; ne consegue l'alterazione della sintesi di neurotrasmettitori quali dopamina e norepinefrina. Manganese e ferro condividono lo stesso trasportatore di membrana, sia a livello intestinale che a livello della barriera emato-encefalica, ragion per cui, una diminuzione del ferro comporta la sregolazione del trasporto di manganese con maggior assorbimento intestinale e passaggio a livello cerebrale, con ripercussioni sul comportamento cognitivo, problema che si riscontra nelle persone con deficienze di ferro [74].

- **Il Solfato (SO_4^{2-})** a livello ambiente si ottiene dall'ossidazione dello zolfo elementare, dei minerali di solfuro o dello zolfo organico. Si ritrova in tantissimi minerali, ed è largamente usato nell'industria chimica (produzione di fertilizzanti, coloranti, fungicidi, pesticidi, ecc.). Gli alimenti sono la principale fonte di esposizione per l'uomo, nei quali si ritrovano naturalmente o per l'impiego di additivi. Nelle acque si possono riscontrare alti livelli dovuti a contaminazione naturale (fino a 250 mg/l nelle acque sotterranee e 600mg/l nelle acque superficiali) o a seguito di trattamenti

dell'acqua potabile (ad esempio, il solfato di alluminio è usato come agente sedimentante; il solfato di rame per il controllo dello sviluppo algale) [75]. Un'acqua minerale è definita come "solfata" quando il tenore di solfati è superiore a 200 mg/l [52], la cui assunzione è consigliata per chi soffre di patologie epatobiliari, e di contro può indurre effetti lassativi lievi [68]. Un'acqua con concentrazioni di SO_4^{2-} superiori ai 600 mg/l, non è tossica, ma arreca irritazione gastrointestinale, effetti lassativi e disidratazione [75] nei consumatori non abituati. È, inoltre, responsabile dell'alterazione di sapore e odore dell'acqua e contribuisce alla corrosione dei sistemi di distribuzione [76]. La diarrea osmotica derivante da solfato non assorbito può essere particolarmente preoccupante nei neonati, ma al contempo diete povere di questa molecola, testate su animali, hanno portato ad un rallentamento nella crescita. Il solfato di magnesio viene spesso somministrato per via parenterale durante la gravidanza come forma di prevenzione dell'eclampsia [77] e di convulsioni in donne affette da stati gravi di preclampsia [78].

- Il **Sodio (Na^+)** è uno dei principali elettroliti coinvolti nel mantenimento dell'osmolarità dei fluidi corporei, la cui concentrazione è costantemente monitorata dal cervello, e mantenuta a 135-145mM mediante gli ormoni aldosterone, angiotensina II e vasopressina, che regolano l'equilibrio nell'acquisizione/escrezione di sodio e acqua. Condizioni severe di ipo/ipertonicità conducono a danni irreversibili multiorgano e letali del comparto neuronale [79]. L'iponatriemia si manifesta quando le concentrazioni sieriche di sodio sono basse (meno di 135 mmol/l), stato aggravato dall'assunzione di acqua povera di sali, che incentiva l'escrezione. L'ipernatriemia, di contro, può verificarsi a causa di stati di disidratazione o per un'assunzione eccessiva di sodio. Condizione riscontrabile in soggetti con un senso della sete alterato, come anziani o pazienti mentalmente instabili. Altre funzioni riconducibili al sodio sono il mantenimento della pressione osmotica, del pH, trasporto e distribuzione di acqua nei compartimenti cellulari, sviluppo cardiaco, metabolismo energetico, ecc. [80]. L'innalzamento della pressione sanguigna (blood pressure, BP) è dipendente dalla quantità di sodio assunto. Metanalisi e trials randomizzati dimostrano una riduzione lineare delle patologie cardiovascolari (cardio vascular diseases, CVD), quando l'apporto del sodio con la dieta è ridotto da 4100 mg/gg a 2300 mg/gg. The World Health Organization (WHO), ed il National Academies of Science Engineering and Medicine (NASEM), suggeriscono un'assunzione giornaliera di Na^+ non superiore a 2000 e 2300 mg, rispettivamente [81]. Diete iposodiche sono,

dunque, indicate per soggetti ipertesi e nella prevenzione delle CVD [82] in quanto alti livelli di Na^{2+} causano un aumento della rigidità delle pareti arteriose, l'ispessimento delle pareti del ventricolo sinistro, effetti avversi sul sistema vascolare mediati dai ROS, vasocostrizione, ecc. Un'assunzione eccessiva di Na^{2+} aumenta l'escrezione di calcio nelle urine, dettando l'impoverimento del contenuto minerale osseo ed aumentando il rischio di osteoporosi con variabilità di genere ed etnia [83]. Considerando il forte impatto che questo minerale ha sull'organismo in funzione delle sue concentrazioni, è fondamentale una valutazione e scelta attenta della tipologia di acqua ingerita. L'acqua minerale "sodica", a concentrazioni uguali o superiori a 200 mg/l [52] sarà indicata per coloro i quali devono reintegrare il minerale, magari dopo intensa attività fisica [68]. All'opposto si opterà verso il consumo di un'acqua "iposodica" con una concentrazione inferiore a 20mg/l, indicata per coloro che devono seguire una dieta povera di sodio [52], come per gli ipertesi. Un'acqua iposodica ma con buone percentuali di calcio, è adatta per soggetti che necessitano di mantenere alti i livelli di calcio nell'organismo, come donne in gravidanza o in menopausa, bambini in pieno sviluppo osseo, o chi soffre di osteoporosi [84; 85; 86].

6.2 Parametri obbligatori

I parametri chimici obbligatori si riferiscono a sostanze organiche ed inorganiche per le quali sono stati fissati valori di accettabilità, compatibili con il metabolismo degli esseri viventi [48]. Durante le precipitazioni, l'acqua piovana raccoglie l'anidride carbonica presente nell'aria, che gli conferisce un'azione aggressiva. Venendo a contatto con il suolo e le rocce, questi subiscono processi di dissoluzione dei minerali che li compongono, cedendoli all'acqua. La varietà di sali di cui si arricchisce l'acqua, formulandone il chimismo, dipenderà dal tipo di roccia attraversata e dal tempo di contatto [87].

Sono pochi i costituenti chimici dell'acqua che possono arrecare danni alla salute umana in seguito ad un'esposizione singola o di corto periodo, ad eccezione dei casi in cui si verificano contaminazioni massive dei sistemi di approvvigionamento. Normalmente i risvolti negativi si verificano in seguito ad esposizioni prolungate di mesi o addirittura di anni. Sono molto più frequenti i casi in cui la matrice acqua risulti non potabile, in quanto sgradevole, a causa dell'alterazione di parametri organolettici. Quando

si verifica un'esposizione acuta è più sensato ricercare la natura della contaminazione, piuttosto che installare dispendiosi sistemi per l'allontanamento dei contaminanti chimici dell'acqua. È da tenere in considerazione che molti elementi inorganici esaminati dalla normativa sono anche riconosciuti come elementi essenziali della dieta per l'uomo. Pochi sono i fattori chimici che si è riscontrato abbiano un effetto di prevenzione nei confronti di patologie per l'uomo, come il fluoro nella prevenzione delle carie dentali [76].

L'acqua può veicolare nell'organismo umano gli elementi di cui è ricca e lo fa in modo più agevole rispetto all'introduzione mediante l'alimentazione e la digestione.

La normativa sulle acque destinate al consumo umano stabilisce dei limiti di adeguatezza nell'allegato I parte B, per taluni parametri (visionabili in Tabella 2), studio il cui superamento è sanzionabile in quanto comporta un pericolo per la salute dei consumatori.

Seguono alcuni parametri chimici presi in considerazione durante lo studio:

- **L'antimonio (Sb)** viene impiegato per la creazione di leghe molto forti insieme a rame, piombo e stagno, e spesso nelle saldature delle tubazioni, grazie alle quali potrebbe contaminare l'acqua condottata. Nelle acque naturali lo si può ritrovare in forma trivalente, pentavalente o sottoforma di composti metallici e può esser allontanato mediante sistemi di microfiltrazione o coagulazione. Qualora fosse ingerito, non viene assorbito in maniera consistente a livello gastrointestinale, ma tende ad accumularsi nel fegato, milza e ossa e nelle donne in gravidanza può raggiungere il feto tramite il sangue materno. La forma trivalente riesce a raggiungere anche i globuli rossi e può essere escreta tramite feci ed urine. Studi inalatori sui ratti hanno dimostrato l'attività cancerogena dell'antimonio trivalente, e per tale ragione l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha stabilito la possibile cancerogenicità anche per l'uomo, ma non ci sono abbastanza dati che forniscano indicazioni riguardo la cancerogenicità per ingestione [88].
- Tracce di **arsenico (As)** si ritrovano naturalmente nell'aria, acqua, rocce e suolo. Difatti, concentrazioni elevate di arsenico possono esser ricondotte a cause naturali, quali erosione e lisciviazione dell'assetto litologico con cui le acque vengono a contratto. A queste si aggiungono attività antropiche più impattanti nella contaminazione del suolo, come attività industriali, o come preservante antifungino del legno e l'inquinamento dovuto incenerimento di legno così trattato, attività minerarie, processamento metallurgico. Oltretutto la sua azione germicida viene

sfruttata con insetticidi e pesticidi [89]. L'esposizione prevalente per l'uomo si ha per ingestione di cibo contaminato, dove il metallo però si presenta in forma organica non tossica, rispetto alla forma inorganica, nociva e tossica rinvenibile nell'acqua [89], classificata come agente cancerogeno di tipo 1 dall'International Agency for Research of Cancer (IARC). È difficile comprendere se un'acqua sia contaminata o meno dal metallo, in quanto, anche alte concentrazioni, risulta limpida e priva sia di odore che di sapore. In seguito all'ingestione, i sintomi più comuni sono l'alterazione della pigmentazione nel tronco e della cheratosi nodulare dei palmi delle mani e delle piante dei piedi, lesioni della pelle che si manifestano anche a basse concentrazioni, sotto a 50 µg/l [90]. Un'esposizione acuta all'arsenico ha risvolti neurotossici, mentre l'esposizione cronica, anche a piccole dosi può arrecare problematiche multi-apparato, sul metabolismo del glucosio, nello sviluppo fetale, parti pretermine, aborti e cancerogenicità spesso associata ad alterazioni geniche ed epigenetiche [90; 91].

- **Il cadmio (Cd)** non si trova libero in natura, ma associato ad altri minerali come lo zinco. È proprio nelle condutture e saldature zincate che può ritrovarsi come impurità ed esser causa di inquinamento delle acque, ancor più quando queste sono corrosive a causa dei bassi livelli di pH [92]. In condizioni di normalità, però, i livelli di cadmio nelle acque destinate al consumo umano sono molto bassi, grazie anche ai trattamenti di potabilizzazione. L'inquinamento ambientale è spesso riconducibile a scarichi industriali, al percolato di terreni additivati con fanghi prodotti da depuratori o compost, dal rilascio di piombo tramite reflui e dall'uso smodato di fertilizzanti [46; 92]. Attraverso il tratto gastrointestinale l'uomo assorbe maggiormente questo elemento tramite gli alimenti (10-35 µg/gg) rispetto all'acqua (2 µg/gg), per poi passare nel sangue, dove si lega alla metallotioneina, per poi esser escreto per via renale. Tende, però, ad accumularsi principalmente nel fegato e nei reni, con concentrazioni tissutali che incrementano proporzionalmente con l'avanzare dell'età ed una sempre minor percentuale eliminata con l'urina. Ad ogni modo dopo un'esposizione acuta è letale solo in quantità molto elevate, mentre a seguito di un'assunzione prolungata la tossicità si esplica principalmente a livello renale. Inoltre, può comportare alterazioni nei meccanismi di scambio fosforo-calcio con conseguente insorgenza di osteomalacia e stadi più o meno gravi di osteoporosi correlati. L'esposizione cronica per via inalatoria ad alte concentrazioni di cadmio,

considerata in studi epidemiologici di popolazione, rappresenta un fattore di rischio per l'insorgenza del tumore al polmone [92].

- Il **cromo (Cr)** è un elemento che si trova naturalmente nella crosta terrestre, piante animali, suolo e acqua solitamente complessato con altre specie chimiche. Nell'acqua destinata al consumo umano lo si può riscontrare in alte concentrazioni per cause naturali o antropiche, spesso impiegato nella produzione di acciaio inossidabile o per rivestimenti metallici. Le due forme più comuni sono il cromo trivalente Cr(III) ed esavalente Cr(VI). Il primo, caratterizzato da bassa tossicità, riveste un ruolo rilevante nel metabolismo di glucidi, proteine e grassi, anche utilizzato come integratore alimentare. Il secondo ha un maggior grado di tossicità, e qualora presente nell'aria in concentrazioni elevate arreca problemi a carico delle vie respiratorie, eruzioni cutanee, danni al fegato e stomaco, oltre che l'insorgenza tumorale su naso, seni nasali e polmoni [93].
- Il **fluoro (F)** è un elemento largamente diffuso in natura. Lo si ritrova in svariati cibi, e a concentrazioni maggiori nei cavoli, te e pesce. Viene utilizzato in medicina per la prevenzione della carie dentale, e per tale ragione in alcuni Paesi viene addizionato all'acqua potabile o al sale da cucina. In seguito all'assorbimento per via gastrointestinale, i fluoruri vengono incorporati all'interno di denti e ossa, dove si esplica la loro attività. Da svariati studi emerge come basse concentrazioni di fluoro nell'acqua potabile (0.5 mg/l) esplichino un'azione protettiva nei confronti della carie dentale, specialmente nei bambini. L'incremento della sua concentrazione intorno a 0.9 – 1.2 mg/l, può avere risvolti negativi sullo smalto, con possibile insorgenza di fluorosi dentale, a concentrazioni maggiori di 3-6 mg/l di fluoro nell'acqua potabile, si può manifestare fluorosi scheletrica e a 10 mg/l di fluoro nell'acqua potabile, anche deformità scheletriche [94]. Un'acqua minerale è definita come “fluorata” quando la concentrazione di fluoro è maggiore di 1 mg/l [52].
- La maggior fonte di **mercurio (Hg)** è data dal naturale degrassamento della crosta terrestre, mentre altri apporti derivano da attività industriali, come la combustione di combustibili fossili, l'estrazione di molti metalli, il trattamento dei rifiuti [46]. In natura è presente principalmente in tre forme, con livelli di pericolosità differenti:
 - o Organica → la forma più tossica e pericolosa è rappresentata dal metilmercurio, il più diffuso nell'ecosistema acquatico. Il mercurio che entra a contatto con l'acqua viene convertito nella sua forma metilata da parte dei batteri entrando

nella catena alimentare, in quanto facilmente assorbito dai fitoplancton, mangiati a loro volta da pesci di maggior stazza e così via fino ad arrivare all'uomo. Dato che l'escrezione del metallo è più lenta rispetto al suo accumulo, ne consegue che le concentrazioni aumentino progressivamente man mano che si sale nella catena alimentare, in un fenomeno di bioaccumulo. Il metilmercurio si può depositare anche nella terra ad esempio nelle risaie, contaminando il riso che arriverà in tavola;

- o Elementare o pura → capace di evaporare nell'atmosfera, sottoforma di vapori, dove può permanere oltre un anno, percorrendo grosse distanze. L'aria è infatti, il principale mezzo di trasporto del mercurio elementare. La forma pura è quella utilizzata nelle attività antropiche da più di 500 anni, che ha determinato un accumulo di circa 3 milioni di tonnellate di questo agente contaminante;
- o Inorganica → la forma elementare in atmosfera tende a legarsi con elementi inorganici come lo zolfo, acquisendo una maggior reattività e disciogliendosi nell'acqua della pioggia, per essere depositata su acqua e terreno [57].

L'emissione di mercurio può verificarsi in maniera naturale, a seguito di incendi, eruzioni vulcaniche, dal cinabro (HgS) e combustibili fossili (carbone e petrolio), oppure per cause dovute ad attività dell'uomo come l'estrazione del minerale dalle miniere (attualmente vietata nell'Unione Europea ma ancora in vigore in altre zone), l'estrazione nelle miniere d'oro, dagli scarichi di acque e gas delle centrali idroelettriche, l'incenerimento di rifiuti, le emissioni negli stabilimenti che impiegano il carbone, le discariche, le preparazioni ortodontiche, la produzione di metalli, l'industria della carta, ecc. [95]. L'estrema tossicità del mercurio ha condotto, nel 2009, alla rimozione dal commercio di diversi utensili di uso comune che lo contenevano, come il termometro ed altri strumenti per la misurazione [96]. Ad ogni modo la principale via di contaminazione per l'uomo è rappresentata dalla dieta, specialmente correlata ad un elevato consumo di pesce contaminato, oppure per l'inalazione di vapori, magari in ambienti di lavoro al chiuso, come le miniere o per contatto con la pelle [57]. I danni correlati all'esposizione ricadono sul sistema nervoso, reni e polmoni e dipendono dal tipo di mercurio con il quale si entra a contatto, dalla durata dell'esposizione, concentrazione, età (i feti sono maggiormente suscettibili) e via (inalatoria, da contatto o attraverso la dieta) [97].

- **Il nichel (Ni)** è un elemento ubiquitario, la cui presenza può derivare da fonti naturali (acqua, suolo e aria, meteoriti, eruzioni vulcaniche) o da attività umane (industria metallurgica, chimica, alimentare). Non sono presenti informazioni in merito alle proprietà nutrizionali per l'uomo, ma risulta essenziale per il metabolismo, crescita e sviluppo di piante, microrganismi ed alcune specie animali. Gli effetti indesiderati sulla salute umana sono dose e tempo dipendenti, si manifestano con dermatiti allergiche da contatto (la forma più comune dovuta a contatto reiterato con gioielli, piercing, utensili vari, prodotti per la cura personale, ecc), asma, problematiche al sistema cardiovascolare ed immunitario, nonché fibrosi polmonare ed attività tossiche, cancerogene (classificato dallo IARC agente cancerogeno di tipo 1 nella sua forma solubile ed insolubile e leghe del nickel possibili cancerogeni di tipo 2) e teratogene. La principale via di contaminazione è data dall'ingestione di cibo e acqua contaminati. A causa della molteplicità di cibi ricchi di nickel (cacao, soia, noccioline, legumi, soia, grano, ecc) risulta molto difficile mantenere una dieta nickel-free o con basse percentuali di questo elemento. Un modo eco-friendly per bonificare una matrice contaminata è la fitodepurazione, ossia l'impiego di piante iper-accumulatrici che assorbono, accumulano, degradano o rendono innocui agenti contaminanti di suolo, acqua ed aria. Nello specifico delle acque, si parla di fitofiltrazione [98].
- **Il nitrato (NO₃-)** è lo stato di ossidazione più stabile della molecola, rinvenibile in natura dove ricopre un ruolo molto importante nella nutrizione delle piante. Concentrazioni maggiori nel suolo e nelle acque sono legate spesso all'impiego di fertilizzanti inorganici, e dal dilavamento dei terreni, di rifiuti animali, urbani o industriali. **Il nitrito (NO₂-)**, invece, è la forma ridotta del nitrato, meno stabile e presente in natura in concentrazioni meno elevate, ottenuta dal metabolismo microbico o dopo ingestione di alimenti contenenti nitrato. Può contaminare l'acqua che stagna in tubazioni con acciaio zincato, contenenti nitrato, che viene ridotto a nitrito da batteri del genere *Nitromonas*. Nell'acqua potabile entrambe le molecole si trovano in percentuali nettamente inferiori rispetto a quelle rinvenute nelle piante. Queste ultime, però, hanno diversi inibitori della nitrosazione, tra cui la vitamina C, quindi sono capaci di ostacolare la formazione di composti N-nitroso, più rappresentati nell'acqua [99]. La principale via di esposizione a nitriti e nitrati risulta esser la dieta. Le concentrazioni maggiori si trovano nelle verdure a foglia, come spinaci o lattuga, ma vengono largamente impiegati come additivi alimentari per la

conservazione di carne (in particolare insaccati), prodotti lattiero-caseari e pesce. Dopo ingestione sono facilmente assorbiti e poi escreti come nitrati. I nitrati assorbiti sono, in parte, convertiti in nitriti dai batteri del cavo orale, mentre i nitriti in circolo sono responsabili dell'ossidazione dell'emoglobina in metaemoglobina, forma che riduce la capacità di trasporto dell'ossigeno da parte dei globuli rossi [100]. L'emoglobina nei feti è più suscettibile ad ossidazione da parte dei nitrati, rispetto a quella di un adulto, ragion per cui l'effetto tossico è più elevato. Inoltre, l'esposizione ad elevate concentrazioni di nitriti e nitrati da parte di donne gravide, sembrerebbe esporre ad un maggior rischio di parto pretermine [101]. La presenza di nitrato nell'acqua potabile, oltre all'associazione con gli aborti spontanei, sembrerebbe determinare ritardo nella crescita fetale, malformazioni congenite, diabete, ipertensione e malattie delle vie respiratorio, ecc. [99], mentre il nitrito contribuisce alla formazione di nitrosammine, con potenzialità cancerogene [100]. Lo IARC ha inserito nitriti e nitrati come possibili agenti cancerogeni per l'uomo (gruppo 2) qualora assunti per via orale ed in condizioni che inducano a nitrosazione endogena [99].

- **Il piombo (Pb)** è un metallo pesante diffuso in natura in modo ubiquitario, le cui caratteristiche ne hanno favorito l'utilizzo da parte dell'umanità da centinaia di anni. Negli ultimi 300 anni i livelli di Pb nell'ambiente sono incrementati di circa mille volte a causa di attività antropiche (miniere, industrie metallurgiche, produzione di carburanti, vernici, pesticidi, ecc.) [102]. Sebbene le limitazioni legislative inerenti al suo impiego nei carburanti abbiano condotto ad un decremento dei suoi livelli nell'aria, oggi è l'acqua la fonte primaria di contaminazione per l'uomo. Nell'acqua potabile le concentrazioni di piombo, solitamente inferiori a 5 µg/l, possono aumentare con valori anche superiori a 100 µg/l, in seguito al passaggio o stagnazione in condotti in piombo ed in condizioni chimico-fisiche favorevoli la dissoluzione dell'elemento nel mezzo acquoso, condizione che può sfociare in saturnismo cronico. La percentuale di piombo ceduto dall'impianto idrico dipende dalla presenza di cloruro ed ossigeno disciolti, pH, temperatura, durezza dell'acqua e tempo di stagnazione dell'acqua nelle tubature. L'acqua addolcita e a basso pH influenza un maggior rilascio di piombo [103]. Stessa cosa vale per l'acqua calda, che faciliterebbe la lisciviazione del piombo dai raccordi idraulici, mentre vi è una relazione inversa tra durezza dell'acqua e concentrazione del metallo in essa ritrovato. In seguito ad

esposizione al piombo, mediante aria, acqua, e suolo contaminati, si rileva un aumento dei livelli di piombo nel sangue (*blood lead levels*, BLLs) [102] ecco perché l'analisi del sangue è la via preferenziale con la quale indagare una contaminazione in corso del soggetto, che può risalire anche a diversi mesi antecedenti. L'accumulo nell'organismo comporta gravi ripercussioni sul sistema nervoso centrale, sul comportamento, ritardo cognitivo, malattie cardiovascolari. Le categorie più a rischio sono i bambini sotto i 6 anni, e le gestanti [106→103].

- **Il rame (Cu)** è un elemento contaminante le acque potabili, in quanto largamente impiegato nella costruzione di impianti termoidraulici, oltre che nel settore edilizio, dei trasporti, dell'artigianato ed altri. Le caratteristiche proprie dell'acqua influenzano particolarmente la concentrazione finale di Cu che si può riscontrare in questo mezzo. Un'acqua con pH acido, ad esempio, ha un maggiore potere corrosivo verso tubature rivestite in rame, quindi ne facilita il rilascio. Altri fattori incidenti possono essere la temperatura, le concentrazioni di ossigeno e di anioni o sali disciolti, le condizioni di manutenzione dello stesso impianto di distribuzione. D'altro canto, il rame è anche un nutriente essenziale per l'organismo umano, implicato in svariate reazioni biologiche, normalmente assimilato per via intestinale (circa il 25-65% del totale ingerito) dopo l'ingestione di cibo ed acqua [104]. L'assunzione giornaliera varia a seconda del cibo ingerito. L'impiego di pesticidi o fungicidi, letame e fertilizzanti, ed altre attività antropiche, influenzano i livelli di Cu nel suolo e nell'acqua, condizionando le quantità di metallo rinvenibili nei vegetali edibili e in minor parte nei prodotti carnei e derivati [105]. Una deficienza di Cu dalla dieta, come un eccesso, può comportare grosse ripercussioni sulla salute. Le patologie collegate a una deficienza da rame sono, la malattia di Menkes (modifica a carico di un gene che regola i livelli di rame nel corpo, con ripercussioni neurologiche), neuropatie e neutropenie [80]. Allo stadio fetale, una scarsa presenza di Cu si può manifestare con malformazioni ossee, disfunzioni nello sviluppo del sistema cardiovascolare, e anomalie immunologiche e neurologiche nell'infante ed in età maggiore [105]. Il rame, infatti è un metallo di transizione implicato in svariate reazioni redox e metaboliche, nel mantenimento dell'energia, sintesi di composti organici e funge anche da molecola segnale [106]. Le sue percentuali sono maggiori nel neonato, principalmente a livello epatico, rispetto all'adulto, ma sono valori che tendono a ridursi nel primo trimestre post nascita [104]. Di contro elevati livelli di Cu risultano

tossici per l'organismo, con danneggiamento ossidativo, morte cellulare. Varie patologie neurodegenerative, tra cui Alzheimer e Parkinson, sono caratterizzate da un'alterazione nell'omeostasi del rame [80].

- **Il selenio (Se)** è un elemento che si trova in piccole quantità nella crosta terrestre, sottoforma di selenuri e seleniti, spesso insieme ai solfuri dei metalli pesanti [46]. Nelle acque superficiali e profonde varia da 0.06 a 400 µg/l ma lo si ritrova anche nei combustibili fossili e in minor quantità nell'aria. La principale fonte di esposizione per l'uomo è l'alimentazione (cereali, verdure, carne e pesce, e come additivo) dove le concentrazioni variano a seconda dell'area geografica di produzione [107; 108]. La contaminazione ambientale aumenta a causa della combustione di carbone o olii, in prossimità di fabbriche per la lavorazione del rame, discariche e impianti per lo smaltimento di acque reflue. L'EPA (*Environmental Protection Agency*) suggerisce che concentrazioni di selenio maggiori di 50 µg/l, assunte tramite l'acqua potabile, per periodi medio lunghi possono causare danni a capelli, unghie, pelle, sistema nervoso e circolatorio e gastrointestinale [111→108].

Di contro, se assunto regolarmente con la dieta in quantità adeguate (dose media giornaliera di 15 µg/l per il neonato, 55 µg/l nell'adulto, fino a 70 µg/l per la donna in gravidanza) è importante per la salute umana, in quanto costituente di enzimi antiossidanti (selenoproteine) per la riduzione dei radicali liberi, dell'omeostasi cellulare; costituente di enzimi della ghiandola tiroidea per produzione ormonale in tale distretto [109]. Può migliorare lo stato del sistema immunitario, dermatologico, avere un'azione preventiva tumorale ed antidepressiva. Bassi o eccessivi livelli di selenio nel corpo, invece, sono legati a risvolti avversi per la salute. Dosi supplementari alla dieta, possono esser associate ad un miglioramento della qualità dello sperma, in uomini non fertili; alla riduzione dell'attività di markers pro-infiammatori e dei livelli di lipidi nel sangue. Di contro si evidenzia una relazione tra diabete di tipo II ed assunzioni elevate o supplementari (es. integratori) alla dieta di questo elemento [110].

- **L'uranio (U)** nella sua forma naturale (NU) si ritrova in depositi minerali e granitici, la cui estrazione comporta un'ingente fonte di contaminazione ambientale. L'uranio naturale funge da base per la costituzione della forma arricchita (EU), usata in ambito militare e nucleare, a sua volta costituente di un sottoprodotto, l'uranio impoverito (*Depleted Uranium* DU). NU e DU emettono particelle radioattive, che esplicano la

loro tossicità, per animali e uomo, quando inalate, ingerite o incorporate nei tessuti [111]. Le quantità dell'elemento assimilate attraverso il cibo (da 1 a 4 µg/gg) sono solitamente maggiori rispetto a quelle assunte per via aerea o tramite acque, eccezion fatta se l'acqua è contaminata da alte concentrazioni dello stesso [76]. L'immunotossicità è correlata alla dose, al tipo di isotopo, alla via di esposizione, alle differenze nell'assorbimento, accumulo e metabolizzazione delle specie mammifere esaminate. Sono maggiori gli studi effettuati *in vitro* o su modelli animali, mentre è meno investigato l'effetto globale di questo elemento sull'uomo. I dati presenti suggeriscono effetti avversi a carico del sistema immunitario, renale, respiratorio e cardiovascolare [111]. Studi epidemiologici su popolazioni venute a contatto con acqua da bere contaminata hanno mostrato alterazioni nel funzionamento del tubulo prossimale, che però rientrano nel range fisiologico. Il rene sembrerebbe uno degli organi più suscettibili, e l'esposizione a concentrazioni non superiori a 30 µg/l (valore guida), sembrerebbe non comportare alterazioni [76].

- **Il vanadio (V)** si trova nel suolo, spesso associato a combustibili fossili e altri minerali, nonché nell'aria e nell'acqua. Ha più stati di ossidazione, che comportano differenti reazioni biologiche in cellule, tessuti e fluidi. Lo stato pentavalente è quello che risulta stabile nell'acqua a diversi gradi di pH. L'industria metallurgica, combustibile, elettrica sono alcuni dei settori che determinano un rilascio di vanadio nell'ambiente [112]. Nell'acqua potabile lo si ritrova ad una concentrazione di circa 1 µg/l anche se concentrazioni maggiori si possono rinvenire in acque profonde collocate in prossimità di zone vulcaniche per lisciviazione del vanadio dalle rocce [112; 113]. Negli esseri umani l'assorbimento del vanadio avviene primariamente per l'inalazione di aria e secondariamente per l'ingestione di cibo/acque contaminate (solo lo 0.2%- 1.0%), tende ad accumularsi nei reni, fegato, ossa, pancreas, mentre l'escrezione avviene tramite feci e urine [113].

All'interno dell'organismo svolge svariate azioni, tra cui quella antipertensiva, anti-iperlipidemiche, cardioprotettiva, antireumatica, riduzione dei lipidi, antinfiammatoria, antineoplastica, antivirale (è stata indagata il suo impiego come agente terapeutico del COVID-19) effetti benefici per pazienti affetti da aterosclerosi, diabete, ecc. Di contro arreca numerosi effetti avversi, come sintomi gastrointestinali, tossicità epatica, neuronale, renale [114]. Lo stato di ossidazione, le dosi, la via di esposizione e la sua

forma chimica ne determinano l'assorbimento e di conseguenza il grado di tossicità [112].

6.3 Altri parametri caratterizzanti

- La rilevazione della **temperatura** è di un certo interesse nel caso delle acque profonde, perché un'improvvisa variazione alla sorgente può indicare l'immissione di acque superficiali nella falda sotterranea e conseguente contaminazione della stessa [48]. Difatti la temperatura delle acque superficiali è influenzata dal luogo, stagione, tempo e altitudine a cui scorre l'acqua. Le acque di falda profonda, invece, presentano una temperatura costante, inquanto non influenzate da variazioni metereologico-climatiche, ma solamente dalle rocce con le quali stanno a contatto. Un'acqua con un buon grado di potabilità dovrebbe avere una temperatura ottimale alla fonte compresa tra i 9° e 12° C (con un massimo di escursione tollerabile tra 5° e 15°) [46]. La temperatura influenza notevolmente sia parametri biologici, condizionando il grado di sopravvivenza e proliferazione microbica, che dei parametri chimici delle acque, determinando l'andamento di molte reazioni chimiche. Anche le proprietà organolettiche e fisiche dell'acqua vengono influenzate da questo parametro; in generale una bassa temperatura, oltre a rendere più gradevole l'acqua, rende meno evidenti sapori e odori [48].
- Il **residuo fisso** (o solidi totali disciolti, TDS) indica il grado di mineralizzazione di un'acqua ossia il contenuto salino totale costituito da sali inorganici (come calcio, sodio, potassio, magnesio, cloro, bicarbonati e solfati) e piccoli composti organici disciolti, la cui costanza è indice di una stabilità della riserva d'acqua [115]. Un'acqua risulta gradevole a concentrazioni < 600 mg/l, mentre il grado di potabilità diminuisce a concentrazioni > 1000 mg/l [80]. Pregressi studi su animali hanno rilevato che acque contenenti un quantitativo di TDS >6000 parti per milione (ppm) possono causare forme temporanee di diarrea e richiedere un aumento dell'assunzione di acqua giornaliera, non alterando lo stato di salute o prestazionale [116]. In base al tenore dei sali minerali in essa disciolti, calcolati come residuo fisso a 180°C, un'acqua minerale può esser definita come "minimamente mineralizzata" (non superiore a 50 mg/l), "leggermente mineralizzata" (non superiore a 500 mg/l) e "ricca di sali minerali" (superiore a 1500 mg/l) [52]. Acque "minimamente mineralizzate" rappresentano il 9% delle acque minerali in commercio. Hanno effetti diuretici nei consumatori e sono consigliate per soggetti che soffrono di

calcoli o di pressione alta, oltre che per la diluizione del latte per neonati, in quanto non ne modificano la formulazione [117]. Essendo quasi prive di elementi in esse disciolti, le acque minimamente mineralizzate, sono tendenti alle acque distillate, incompatibili con la vita, in quanto alterano l'omeostasi corporea di acqua e minerali, con un rilascio critico di ioni intra ed extracellulari mediante i fluidi corporei, con conseguente cambiamento dell'attività ormonale ad essi legata. In particolare, l'acqua minimamente mineralizzata induce il corpo nell'espulsione ioni sodio, potassio, cloruro, calcio e magnesio, insieme a cambiamenti nel volume dell'acqua corporea e le concentrazioni sieriche di sodio. Specialmente quando povere di calcio e magnesio, hanno risvolti dannosi sulla salute dell'uomo, per quanto riguarda la mineralizzazione di ossa e denti. Le "acque leggermente mineralizzate" costituiscono il 65% delle acque minerali in commercio, quindi sono le più diffuse. Hanno anch'esse effetti diuretici e vengono consigliate per chi soffre di calcolosi renale o di gotta, in quanto facilitano la clearance dell'acido urico e azoto ureico. Le acque mediamente mineralizzate hanno effetti simili alle leggermente mineralizzate, ma con un effetto diuretico che varia a seconda del residuo secco. Le "acque ricche di sali minerali" hanno caratteristiche nutraceutiche per determinati soggetti ed altrettante controindicazioni per altri, per questo vengono definite acque medicinali [118].

- **L'alcalinità totale** di un'acqua indica la sua capacità di neutralizzare gli acidi ed è data dalla somma di tutte le basi titolabili da un acido. Nell'acqua naturale con un pH inferiore a 8,5, l'alcalinità dipende principalmente dal contenuto di bicarbonati, mentre a pH superiori, include anche carbonati ed idrossidi. Altre basi come borati, fosfati, silicati, ammoniaca possono contribuire, se presenti, alla misura complessiva dell'alcalinità" [119]. Un'acqua minerale si definisce come "contenente bicarbonati" quando la loro concentrazione è maggiore di 600 mg/l [52], indicata per favorire la digestione, in quanto neutralizza l'acidità gastrica [68], ma di contro è sconsigliata per chi soffre di ipochilia gastrica (insufficiente secrezione di succhi gastrici) [117]. Promuove lo svuotamento dello stomaco ed il rilascio di peptidi gastrici [117], aiuta a ridurre il colesterolo totale, LDL, incrementando l'HDL e a prevenire patologie cardiovascolari [68]. Durante l'attività fisica permette il reintegro di acqua e sali e controbilancia l'acidosi metabolica frequente negli sportivi [117].
- La **durezza** esprime la quantità di cationi multivalenti presenti nell'acqua. Con il termine durezza si indica, in senso restrittivo, la concentrazione di calcio (Ca²⁺) e magnesio

(Mg²⁺), in quanto sono i cationi multivalenti presenti in quantità più rilevante; tuttavia, in alcuni casi un contributo significativo può essere dato da altri cationi, come ferro (Fe³⁺), rame (Cu²⁺), alluminio (Al³⁺), manganese (Mn²⁺), bario (Ba²⁺), se presenti in concentrazioni rilevanti. La durezza totale corrisponde alla totalità dei sali di calcio e magnesio contenuti nell'acqua. Si dice durezza temporanea, quando i bicarbonati Ca(HCO₃)₂ e Mg(HCO₃)₂ a seguito di riscaldamento si trasformano in carbonati insolubili (CaCO₃ e MgCO₃) che precipitano dando luogo alla formazione di depositi/incrostazioni di calcare, determinando la scomparsa di tale durezza. È permanente, quando cloruri, solfati e nitrati, non precipitano durante l'ebollizione, rimanendo in sospensione. La durezza viene espressa comunemente in equivalenti di carbonato di calcio (mg/l CaCO₃) o in gradi francesi (10 mg/l CaCO₃ corrispondono ad 1°F) [115]. In base al grado di durezza, le acque vengono classificate come:

- Acque molli, dolci o leggere → con una durezza totale inferiore a 14°F;
- Acque medio-dure → con una durezza tra 14 e 28°F
- Acque dure → oltre i 28°F [48].

Il magnesio, bicarbonato e calcio sono ioni che vengono rilasciati dalle rocce calcaree, come le dolomie ed il marmo; lo ione solfato viene rilasciato insieme al calcio da rocce che contengono gesso, mentre rocce che possiedono cloruro di sodio nella loro struttura, possono rilasciare gli ioni sodio e cloruro. Quando la quantità e qualità dei sali permane nel tempo, rimanendo costante, attribuisce all'acqua una certa tipicità. Gli ioni presenti nell'acqua sono importanti per gli organismi viventi, per le cellule immerse in soluzioni saline a concentrazione costante, ambiente in cui svolgono le normali funzioni metaboliche; per cui, i sali assunti con l'acqua, contribuiscono a mantenerle in omeostasi. L'acqua potabile è una soluzione di ioni (calcio, sodio, bicarbonato ecc..) in concentrazione ottimale alle già menzionate attività fisiologiche. Risulta chiaro che la forma distillata, quindi povera di sali, non è potabile [87].

Il contatto della pelle con un'acqua dura è spesso associato allo sviluppo o all'esacerbazione di condizioni patologiche a carico del derma, come la dermatite atopica (AD). Tassi più elevati di durezza dell'acqua sono associati ad un aumento del rischio di AD nell'infanzia in tutto il mondo. Di contro, l'ingestione di acqua dura, la cui durezza è attribuibile però ad elevate quantità di calcio e magnesio, sembrerebbe avere un impatto positivo sulla fisiologia della pelle. Infatti, ne migliora l'idratazione,

determinando l'aumento dello spessore e la riduzione della densità. In confronto, l'ingestione di un'acqua di rubinetto, povera in elementi, porta all'effetto opposto. Bere un'acqua con un'elevata composizione di minerali essenziali, può ripristinare l'equilibrio minerale nei pazienti con AD, rispetto all'acqua distillata [120].

- **Bario (Ba)** è un metallo terroso alcalino facilmente ossidabile in aria ed acqua, ragione per la quale lo si ritrova spesso in forma divalente Ba^{2+} , principalmente contenuto in sali come solfati e bicarbonati, o altri aventi un grado di solubilità in acqua variabile. È ampiamente diffuso nella crosta terrestre, ma le attività industriali, tecnologiche, cosmetiche e di impiego medico influiscono enormemente nell'aumento delle sue concentrazioni e del rischio per la salute di uomini ed animali. La principale via di esposizione al metallo è dovuta all'ingestione di cibo contaminato, con valori medi di 3 mg - 100 g, e di acqua, le cui concentrazioni variano a seconda dell'area geografica, nell'ordine di $10\mu\text{g/l}$. La tossicità del bario, sia per esposizione acuta che cronica, è direttamente proporzionale al livello di solubilità. All'aumentare della solubilità, consegue l'aumento dell'assorbimento e della tossicità. Ad esempio, i sali di bario, come il solfato di bario altamente insolubili, sono da considerarsi lievemente o non tossici perché scarsamente assorbiti. I sali di bario solubili, invece, danneggiano processi cellulari caratterizzati da paralisi ipokaliemica e successivo arresto cardiaco e respiratorio. L'avvelenamento acuto può causare sintomi svariati a livello gastrointestinale (vomito, nausea, diarrea), metabolico (tachicardia, ipertensione), cardiovascolare (alterazione del ritmo cardiaco e della pressione sanguigna), muscoloscheletrico (intorpidimento, stanchezza muscolare e paralisi) e neurologico (tremori, convulsioni, midriasi). Per contro, l'esposizione cronica può danneggiare reni ed arrecare malfunzionamento cardiovascolare. È molto pericoloso specialmente per i bambini, la cui salute potrebbe esser compromessa a vita. Difetti congeniti ed un incremento del rischio di difetti al cuore sono stati riscontrati nei nuovi nati a seguito di esposizione prenatale da bario. Per questo risulta di particolare rilevanza la decontaminazione delle acque cui vengono a contatto donne fertili o in attesa. L'incremento di stadi depressivi in donne adulte è un altro fattore di rischio associato alla contaminazione da bario, non riscontrato negli uomini [121].
- Il **Bismuto (Bi)** è un semimetallo diffuso in natura solitamente complessato con altri elementi, come solfati e carbonati e spesso rilasciato come sottoprodotto dell'estrazione minerale di piombo, zinco e rame. È uno dei metalli pesanti meno

tossici. Difatti non sono stati riportati casi di contaminazione inerenti ad industrie che lo lavorano [122]. I bassi valori di tossicità e le sue svariate proprietà ne permettono un ampio impiego nell'industria farmaceutica ed in medicina, oltre che in quella elettronica [123]. Le sue capacità assorbenti sono state studiate per sfruttare i composti del bismuto come sistemi di rimozione di agenti contaminanti delle acque potabili. Nello specifico per la contaminazione ionica da nitrati e fluoro e le potenzialità anche per la rimozione dell'arsenico [122].

- **Calcio (Ca^{2+})** è un elemento di fondamentale importanza per numerose funzioni fisiologiche, in primis per il mantenimento dello stato di salute delle ossa. Per un adulto di peso medio l'assunzione giornaliera necessaria è di 1000 mg, che sale a 1200 mg per donne di età maggiore ai 50 anni e uomini di età maggiore a 70 anni. Per le donne in gravidanza si raccomanda un'assunzione intorno ai 1300 mg/gg, al fine di mantenere un adeguato equilibrio fisiologico. Alterazioni nell'omeostasi del Ca possono sfociare in disfunzioni patologiche. L'ipercalcemia è un esempio nel quale le concentrazioni di calcio ematico aumentano in modo anomalo ($\text{Ca} > 2.6 \text{ mM/l}$) si manifesta con minzione frequente, senso di sete accentuato, in conseguenza ad una disfunzione nell'attività renale nel filtrare l'eccesso di Ca; l'insorgenza di calcoli renali, dolori alle ossa, stanchezza, alterazione delle funzioni cardiache, gastrointestinali. L'aumento delle concentrazioni dello ione, possono derivare da altre patologie in corso, come il cancro, disfunzioni ormonali, intossicazione da vitamina A e D, ed altre. L'iponatremia è la condizione opposta, con altrettante manifestazioni sintomatiche [80]. Un'acqua minerale è definita come "calcica" quando la concentrazione di calcio è maggiore di 150 mg/l [47], la cui assunzione è da consigliarsi per donne in gravidanza, al fine di evitare ipertensione, preclampsia, parti pretermine [84], per lo sviluppo osseo del feto e mantenimento durante l'allattamento; per donne in menopausa o persone in tarda età, che necessitano di mantenere alta la densità ossea ed il reintegro del Ca, prevenendo condizioni patologiche come l'osteoporosi [85]; per lo sviluppo osseo e dentale di bambini ed adolescenti [86]; o per chiunque segua una dieta priva di latte e derivati [68].
- **Magnesio (Mg^{2+})** è uno dei più abbondanti elementi diffusi sulla terra, ed il secondo metallo più abbondante a livello intracellulare. Funge da cofattore essenziale per numerosi enzimi, specie di quelli ATP dipendenti, regolando la quantità di energia disponibile per la contrazione muscolare. agisce come segnale regolatore per i canali

ionici di potassio e calcio (bloccante della pompa del calcio, infatti ne condiziona l'omeostasi). È responsabile del trasferimento dell'impulso elettrico per la contrazione di muscoli e cuore, oltre che capace di influenzare il metabolismo del miocardio, la resistenza vascolare ed altri importanti parametri cardiaci. Patologie cardiovascolari sono associate a bassi livelli sierici di Mg. Per mantenere stabile l'attività elettrica del cuore, il Mg agisce da antagonista del sodio e da bloccante naturale dei canali del calcio. Basse concentrazioni di Mg sono spesso associate ad una varietà di aritmie cardiache. Il reintegro, tramite la dieta o con acqua ricca tale minerale, può contrastare le sintomatologie sopra riportate [80; 124]. Nei pazienti che soffrono di calcoli. L'interazione tra magnesio e calcio è complessa ed entrambi gli elettroliti sono cruciali nella malattia dei calcoli renali. Il magnesio agisce anche come inibitore della crescita dell'ossalato di calcio e fosfato, responsabili dell'80% dei calcoli renali, e adjuvato dalla vitamina B6 inducono la loro solubilizzazione e di conseguenza abbassa il rischio di nuove formazioni. È bene permanga un rapporto calcio/magnesio pari a 2:1, per scongiurare l'insorgenza di nuovi depositi a livello renale. L'assunzione di un'acqua ricca in magnesio potrebbe aver benefici per tali pazienti, anche se la scelta della tipologia di acqua da consigliare varierà a seconda del tipo di calcoli e fattori unici del paziente [125]. Un'acqua minerale viene definita "magnesiaca" quando la concentrazione dell'elemento è superiore a 1 mg/l [52] e la sua assunzione viene suggerita per facilitare la digestione [68]. Negli sportivi che seguono una dieta iperproteica o dopo attività fisica intensa si ha un innalzamento dell'acidità dei fluidi corporei, che si ripercuote sulle urine e conseguente riduzione del riassorbimento renale di magnesio [126]. In questi casi il reintegro tramite un'acqua ricca di Mg potrebbe aiutare a ristabilire l'omeostasi corporea del minerale.

- **Potassio (K^+)** è impegnato nel mantenimento dell'omeostasi cellulare, grazie alle pompe sodio/potassio che permettono la regolazione del potenziale di membrana. Questi sono implicati in svariate attività fisiologiche, come la modulazione dell'attività neuronale, incluso il controllo degli impulsi nervosi. L'ipocalemia, condizione patologica dove i livelli di K^+ nel sangue sono bassi (inferiori a 3.5 mmol/l nell'adulto) sono dovuti ad una perdita eccessiva dell'elemento attraverso le urine. Ne consegue l'alterazione dei potenziali di membrana a livello dei cardiociti e conseguenti aritmie, arresti cardiaci e disfunzioni neuromuscolari. La co-somministrazione di magnesio e potassio sembra implicata nella riduzione della

pressione sanguigna in pazienti ipertesi [80]. Il potassio è anche coinvolto nel metabolismo energetico. La maggior abbondanza di ATPasi e mitocondri nei muscoli scheletrici, fa sì che vi siano alti livelli di K^+ in tale sede. Un'acqua ricca in potassio potrebbe aver risvolti positivi in pazienti ipertesi, con problemi cardiaci, oltre che per gli sportivi, dove andrebbe a supportare una miglior efficienza muscolare nonché il reintegro di minerali dovuti ad una sudorazione importante legata all'attività motoria [127].

- **Tallio (Ti)** è rapidamente assorbito dall'organismo, in modo indipendente dalla durata, dose e via di esposizione. La preferenziale sede di accumulo è rappresentata dalle ossa, reni e sistema nervoso centrale e periferico con eliminazione attraverso feci e urine. La tossicità di questo elemento si esplica in svariati modi. Essendo simile al potassio per carica e raggio ionico, tende a sostituirsi ad esso nelle pompe Na^+/K^+ ATP-dipendenti, alterando la permeabilità e gli scambi ionici di membrana [128]. Tale somiglianza ne favorisce la distribuzione in tutti i distretti corporei, garantendone la tossicità dopo esposizione anche a piccole dosi o per periodi limitati [129]. Inoltre, il legame a gruppi sulfidrici inibisce l'attività enzimatica, come quella antiossidante con conseguente incremento dello stress ossidativo, alterazione della permeabilità delle membrane mitocondriali (bersaglio primario di deposizione del metallo [129]) del metabolismo energetico associato. Tutte le alterazioni apportate, insieme all'interazione con recettori di membrana, sembrerebbero causare effetti neurotossici nell'organismo. A seguito di intossicazione acuta possono riscontrarsi ipotensione, bradicardia che si converte in ipertensione e tachicardia, mentre a carico della cute eritemi, desquamazione secca ed acne sono solo alcuni esempi [128].
- **Il Cobalto (Co)** è un metallo costituente la Vitamina B12, normalmente assunta tramite cibi di origine animale o solubilizzata in acqua. Alcune funzioni del cobalto sono riconducibili alla vitamina B12, mentre altre alla sua presenza sottoforma di sali. Le maggiori quantità di cobalto si trovano nel cuore, reni, fegato e in minor percentuale nel cervello e pancreas. La vitamina B12 è implicata nella sintesi di alcune proteine e nel normale funzionamento del sistema nervoso, nello specifico nella sintesi di mielina e neurotrasmettitori; è coinvolta nel metabolismo dei carboidrati e degradazione in fonti energetiche come il glucosio; sfruttata nella maturazione spermatica. I sali di cobalto sono coinvolti nella sintesi di ormoni glicoproteici, come l'eritropoietina, e di conseguenza nella produzione dei globuli

rossi, proprietà dopante sfruttata in medicina sportiva, per aumentare il numero degli eritrociti e le prestazioni aerobiche negli atleti, nonché in pazienti anemici. Di fatti una deficienza di cobalto può sfociare in anemia perniciosa [80]. Il cobalto è ampiamente diffuso nella crosta terrestre, lo si può riscontrare in tracce nelle acque superficiali e sotterranee, ma raramente nell'acqua da bere, o eventualmente a concentrazioni decisamente basse (0.1-5µg/l). Un eccesso è spesso associato a contaminazione ambientale di origine antropica, di derivazione industriale e medica (come isotopi radioattivi, impiegati nelle terapie di medicina nucleare) [130].

- **Litio (Li)** si ritrova naturalmente nell'ambiente per erosione e lisciviazione di rocce granitiche, o da attività antropiche (batterie al litio, miniere, industrie di combustione, ecc.), che comportano l'immissione dell'elemento nelle acque, sia superficiali che sotterranee e nella catena del cibo, possibili vie di contaminazione per l'uomo. Il Li non è un elemento essenziale per gli organismi viventi, ma si è riscontrato avere un'azione positiva sull'umore e nel trattamento di problematiche psichiatriche (ad esempio bipolarismo e depressione), per le quali viene somministrato come farmaco. Vari studi hanno riscontrato una riduzione dell'incidenza di suicidi e degli stati demenziali in corrispondenza del consumo prolungato di acqua con alte concentrazioni di litio. Di contro, l'impiego di farmaci a base di litio, quando le concentrazioni sieriche si aggirano dai 3.5 e oltre i 17.4 mg/l, può comportare perdita di peso, ipotiroidismo, iperparatiroidismo e disfunzionalità nel concentrare le urine nonché tossicità renale. Altri esiti si possono avere a carico del derma (acutizzazione di lesioni epiteliali, acne, psoriasi) delle ossa (alterazione dell'omeostasi del calcio nelle donne incinte che consumano acqua contaminata da alte concentrazioni di Li) a livello cardio-vascolare (aritmie, ipertensione) e gastrointestinale (dolore addominale, nausea, vomito) [131].
- L'attività cruciale del **Molibdeno (Mo)** nell'uomo si esplica quando funge da cofattore, anche detto MoCo, di quattro enzimi (xantina ossidasi, aldeide ossidasi, solfito ossidasi e del complesso riducente dell'amidossima mitocondriale) coinvolti nell'ossidazione di purine e acido urico, nel metabolismo delle aldeidi aromatici e composti eterociclici, e nel catabolismo di aminoacidi solforati. Il molibdeno viene assorbito a livello intestinale nella sua forma idrosolubile, il molibdato, ampiamente diffuso in alimenti di origine vegetale, animale e nelle acque: nei cereali si riscontrano le concentrazioni maggiori, intorno ai 40 µg/100g, mentre nelle acque potabili non

superno i 10 µg/l. Il fabbisogno medio giornaliero stimato dall'EFSA può variare a seconda dell'età passando dai 10 µg nell'infante di 7 mesi fino a valori superiori 60 µg nell'adulto. Sempre l'EFSA, nel 2013 dichiara, però, non vi fossero prove sufficienti per stimare correttamente il fabbisogno medio ed un valore di consumo di riferimento per la popolazione riguardo l'elemento. Le alterazioni biochimiche riscontrate nei soggetti affetti da carenza genetica di Moco (rara sindrome recessiva autosomica) o da deficit di molibdeno includono livelli ridotti di acido urico sia nelle urine che nel siero, un aumento della concentrazione plasmatica di metionina, un'elevata escrezione di ipoxantina e xantina, nonché un'eliminazione anomala di metaboliti dello zolfo. Invece, risultano esser limitati i dati disponibili sulla tossicità del molibdeno negli esseri umani. In una regione caratterizzata da elevati livelli di molibdeno nel suolo e una conseguente assunzione giornaliera di 10-15 mg, sono stati segnalati un aumento dell'acido urico plasmatico e sintomi simili a quelli della gotta. Esiti analoghi sono stati riscontrati in individui professionalmente esposti al molibdeno. Studi epidemiologici suggeriscono un'associazione tra elevati livelli plasmatici di molibdeno e un accelerato declino nel tasso di filtrazione glomerulare [132].

- **Stronzio (Sr)** è un metallo alcalino terroso, naturalmente presente nella crosta terrestre (circa 200-300 mg/kg) all'interno di minerali rocciosi, la cui lisciviazione permette la sua dispersione nell'aria e nell'acqua. Un adulto americano è mediamente esposto a 3 mg di stronzio al giorno, ripartiti in 2 mg per ingestione di acqua, 1.3 mg dalla dieta e 0.4 µg dall'aria. Di fatti il suo impiego nell'industria delle ceramiche, produzione di vetro, di vetri degli apparecchi elettronici, ed altri, sono responsabili di un aumento delle concentrazioni di stronzio ambientale. Inoltre, il metallo è stato impiegato come farmaco nel trattamento di disordini nella mineralizzazione ossea e dell'osteoporosi, specialmente nelle donne in post-menopausa, grazie alla forte similarità strutturale con il calcio. Infatti, scheletro e denti sono le sedi di maggior accumulo del metallo, rispetto agli altri distretti corporei. Un eccesso di Sr con la dieta potrebbe aver risvolti negativi nello sviluppo osseo dei bambini e di adolescenti, come dimostrato in studi animali. Alcuni composti dello stronzio sono radioattivi, altri si è riscontrato avere attività pro-cancerogena [133; 134].
- Lo **zinco (Zn)** è un metallo che riveste un ruolo cruciale a livello strutturale, catalitico e nei meccanismi di segnalazione all'interno dei sistemi biologici. La sua forma libera

è soggetta a un rigoroso controllo: a livello cellulare, sede nella quale sue alte concentrazioni possono risultare tossiche, interagisce con le metallothioneine, immagazzinato all'interno di vescicole, e regolato il suo passaggio attraverso le membrane mediante trasportatori specifici; nel plasma e nel siero, è prevalentemente legato all'albumina, mentre la maggior parte dello zinco presente nel corpo è associata alle proteine leganti lo zinco (Zinc-binding proteins). In qualità di cofattore coinvolto in oltre 300 proteine, lo zinco partecipa attivamente a numerosi meccanismi e processi biochimici [80]. L'omeostasi dello zinco mantiene stabile l'attività insulinica, e di conseguenza le concentrazioni di glucosio nel sangue; è necessario per la guarigione delle ferite, per lo stato di salute di vasi e denti, e per la corretta percezione del gusto. Il cervello umano contiene grandi quantità di zinco. In corrispondenza di una deficienza del metallo si riscontra un aumento della formazione di ROS e dello stress ossidativo correlato, cui seguono danni ischemici e quindi risvolti cardiaci negativi. Ne risente anche il sistema immunitario e neuronale (il cervello umano contiene grandi quantità di zinco), rispettivamente con insorgenza facilitata di stati infettivi, alterazione della funzionalità delle cellule immunitarie, disturbi mentali, cognitivi e condizioni neurologiche gravi come Alzheimer e Parkinson [80].

- **Stagno (Sn)** è uno degli elementi più abbondanti nella crosta terrestre, in composti sia organici che inorganici, e le cui svariate proprietà ne hanno permesso l'impiego nell'industria delle leghe metalliche, nella produzione di lattine e contenitori per cibo, pesticidi, rivestimenti a tenuta stagna di tubature, ecc. L'ampio ventaglio di utilizzi aumenta di dieci volte i livelli di Sn nell'ambiente, facilitandone l'immissione nella catena del cibo e le probabilità di esposizione e tossicità per animali e uomo. I composti inorganici sono caratterizzati da una minor solubilità, assorbimento e ritenzione a livello tissutale, che li rende meno pericolosi rispetto a quelli organici. Le quantità di Sn nelle acque profonde e superficiali di fiumi, oceani ed estuari sono normalmente inferiori a 5 ng/l, valori che possono aumentare a causa dell'impiego di biocidi, o in corrispondenza di impianti di smaltimento delle plastiche e rifiuti sanitari, delle tubature rivestite che possono progressivamente rilasciare l'elemento nelle acque condottate. I cibi in lattina, cereali, carne, prodotti caseari e certi dentifrici sono le principali fonti di esposizione ed assimilazione per via enterica [134]. Per quanto riguarda lo stagno inorganico, nel parere del 12 dicembre 2001, l'SCF (Scientific Committee for Food) ha concluso che livelli di stagno inorganico pari a 150 mg/kg

nelle bevande in lattina e a 250 mg/kg negli altri alimenti in scatola possono causare irritazioni gastriche in alcuni individui. È necessario, quindi stabilire limiti massimi dell'elemento nelle categorie sopra citate, al fine di proteggere la salute pubblica da questo potenziale rischio, con particolare attenzione a bambini e lattanti, che potrebbero essere maggiormente vulnerabili [135]. Gli effetti tossici sull'uomo variano a seconda che l'esposizione sia da composti organici o inorganici. Nel primo caso, si possono verificare effetti localizzati, come irritazione e lesione della pelle, irritazione degli occhi, del tratto gastrointestinale o nella respirazione; gli effetti avversi a livello sistemico invece si manifestano a livello cardiovascolare (es. vasodilatazione, ipotensione, ecc.) neuronale (disturbi nella vista, comportamentali, edema cerebrale, ecc.). Nel secondo caso, l'assunzione di alti livelli di composti inorganici dello stagno, possono causare diarrea, dolori addominali, palpitazioni, mal di testa, mentre bassi livelli possono risultare in depressione, insonnia, respiro corto, asma, ecc. [133].

1. I risvolti delle NGS nell'analisi del microbiota delle acque

Ogni acqua ha peculiarità uniche conferite dalla sinergia di fattori idrogeologici, geografici, chimico-fisici e microbiologici. Il microbiota, presente naturalmente nella matrice, può conferire alla stessa delle proprietà nutraceutiche, terapeutiche, biotecnologiche e funzionali, in rfunzione alle reazioni metaboliche attuate (es. precipitazione o dissoluzione di elementi in soluzione come il carbonato di calcio) [136]. In letteratura viene dimostrato come l'impiego delle più recenti tecnologie di sequenziamento NGS (*Next Generation Sequencing*) si propongano come test diagnostici indipendenti dalla messa in coltura dei microrganismi, in affiancamento alle già consolidate analisi microbiologiche colturali. Tali test permettono il rilevamento, l'identificazione del microbiota presente in un campione e la caratterizzazione nei vari di gruppi funzionali, mettendone a luce il comportamento metabolico e le proprietà apportate alle acque stesse [136;137]. Se da diverso tempo le tecniche NGS sono impiegate in ricerca clinica, con particolare riferimento allo studio del microbiota umano e delle sue ripercussioni in sanità pubblica [138] più recenti sono i lavori che focalizzano l'attenzione nello studio del microbiota delle acque sorgive, grazie ai quali è stato possibile ricostruire alberi filogenetici in cui i vari ceppi appartengano a profili funzionali diversi (es. batteri che riducono o ossidano lo zolfo, batteri fermentanti, batteri ecc.)

spesso responsabili delle proprietà chimico-fisiche riscontrate a valle nei campioni analizzati [136;137]. Risulta chiaro come la comprensione e conoscenza della micro-biodiversità idrica vada a supporto della macro-biodiversità delle acque studiate, avvalorando quei principi di unicità inerenti a ciascuna di esse.

SCOPO DEL LAVORO

L'impatto del turismo sull'economia sarda si esplica principalmente nel periodo da giugno a settembre, concentrandosi prevalentemente lungo le aree costiere e toccando solo marginalmente le aree interne. Queste ultime, come detto, si distinguono per la presenza di importanti risorse ambientali e culturali (beni archeologici, architetture tradizionali, paesaggi) che rimangono spesso sottoutilizzate. A causa della locazione geografica sfavorevole, queste zone rimangono spesso escluse dai flussi turistici e dai relativi benefici economici. Per questo motivo, nel corso degli anni sono state promosse numerose iniziative per includere attivamente anche le aree interne dell'Isola e destagionalizzare i flussi turistici puntando sulle molteplici potenzialità delle zone rurali.

Su tali basi concettuali si fonda "InnTerr", un progetto di ricerca applicata nato dall'accordo di collaborazione didattica e scientifica tra il Dipartimento di Scienze Umanistiche e Sociali dell'Università degli Studi di Sassari e il Consorzio per la Promozione degli Studi Universitari nella Sardegna Centrale di Nuoro. Il progetto, di durata triennale e avviato nel 2021, si pone l'obiettivo generale di favorire la valorizzazione integrata del patrimonio locale attraverso azioni orientate al rilancio socioeconomico del territorio nuorese. Nello specifico, lo studio si propone di conseguire due risultati: valorizzare e connettere il patrimonio ambientale e culturale della provincia di Nuoro trasformando i numerosi dati - raccolti dagli oltre 35 ricercatori coinvolti - in conoscenza; potenziare l'attrattiva turistica del territorio migliorandone l'immagine e l'organizzazione, creando nuove collaborazioni e connessioni tra gli attori locali, le risorse del territorio, i settori produttivi e le realtà culturali. Le attività condotte dagli studiosi vengono messe a frutto in maniera operativa attraverso un'azione pilota: la valorizzazione in chiave turistica dell'antico camminamento romano che collegava Olbia a Cagliari e noto nell'Itinerarium Antonini come *Ulbiam-Calaris*. La valorizzazione di tale cammino si esplica attraverso la ricostruzione a fini turistici e culturali, della rete sentieristica che in passato caratterizzava i percorsi della transumanza e dell'abigeato, ma anche mediante l'individuazione di elementi di spicco storico-culturale, sociale o ambientale a cui dar nuova vita, che possano incrementare l'attrattività turistica delle sedi interessate. Tra questi le sorgenti e le fontane.

Il presente lavoro di tesi, che si inserisce nell'ambito del Progetto InnTerr, ha i seguenti obiettivi:

- studiare il contesto regionale sardo, focalizzando l'attenzione sulle potenzialità turistiche di otto paesi della provincia di Nuoro, i quali vengono valorizzati grazie al loro inserimento in itinerari dedicati. Il capitale territoriale di questi centri abitativi limitrofi viene sfruttato e promosso allo scopo di favorire una forma di turismo rurale, esperienziale, sostenibile, che apporti benessere ed occupazione;
- identificare una o più sorgenti e/o fontane all'interno degli stessi itinerari, la cui selezione potrà essere eseguita in base a caratteristiche di rilevanza storica, culturale e sociale della zona, nonché al loro utilizzo a scopo potabile da parte della popolazione locale nel corso delle generazioni;
- caratterizzare tali acque secondo le loro principali proprietà chimiche, chimico-fisiche e studiare i possibili risvolti sulla salute dei consumatori.
- inserire la risorsa territoriale "sorgenti" all'interno degli itinerari turistici del nuorese valorizzandone gli aspetti naturalistici, culturali e salutistici.

MATERIALI E METODI

1. CRITERI DI SCELTA DELL'AREA GEOGRAFICA E APPLICAZIONI

La scelta di focalizzare l'attenzione sulla provincia di Nuoro nasce dal legame del presente studio con il Progetto *InnTerr*, il quale mira al rilancio e alla valorizzazione del turismo rurale nelle aree interne del nuorese, un tempo attraversate dal camminamento *Ulbiam-Calaris*, rappresentato in Figura 2.

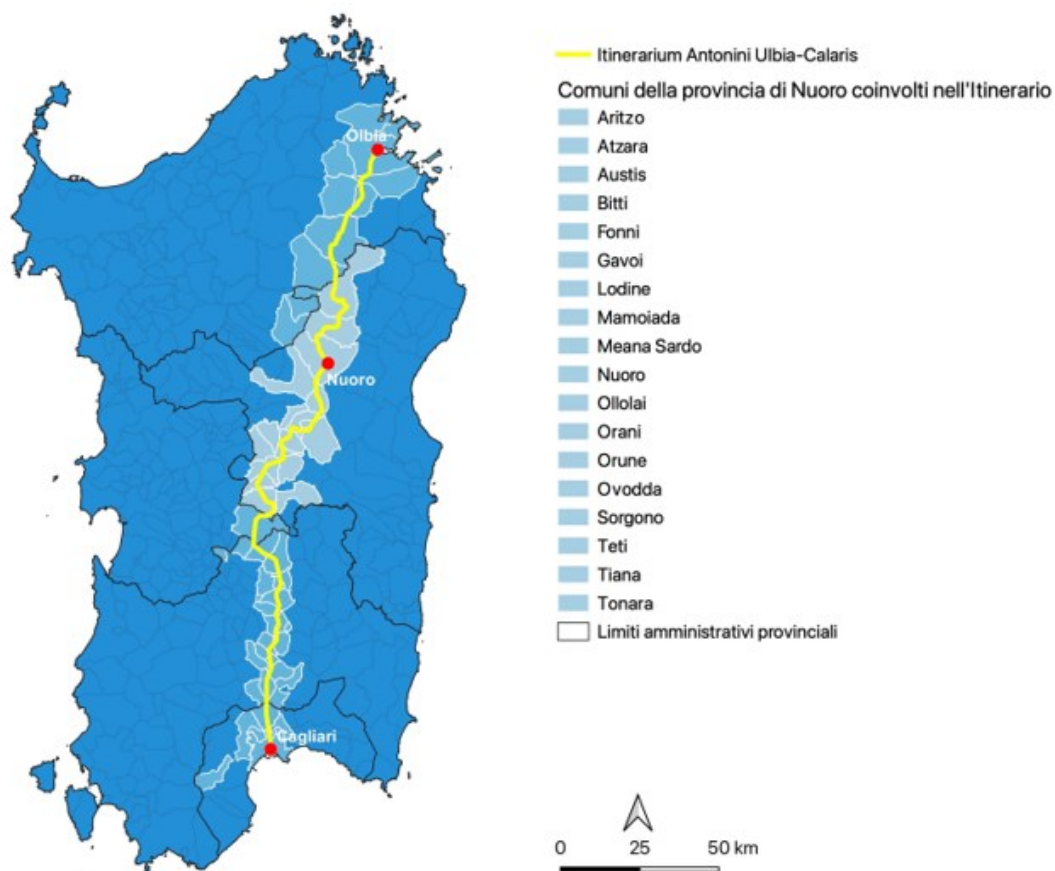


Figura 2: Comuni di Nuoro attraversati dall'Itinerarium Antonini Ulbiam-Calaris (Progetto InnTerr)

L'area geografica di indagine della tesi include i seguenti comuni: Aritzo, Atzara, Gavoi, Lodine, Mamoiada, Ovodda, Tiana, Tonara, Sorgono. In questi paesi è stato effettuato il censimento delle principali fonti di approvvigionamento idrico di tipo profondo.

Si è proceduto con l'invio di un comunicato formale indirizzato ai Comuni e ai Sindaci, specificando l'intento del progetto e la volontà di coinvolgere attivamente gli

stessi per ottenere maggiori informazioni riguardo alla tipologia delle acque presenti, agli usi e alla connessione di tali siti con la popolazione locale nel corso delle generazioni. Si è inoltre chiesto quali di queste fonti siano attualmente fonti di approvvigionamento idrico a scopo potabile.

Nel complesso, la scelta si è focalizzata su 14 sorgenti, tenendo conto di fattori quali la facilità di accesso alle aree, la vicinanza con eventuali siti archeologici, storici e ambientali di interesse turistico. Mediante l'utilizzo della piattaforma Google Maps si è potuta ottenere la geolocalizzazione delle sorgenti e pianificare dell'itinerario utile all'attuazione dei campionamenti. L'ausilio della piattaforma *webGIS (Geographical Information System)* ha permesso, inoltre, di ottenere informazioni sulla composizione litologica e sulla permeabilità del sottosuolo, nonché sull'altitudine espressa in metri sopra il livello del mare (m s.l.m.), comprese le rappresentazioni cartografiche annesse. L'impiego delle due applicazioni e lo studio dell'area circostante hanno permesso di identificare i principali siti attrattivi a fini turistici, plottandoli su rappresentazioni cartografiche esplicative di ipotetici itinerari turistici preposti alla valorizzazione dei luoghi coinvolti, tra le cui tappe sono state inserite le sorgenti.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E LIMITI DI PARAMETRO

Su ciascun campione di acqua si è proceduto alla rilevazione di 40 parametri chimici e chimico fisici, raggruppati in ordine alfabetico in Figura 3.

PARAMETRI ANALIZZATI					
	Elemento	Simbolo		Elemento	Simbolo
1	Alcalinità		21	Nickel	Ni
2	Alluminio	Al	22	Nitrati	NO ₄ ⁻
3	Ammoniaca	NH ₃	23	Nitriti	NO ₃ ⁻
4	Antimonio	Sb	24	Ossidabilità	
5	Arsenico	As	25	pH	
6	Bario	Ba	26	Piombo	Pb
7	Bismuto	Bi	27	Potassio	K
8	Cadmio	Cd	28	Rame	Cu
9	Calcio	Ca	29	Residuo fisso 180 °C	
10	Cloruri		30	Selenio	Se
11	Cobalto	Co	31	Sodio	Na
12	Conducibilità		32	Solfati	SO ₄ ²⁻
13	Durezza totale		33	Stagno	Sn
14	Ferro	Fe	34	Stronzio	Sr
15	Fluoro	F	35	Tallio	Tl
16	Litio	Li	36	Temperatura acqua	
17	Magnesio	Mg	37	Temperatura aria	
18	Manganese	Mn	38	Uranio	U
19	Mercurio	Hg	39	Vanadio	V
20	Molibdeno	Mo	40	Zinco	Zn

Figura 3: Elenco parametri analizzati

Dei 40 parametri fisici e chimico-fisici esaminati (Figura 3) solo alcuni vengono presi in considerazione nel Decreto legislativo del 23 febbraio 2023, n. 18, attuazione della direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2020, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano. I requisiti minimi di legge per tali parametri sono mostrati in Tabella 1 e Tabella 2, e sono stati utilizzati come metro di confronto per valutare la conformità delle acque considerate nello studio dal punto di vista chimico. Le definizioni delle acque in base al tenore di sali minerali, enunciate nel Decreto legislativo 8 ottobre 2011, n.176 attuazione della direttiva 2009/54/CE, sull'utilizzazione e commercializzazione delle acque minerali naturali, sono mostrate in Tabella 3, e sono state utilizzate come metro di paragone per poter classificare le acque analizzate.

Tabella 1: Parametri indicatori DL. vo 18/2023⁶

PARAMETRI INDICATORI:	
Fisici	
Parametro	Limite di parametro
Conduttività	2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (a 20 °C)
Concentrazione ioni idrogeno	$6,5 \geq \text{pH} \leq 9,5$
Ossidabilità	5.0 mg/l O ₂
Chimici	
Alluminio	200 $\mu\text{g}/\text{l}$
Ammonio	0,50 mg/l
Cloruro	250 mg/l
Ferro	200 $\mu\text{g}/\text{l}$
Manganese	50 $\mu\text{g}/\text{l}$
Solfato	250 mg/l
Sodio	200 mg/l

Tabella 2: Parametri chimici DL. vo 18/2023⁷

PARAMETRI OBBLIGATORI: Chimici	
Parametro	Limite massimo di parametro
Antimonio	10 $\mu\text{g}/\text{l}$
Arsenico	10 $\mu\text{g}/\text{l}$
Cadmio	5.0 $\mu\text{g}/\text{l}$
Cromo	50 $\mu\text{g}/\text{l}$ (fino all' 11/01/2026); 25 $\mu\text{g}/\text{l}$ (dopo 11/01/2026)
Rame	2.0 mg/l
Fluoruro	1.5 mg/l
Piombo	10 $\mu\text{g}/\text{l}$ (fino al 12/01/2036); 5.0 $\mu\text{g}/\text{l}$ (dopo 12/01/2036)
Mercurio	1.0 $\mu\text{g}/\text{l}$
Nichel	20 $\mu\text{g}/\text{l}$
Nitrato	50 mg/l

⁶ DL. vo 18/2023. Allegato I (articolo 3)_Parte C_C1.Parametri indicatori. Pag 26.

⁷ DL. vo 18/2023. Allegato I (articolo 3)_Parte B_Parametri indicatori. Pag 23.

Nitrito	0.50 mg/l
Selenio	20 µg/l
Uranio	30 µg/l
Vanadio	140 µg/l

Tabella 3: Classificazione in base alla composizione minerale⁸

Tipologia di acqua	Concentrazione Sali minerali
Minimamente mineralizzata	tenore dei sali minerali (calcolato come residuo fisso a 180°C) non è superiore a 50 mg/l
Oligominerale o leggermente mineralizzata	tenore dei sali minerali non è superiore a 500 mg/l
Ricca di sali minerali	tenore dei sali minerali è superiore a 1500 mg/l
Contenente bicarbonato	tenore di bicarbonato è superiore a 600 mg/l
Solfata	tenore dei solfati è superiore a 200 mg/l
Clorurata	tenore di cloruro è superiore a 200 mg/l
Calcica	tenore di calcio è superiore a 150 mg/l
Magnesiaca	tenore di magnesio è superiore a 50 mg/l
Fluorata o contenente fluoro	tenore di fluoro è superiore a 1 mg/l
Ferruginosa o contenente ferro	tenore di ferro bivalente è superiore a 1 mg/l
Acidula	tenore di anidride carbonica libera è superiore a 250 mg/l
Sodica	tenore di sodio è superiore a 200 mg/l
Indicata per le diete povere di sodio	tenore del sodio è inferiore a 20 mg/l

⁸

3. METODI ANALITICI

Il campionamento delle acque è stato effettuato in due momenti stagionali differenti, rispettivamente a settembre 2023 e dicembre 2023, interessando 14 punti di emergenza di acque sorgive distinti tra fontane e abbeveratoi. Sono state tutte etichettate numericamente in ordine progressivo di prelievo. Da ciascuna sorgente è stato prelevato un campione di 3 L, utilizzando contenitori in polipropilene ad alta densità, opportunamente mantenuti a temperatura refrigerata di 4°C per tutta la durata del trasporto e fino al momento delle analisi in laboratorio. In aggiunta è stata raccolta un'aliquota di 50 ml per le analisi da effettuare con ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*), opportunamente stabilizzata con acido nitrico HNO₃ al 2% per l'esecuzione delle successive analisi chimiche.

In sede di prelievo sono stati rilevati i principali parametri fisico-chimici:

- **Temperatura** dell'acqua e dell'aria (espressa in °C) con termometro ad alcol
- **Concentrazione degli ioni idrogeno** con pH-metro portatile (Crison, modello 507)
- **Conducibilità elettrica** (EC espressa in µS/cm) con conducimetro portatile (Crison, modello Meter 524)

I restanti parametri sono stati rilevati nel laboratorio di Igiene Ambientale, presso il Dipartimento di Medicina, Chirurgia e Farmacia dell'Università degli Studi di Sassari, attuando le seguenti metodiche:

Determinazione potenziometrica: AZOTO AMMONIACALE

La rilevazione dell'ammoniaca è stata effettuata mediante determinazione potenziometrica con elettrodo a membrana a diffusione gassosa [139] (in campioni di acqua previamente alcalinizzati. La procedura si basa sull'impiego di un elettrodo provvisto di membrana permeabile al gas, che permette il passaggio dell'ammoniaca dal campione alla soluzione interna all'elettrodo, in maniera direttamente proporzionale alla concentrazione della molecola in sospensione nel liquido. La misurazione quantitativa viene effettuata mediante la variazione del pH dello strato di elettrolita a più stretto contatto con la parete interna della membrana.

Titolazione per Alcalinità: BICARBONATI

La rilevazione dell'alcalinità si effettua mediante titolazione del campione d'acqua mediante aggiunta di un acido forte, nello specifico acido solforico 0.1 N. Per evidenziare la presenza di basi forti in presenza di carbonati, è essenziale procedere con la titolazione fino a raggiungere i due successivi punti di equivalenza del bicarbonato e dell'acido carbonico. Questi punti di equivalenza possono essere identificati osservando il cambiamento di colore di indicatori appropriati, in particolare l'indicatore misto verde di bromocresolo-rosso metile in rapporto 2:3 [119].

Titolazione Argentometrica o Metodo di Mohr: CLORURI

La rilevazione degli ioni cloruri è stata effettuata attraverso il Metodo di Mohr, ossia una Titolazione Argentometrica nella quale si utilizza come agente titolante, una soluzione di nitrato d'argento (AgNO_3) 0,1 M a pH neutro o lievemente basico, facendo uso di cromato di potassio (K_2CrO_4) come indicatore. Queste condizioni inducono la completa precipitazione degli ioni cloruro prima, sotto forma di cloruro d'argento (AgCl) di colore bianco azzurrognolo, e in seguito in cromato d'argento (Ag_2CrO_4) di colore rosso mattone, che persiste come indicatore. La tecnica consente la rilevazione di una concentrazione minima di 5mg/l di cloruri disciolti [59].

Determinazione Potenzimetrica: FLUORURI

I fluoruri sono stati rilevati mediante il metodo della determinazione potenziometrica [139], dove la misurazione della forza elettromotrice (f.e.m.) fra due elettrodi di una cella galvanica, permette di rilevare l'attività degli ioni in soluzione. La cella galvanica è costituita da un elettrodo di riferimento, dal potenziale noto, e da un elettrodo indicatore dello ione fluoruro, entrambi immersi nel campione di acqua da analizzare. Il potenziale dell'elettrodo indicatore varia in modo direttamente proporzionale con il log delle specie ioniche coinvolte. Dalla misura della f.e.m., ed avendo il valore del potenziale dell'elettrodo di riferimento, si può calcolare il potenziale dell'elettrodo indicatore, che restituisce il valore dell'attività ed in modo conseguente della concentrazione dello ione fluoruro [140].

Ossidabilità al permanganato o Metodo titrimetrico di Kubel: OSSIDABILITÀ

Con il metodo titrimetrico di Kubel è stata rilevata l'ossidabilità al permanganato [59]. Al campione di acqua vengono aggiunte quantità note di permanganato di potassio, agente ossidante, e acido solforico, per poi esser trattato per dieci minuti alla temperatura di ebollizione. In tali condizioni, le sostanze ossidabili in soluzione determinano la riduzione di parte del permanganato di potassio, quantificabile mediante l'aggiunta di sodio ossalato in quantità eguale al permanganato di potassio aggiunto in principio e seguente titolazione a 70°C circa con potassio permanganato.

Calcolo della DUREZZA TOTALE

La durezza totale (DT), espressa in mg/l, è stata calcolata come sommatoria dei valori di calcio e magnesio rilevati mediante tecnica ICP-MS, e opportunamente moltiplicati per un coefficiente di conversione. Il valore di durezza totale ottenuto è stato diviso per dieci al fine di ottenere un dato espresso in gradi francesi (°F).

$$DT \text{ (mg/l)} = (\text{Ca} \cdot 2.5) + (\text{Mg} \cdot 4.11)$$

$$DT \text{ (°F)} = DT \text{ (mg/l)} / 10$$

Residuo fisso a 180°C: SOLIDI TOTALI DISCIOLTI

I solidi totali disciolti sono stati determinati mediante evaporazione di un'aliquota d'acqua, preventivamente filtrata con filtro da 0.45 µm e successivamente essiccata in stufa alla temperatura di 180 ±2°C. L'incremento di peso della capsula dove viene essiccato il campione, rispetto al peso della medesima capsula vuota, indica il quantitativo dei solidi disciolti totali disciolti altrimenti indicati come residuo fisso a 180°C [119].

Cromatografia ionica: NITRATI NITRITI e SOLFATI

I nitrati, nitriti e solfati sono stati rilevati mediante cromatografia ionica. Gli analiti vengono separati mediante una colonna a scambio anionico in base alla loro affinità con la fase stazionaria. L'eluente che contiene gli analiti separati passa poi all'interno di un'altra sezione, detta soppressore, che scambia protoni con la fase mobile abbassando la conducibilità di fondo dell'eluente, esaltando il segnale degli analiti, che viene rilevato mediante un conduttimetro in linea. Il riconoscimento degli analiti avviene tramite il confronto dei tempi di ritenzione dei picchi del campione con quelli delle soluzioni di riferimento. Mediante l'impiego di soluzioni dell'analita a concentrazione

nota si costruisce una curva di taratura, che consente di confrontare l'area del picco dovuta all'analita ricercato, così da determinarne la concentrazione [139].

ICP-MS

L'ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) o Spettrometria di Massa a Plasma Accoppiato Induttivamente è la tecnica che è stata impiegata per la rilevazione dei seguenti parametri: Arsenico, Bismuto, Bario, Cadmio, Cromo, Rame, Piombo, Manganese, Nichel, Selenio, Sodio, Potassio, Calcio, Magnesio, Ferro, Vanadio, Uranio, Zinco, Stronzio, Litio, Alluminio, Mercurio, Antimonio, Tallio, Molibdeno, Stagno, Cobalto. Lo strumento impiegato è lo Spettrometro NexION 2000 ICP-MS (Perkin Elmer, Milano, Italia), equipaggiato con un autocampionatore S21, un nebulizzatore concentrico in vetro, una camera ciclonica in vetro, e una cella di collisione o reazione. La tecnica prevede l'impiego di due strumenti, l'I.C.P. ed M.S., uniti da un'interfaccia. L' I.C.P. si basa sull'utilizzo di una sorgente luminosa detta plasma, ottenuta attraverso un flusso di Argon che, mediante una scarica elettrica, innesca la formazione di ioni che proseguono, nella loro formazione, attraverso un apporto di energia molto alta, generata di continuo da una bobina di induzione a radiofrequenza che permette il raggiungimento di temperature di attività particolarmente elevate (6000-10.000 K) nella zona di eccitazione-osservazione. La bobina, percorsa da corrente alternata ad alta frequenza, produce un campo magnetico oscillante che genera e mantiene il plasma. La bobina è posta attorno ad una torcia di quarzo all'interno della quale si genera il plasma, opportunamente refrigerata per contrastare le alte temperature raggiunte. L'intero sistema della torcia al plasma ICP è in grado di indurre il fenomeno di ionizzazione della matrice liquida inserita nel plasma.

Il campione, previamente stabilizzato con acido nitrico al 2%, viene introdotto nel nebulizzatore, indirizzato verso una camera ciclonica dove viene convertito ad aerosol. Il flusso di Argon trasporta l'aerosol all'interno della torcia e del plasma fino al raggiungimento di coni concentrici, sezione di interfaccia tra ICP e MS.

Lo spettrometro di massa (M.S.) sfrutta un analizzatore di massa a quadrupolo, che lavora in alto vuoto (circa 10^{-8} atm). Gli ioni attraversano una cella di collisione o reazione che li separa in base al loro rapporto massa/carica ed, infine, vengono indirizzati ad un rivelatore di segnale. Quest'ultimo restituisce un dato sulla concentrazione degli ioni presenti nel campione raffrontandolo con degli standard noti e certificati.

4. METODI DI RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

I dati analitici sono stati rappresentati graficamente mediante i diagrammi di Chebotarev [141] e di Schoeller [142;143]. In entrambi vengono considerati i più importanti cationi ed anioni contenuti nelle acque, quali Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} , K^+ , Cl^- , HCO_3^- ed SO_4^{2-} . Le concentrazioni degli ioni rinvenuti, espresse in mg/L, vengono convertiti in mEq/l (milliequivalenti su litro) per poi esser inseriti nei grafici, dove si mettono a confronto le diverse caratteristiche delle acque messe a confronto.

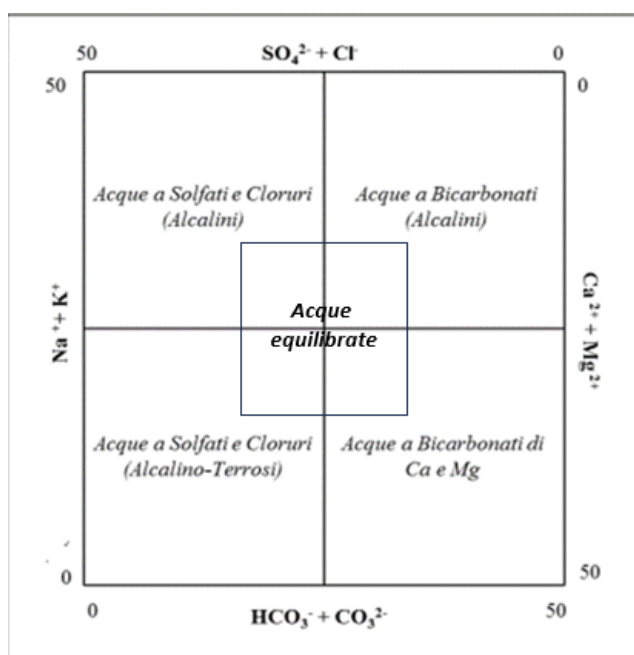


Figura 4: Rappresentazione grafica delle acque sotterranee secondo Chebotarev

Chebotarev

La rappresentazione grafica proposta da **Chebotarev** [141] da indicazione sull'appartenenza dell'acqua ad una delle seguenti *facies* idrochimiche (Figura 4):

1. Acque a Solfati-Cloruri (SO_4^- e Cl^-) e metalli alcalini (Na^+ e K^+);
2. Acque a Solfati-Cloruri (SO_4^- e Cl^-) e metalli alcalino terrosi (Ca^{2+} e Mg^{2+});
3. Acque a bicarbonati (HCO_3^-) e metalli alcalini (Na^+ e K^+);
4. Acque a bicarbonati (HCO_3^-) e metalli alcalino terrosi (Ca^{2+} e Mg^{2+}) [141;144].

Il valore degli ioni viene espresso in mEq/l % su una scala da 1 a 50. Sugli assi orizzontali l'incremento della sommatoria di solfati e cloruri equivale al decremento dei bicarbonati e viceversa. Sugli assi verticali si ha la stessa condizione, ma per i metalli alcalini e alcalino terrosi. Quindi in ascisse ed ordinate vengono riportati in modo inversamente proporzionale calcio-magnesio e sodio-potassio, solfati-cloruri e bicarbonati affinché la somma delle distanze dai limiti del quadrato restituisca un valore pari al 50% per i cationi e 50% per gli anioni [144]. Il quadrante centrale equivale ad un'area di equilibrio tra gli ioni. Le acque che rientrano in tale sezione possono esser

etichettate come equilibrate. Ogni campione viene rappresentato da un punto all'interno di uno dei quattro riquadri o centralmente.

Schoeller

Si tratta di una rappresentazione semilogaritmica a linee spezzate, dove in ascissa si riportano gli ioni ed in ordinata il log delle concentrazioni espresse in mEq/l. Ogni campione presenterà un punto in corrispondenza dell'elemento considerato, unito agli altri da delle spezzate. Il vantaggio è quello di osservare eventuali differenze relative ai singoli elementi, non più presi in coppia come in Chebotarev, ma evidenziare una variabilità dei minerali nello specifico e non in una visione d'insieme [144].

RISULTATI

1. I COMUNI E LE ATTRAZIONI TURISTICHE DI SPICCO

Per ciascuno dei nove comuni indagati sono state identificate le principali risorse turistiche a carattere storico e culturale, nonché le acque sorgive insistenti di maggior interesse, che potrebbero rappresentare siti aggiuntivi visitabili ai fini turistici, data la loro rilevanza storica, culturale e, in taluni casi, architettonica. Mediante l'ausilio della piattaforma GIS si è proceduto alla rappresentazione cartografica (da Cartografia 1 a Cartografia 8) dei principali siti di interesse, suddividendo l'intera area in quattro settori, lungo i quali si sviluppano gli itinerari turistici.

ARITZO

È un paese di 1201 abitanti [145] collocato nella Barbagia di Belvì, a circa 70 chilometri da Nuoro, immerso nella natura incontaminata, dove affiorano acque profonde, tra cui la sorgente *Is Alino*, che risulta essere una delle più frequentate [146]. Internamente al paese è visitabile la Chiesa romanica di San Michele Arcangelo, patrono del paese, la cui sezione più datata, risalente all'anno mille, fu oggetto di restauro totale agli inizi del 1900, mantenendo inalterate le aree gotico-aragonesi (XIV-XV secolo). La ricchezza della chiesa è tanto maggiore al suo interno, dove è possibile ammirare svariate opere d'arte [146]. Sono presenti, inoltre tre siti museali, il museo "del carcere spagnolo "Sa Bovida", il museo d'arte "Antonio Mura" e infine l'ecomuseo "della Montagna Sarda o del Gennargentu". Quest'ultimo è l'esempio del legame trascendentale della popolazione locale con la natura e le tradizioni di Aritzo [147]. Nei pressi del paese sono invece di rilevanza il "Texile", roccia dolomitica a forma di fungo [146], la "Tomba dei giganti Talanusè" e "le Nevieri", pozzi in cui anticamente si depositava la neve, conservata abilmente dagli abitanti del posto e distribuita nel periodo estivo su tutto il territorio isolano, spesso usata per la preparazione di "Sa carapigna", una versione antica del sorbetto al limone [148].

ATZARA

Risalente agli anni 1000 d.C., Atzara è un paese di origine medioevale, i cui primi insediamenti sembrerebbero attribuibili proprio alla zona Bingia 'e Josso, dove si colloca una delle due sorgenti esaminate in questo comune [149]. Ad oggi gli abitanti sono 1002 [145]. Il borgo dal 2001 fa parte del club de "I Borghi più belli d'Italia", promosso dalla Consulta del Turismo dell'Associazione Nazionale dei Comuni Italiani (ANCI) [150] e conserva ancora vecchie case medioevali, in granito e trachite, dai solai in assi di quercia. Tra queste, il palazzo dei Conti di San Martino, anche detto "casa de su Conte" in quanto, nel XVII secolo fu sede di soggiorno per i feudatari, nel cui cortile era presente un pozzo con una cupola ricoperta di maioliche [151; 152]. I vicoli stretti conducono alla piazza nel centro del paese, dove è possibile visitare la chiesa parrocchiale di Sant'Antioco martire [151] costruita presumibilmente tra il XVI e il XVII secolo, restaurata svariate volte durante il 1900 fino al 2016 [153] e poco distante la chiesa di San Giorgio, la più antica, le cui prime tracce risalgono al XIII secolo. Antonio Ortiz Echague è il pittore spagnolo che si trasferì ad Atzara agli inizi del 900, attratto dalla cultura locale a cui è stato dedicato il nome alla piazza ed al Museo d'Arte Moderna e Contemporanea, il MAMA [151; 152]. Insieme ai comuni di Ortueri, Sorgono, Tonara, Desulo, Meana Sardo e Samugheo, Atzara rientra nella Denominazione di Origine Controllata "Mandrolisai" per i vini rossi e rosati, le cui caratteristiche sono riconducibili alle condizioni climatiche soleggiate e della composizione dei terreni acidi, dati dall'assetto roccioso di tipo granitico e porfidico [152].

GAVOI

Ricadente nell'area geografica della Barbagia di Ollolai, Gavoi è un borgo attualmente di 2488 abitanti [145], insignito della "Bandiera Arancione" del Touring Club Italiano; certificazione assegnata alle località capaci offrire al turista un'accoglienza di qualità in un contesto dal patrimonio storico, culturale e ambientale di pregio [154; 155]. Gavoi è sede del Consorzio del Pecorino Fiore Sardo DOP, cui è dedicato un museo al centro del paese. Il vestiario tradizionale, gli utensili e gli strumenti musicali antichi sono invece conservati nel Museo Etnografico "Casa Porcu Satta". Nel centro storico trovano sede quattro chiese urbane: la parrocchia dei Santi Gavino, Proto e Gianuario (fine XVI-inizi XVII sec), la chiesa della Beata Vergine del Carmelo (costruita nel 1643), quella di San Giovanni Battista (prima metà del XVII sec), quella di S. Antioco (XVI sec); mentre

la chiesa campestre di Nostra Signora d'Itria (attuale impianto 1904) è situata nell'altopiano di Lidana, a circa 8 km dal centro abitato [156]. Quest'ultima, sede di pellegrinaggio, è attorniata da svariati reperti archeologici, come il Menhir di circa quattro metri, "Sa perda de sa Itria" anche detta "Perda longa" [157]; la Necropoli e le Domus de Janas di Uniai e il Nuraghe Castrulongu [158].

A pochi chilometri dal centro abitato si estende il lago artificiale di Gusana, adatto ad attività sportive acquatiche come la pesca, le escursioni in canoa, il windsurf, ma anche il trekking e le escursioni a cavallo, quad e fuoristrada. Nei periodi di secca è visibile il "Ponte Vetzu" ossia un ponte romano costruito tra il II e III sec d.C., testimonianza della presenza dell'antica strada *Ulbiam-Kalaris* che anticamente collegava Olbia a Cagliari [155].

LODINE

Lodine è un piccolo paese di origine medievale che si estende per circa 7.7 Km² ad 884 m s.l.m. [159], abitato da 305 persone [145]. Si affaccia sul lago artificiale di Gusana, ben visibile da un bel vedere dal quale è possibile ammirare anche i monti di Oliena, di Orgosolo, l'altopiano di Pratobello ed il massiccio del Gennargentu, emergenze ben segnalate nella cartellonistica. Il belvedere è affiancato dalla vecchia chiesa di San Giorgio, patrono del paese, edificata nel XVI sec, che nasconde parzialmente un ulteriore tesoro storico, il nuraghe "Trinta Battallas". Il nome di quest'ultimo significa "trenta battaglie" - indice dei numerosi conflitti avvenuti in passato - ed è testimonianza della presenza dell'uomo sin dall'epoca prenuragica e nuragica e della predilizione delle alture ben difendibili per la costruzione degli insediamenti [160]. Numerosi altri reperti circondano Lodine, tra cui Domus de Janas di Uniai, ossia sei tombe ipogee, villaggi nuragici come l'area archeologica di Soroeni, due tombe dei giganti e undici nuraghi oltre quello interno all'abitato [161]. Nella zona occidentale, poco al di fuori del paese vi è il Parco comunale Puddis di Lodine, punto di partenza per escursioni e trekking attraverso le zone boschive, che ha come tappa una sorgente locale, denominata "Sant'Anna e Bidda o S'Antana e Bidda", anche detta "Sa Heresia", le cui acque sgorgano fresche ininterrottamente [162].

MAMOIADA

Il paese di 2384 abitanti [145] è situato ad un'altitudine di circa 650 m s.l.m., all'interno di un territorio che copre 4900 ettari. La posizione in concomitanza con l'asse nord-sud dell'Isola fu strategica per gli insediamenti militari romani ed interessata dal cammino storico *Ulbiam-Calaris*. La parte più antica e alta del paese, detta *Su Hastru*, ha un nome che ricorda quello che i romani davano ai piccoli presidi, ossia i *Castrum o Quastru*, e che, significherebbe “recinto fortificato romano” o “*presidio romano*”. È proprio nei pressi di questo antico rione che si colloca “*Su hantaru vezzu*” una delle fontane interne all'abitato, presumibilmente risalente anch'essa all'epoca romana; la sorgente avrebbe rifornito i militi ed il loro bestiame, oltre che la popolazione locale.

Internamente al centro abitato si trova la chiesa dedicata a Nostra Signora di Loreto, la cui costruzione risalirebbe agli inizi del Settecento, ma i quali affreschi vennero rimossi nel Novecento dietro ordine dell'allora parroco. Al culto dei santi Cosma e Damiano è invece dedicato il Santuario a circa 5 km dal paese, formato da una chiesa centrale più antica circondata da una cinquantina di casette per i novenanti, denominate *humbessias* o *muristenes*. Il santuario, risalente al VII sec d.C., il più antico della Barbagia, fu da sempre meta di pellegrinaggio ed oggi è sede della festa religioso-folcloristica del paese di fine settembre.

Sempre qui si colloca una delle fonti esterne al paese, “*sas ontànas de Santu Cosomo*”, la seconda sorgente presa in esame nello studio. Dalle interviste rivolte ai pastori, agricoltori e in generale agli abitanti del paese emerge che le fontane presenti nel territorio mamoiadino dovrebbero esser più di trenta. Mamoiada conserva numerosi nuraghi, domus de janas, menhir, dolmen, tombe dei giganti che testimoniano lo stanziarsi delle prime comunità nel neolitico e pre-neolitico. Tra i più significativi la necropoli scavata nel granito di Sas Honcheddas in località Istevène, composta da sei ipogei, dove sono presenti anche elementi simbolici; tale caratteristica è rara per le domus de janas di Nuoro. Un altro esempio è la Stele di Boeli, anche denominata Sa Perda Pintà, risalente al 3200-1800 a.C, con incisioni concentriche simili a quelle rinvenute nelle aree celtiche. Si tratta di cerchi concentrici, cui si attribuisce il culto sul ciclo della morte e della rinascita, ma che potrebbero anche esser riconducibili al culto dell'acqua così copiosa in questa zona. Tale aspetto conferma la dedizione dei popoli antichi verso questo bene essenziale alla vita [163].

Mamoiada, è oltremodo conosciuta per i *Mamuthones e Issohadores*, maschere tipiche carnevalesche, esposte nel Museo delle Machere Mediterranee, oltre che durante il pittoresco carnevale; mentre nel Museo della Cultura e del Lavoro è possibile approfondire gli usi e costumi locali di un tempo [164].

OVODDA

Con i suoi 1522 abitanti [145], Ovodda è un paese in cui si lavorano abilmente sughero e granito, provenienti dalle aree limitrofe, e rinvenibili nell'architettura degli edifici. I colorati *murales* abbelliscono il centro abitato che si anima particolarmente durante il carnevale, con gli *intintos*, figure con il viso nero dalla fuliggine e gli *intinghidores*, che imbrattano della sostanza scura il viso dei partecipanti. Al centro del paese è presente la parrocchia settecentesca dedicata a San Giorgio, patrono del paese. Ovodda ha origini antiche, testimoniate da svariati reperti archeologici del neolitico, collocati a pochi chilometri dal centro abitato, tra cui i Menhirs di Perdas Fittas, infissi a coltello nel terreno [165], le tombe dei giganti di Osseli, i Nuraghe di Osseli e Finonele. La presenza dell'uomo in queste aree rurali è proseguita nel tempo e confermata da una via di transumanza, un tempo battuta da greggi e pastori, dalla strada *Ulbiam-Calaris* risalente all'epoca romana, e dalle rovine romane di *Domusnovas* [166; 167]. Ovodda conserva anche un ricco patrimonio naturalistico e il suo territorio, attraversato dai fiumi Tino e Taloro, confluenti nel lago artificiale del Cucchinadorza, si presta a essere percorso a piedi, bici o a cavallo [166] mediante percorsi trekking [168].

TIANA

Tiana è un paese di 435 abitanti [145] situato tra due corsi d'acqua, il rio Tino e rio Torrei, confluenti nel lago del Taloro. La presenza dei corsi d'acqua ha permesso la costruzione di mulini e gualchiere, destinati rispettivamente alla macinazione del grano e alla lavorazione dell'orbace, per il quale Tiana è conosciuta. Attualmente Tiana ospita l'ultima gualchiera funzionante dell'Isola, "sa Cracchera de tziu Bellu" e il mulino Bellu, operativi fino al 1975, in località Gusagu, e raccontati nel museo di archeologia industriale "Le vie dell'Acqua". Le gualchiere venivano usate per la lavorazione della lana, detta "follatura", operazione che rendeva l'antico tessuto dei tipici abiti sardi, morbido, resistente e impermeabile. Altri siti di interesse archeologico sono rappresentati dalle Domus de Janas di Moncosu [169] costituita da sette domus de Janas, risalenti al

Neolitico, e dai resti di villaggi nuragici dell'Età del Bronzo in località Sa Piraera, Sa Tanca de su Pranu e S'ischisorgiu. Testimonianze dell'occupazione romana sono rinvenibili nelle località di Santu Leo e di Tudulu, e la costruzione dell'antica strada romana a nord-ovest degli odierni confini comunali [170]. Internamente al paese è visitabile la chiesa settecentesca di Sant'Elena imperatore [169], mentre disseminati nelle strette viuzze si possono notare i *corzos*, stanze e corridoi che venivano costruiti per metter in comunicazione due palazzi adiacenti facenti parte della stessa proprietà; un tempo molto diffusi, oggi ne restano solo cinque, a causa dei restauri e modifiche degli edifici [171].

TONARA

Tonara, paese di 1755 abitanti [145], si forma dall'unione di quattro antichi rioni, Arasulè, Teliseri, Toneri e su Pranu, e deve il suo nome alle rupi calcaree su cui è stanziata, detti toni e toneri a più di 800 m s.l.m. Le prime testimonianze della presenza dell'uomo in questo territorio risalgono al 3200-3000 a.C., con le Domus de Janas di Is Forreddos [172], anche dette dai locali "forreddos de gianas". Esse sono composte da tre camere scavate nella roccia arenaria quarzosa, il cui ingresso ricorda quella dei forni domestici e da cui deriva l'etichetta di "forni delle fate". Nell'area circostante sono rinvenibili alcuni monoliti, tra i quali vi è quello di S'Abbasantera [173]. Sono presenti anche ritrovamenti del periodo nuragico, quale i resti del nuraghe "su Nuratze" oggi scomparso. Nel centro abitato, invece, si possono ammirare antichi edifici di culto, il più antico, ancora in piedi, è rappresentato dalla chiesa cinquecentesca di S. Antonio da Padova, affrescata con scene di vita del santo e la cui costruzione ha previsto l'impiego di pietra scistosa locale, seguita da quelle seicentesche di S. Maria e dalla parrocchia di S. Gabriele, del X secolo. Sempre di interesse storico è la Casa Porru, oggi Museo Etnografico e degli Antichi Mestieri, la cui edificazione risale alla prima metà dell'Ottocento. Casa patronale di proprietà della famiglia Porru, anche impiegata parzialmente come prigione, racchiude le caratteristiche delle abitazioni tipiche di montagna, dalla planimetria a più ambienti, in vari livelli che seguono il profilo del terreno del paese, ed al cui interno è possibile ammirare arredi ed utensili originali del quotidiano e dell'artigianato tonarese di un tempo. Infine, passeggiando per le vie del paese si possono incontrare svariati murali che ornamentano il centro abitato dal 1978, grazie all'operosità di artisti noti, come Francesco del Casino, e meno noti nazionali ed

internazionali e anche studenti locali [172; 173]. Tra suoi beni a carattere storico culturale, a Tonara risiedono anche delle famose fontane. L'acqua, elemento di vita, qui sgorga copiosa sin da tempi antichi ed è stata abilmente incanalata dalle sorgenti nelle fontane. Tra le più caratteristiche, riconosciute come siti di forte legame culturale e identitario dagli abitanti del posto vi sono le sorgenti di Pitzirimasa, Ziu Antiogu e Morù. Alle acque di Funtana 'e Morù, nel rione Toneri, si attribuiva l'insorgenza di un gozzo che in seguito si comprese esser dovuto alla caratteristica dell'acqua calcarea, che per tale motivo inattivava la tiroide provocando la deformità in chi la beveva. Nel rione Taliseri a circa 1 km dal centro abitato, sorge Funtana 'e Pitzirimasa, in corrispondenza del rio Pitzirimasa, le cui acque sono povere di sali minerali, a causa del sottosuolo scistoso in cui scorrono. La Funtana 'e Latzarinu, si trova in prossimità delle abitazioni, e venne costruita intorno al Settecento allo scopo di creare un punto di ristoro per tutti coloro che tornavano dal lavorare nelle campagne. Vennero tutte abbellite con incisioni diverse o con strutture architettoniche negli anni 2000 dallo scultore belviense, Tonino Loi [174]. Oltre alle precedenti, vi sono tante altre fontane all'interno del perimetro urbano e nei pressi, solo nel rione Arasulè, si trovano la fonte di Gasulè, Funtana Idda, Su Forreddu, Su Tzurru, Igna Mameli, S'Erriu 'e Su Ponte che danno un'idea di quanto l'acqua sia rappresentativa di questa zona [173].

SORGONO

Nel territorio comunale di Sorgono, la cui popolazione attuale è di 1491 abitanti [145] è stato identificato il punto centrale geografico della Sardegna con coordinate 40° 00' 00, 71" N e 09 °07' 00, 80" dove è stata posizionata una targa. La presenza dell'uomo in queste terre è documentata da svariati ritrovamenti nuragici, tra i quali uno dei più importanti raggruppamenti di Menhir in Sardegna, circa duecento, all'interno del sito archeologico "Bidu 'e Concas", la cui struttura proto-antropomorfa di alcuni e antropomorfa di altri, suggerirebbe esser stato un luogo di culto risalente all'età del Rame. Si aggiungono il villaggio nuragico di Ruinacchesos, i nuraghi Lò, Talei, Orrubiu e Calamaera, le tombe dei giganti di Funtana Morta risalenti testimonianze dell'età del Bronzo [175; 176]. Gli edifici di culto ecclesiastico di principale importanza sono, invece, rappresentati dalla di Nostra Signora d'Itria, edificata all'inizio del 1900 a circa 100 metri s.l.m. e dal Santuario di San Mauro, la cui costruzione risalente al 1120 è dubbia, mentre sono concrete le notizie inerenti al 1574. S. Mauro si erge a pochi chilometri dal centro

abitato, ed è costituito da una chiesa centrale che sfoggia una facciata con rosone in pietra, in stile romanico, di grandi dimensioni, attornata dai “muristenes”, piccole casette a disposizione dei novenanti [175; 176].

2. LE SORGENTI

N°	Comune	Nome Sorgente/Località	Geolocalizzazione *		Altitudine** (m s.l.m.)
			Latitudine	Longitudine	
1	Mamoiada	Su Antaru Vetzu	40.211511	9.284723	662
2	Mamoiada	Santuario Cosma e Damiano	40.186866	9.260553	865
3	Lodine	Sa Heresia	40.148841	9.214902	842
4	Lodine	Località Padru e Lodine	40.1514031	9.2186853	876
5	Gavoi	Fontanella S'Abba Medica	40.161984	9.195442	754
6	Gavoi	S'Antana Noba	40.15668	9.19382	741
7	Ovodda	Funtana Bachissontu	40.09387	9.169434	746
8	Tiana	Funtana 'e Fuili o Bia 'e Ovodda	40.072359	9.147307	590
9	Tonara	Funtana 'e Latzarinu	40.02433	9.177541	837
10	Tonara	Pitzirimasa	40.02204	9.184563	911
11	Aritzo	Is Alinos	39.959366	9.199287	851
12	Atzara	Sorgente Bingia 'e Josso	39.988208	9.078206	510
13	Atzara	Funtana di Ziu Antiogu	39.99086	9.070344	527
14	Sorgono	Abbeveratoio	40.008234	9.054818	541
*da Google Maps; ** da Piattaforma GIS					

Tabella 4: Le sorgenti esaminate, geolocalizzazione e altitudine

In Tabella 4 sono riportate le 14 sorgenti studiate, codificate con un numero progressivo in base alla cronologia di campionamento. Viene indicato il comune di appartenenza, la denominazione della sorgente e/o la località di appartenenza e/o la tipologia di struttura (esempio: sorgente n°14, un abbeveratoio). La tabella riporta inoltre per ciascuna sorgente la geolocalizzazione - espressa in gradi decimali (DD) - e l'altitudine di ciascun punto, espressa come metri sul livello del mare.

DESCRIZIONE DELLE SORGENTI

La prima sorgente esaminata, situata nel territorio di Mamoiada, è “Su Antaru Vetzu”, (Figura 5a) il cui nome significa “vecchia fonte”. Si suppone che la sorgente risalga al periodo degli insediamenti romani sull’Isola. Presumibilmente si trattava della fonte dalla quale veniva attinta l’acqua da parte dei militi romani che risiedevano nel recinto fortificato ubicato nel rione “Su Hastru”. La sorgente oggi si presenta con due punti di presa, un tempo provvisti di rubinetto, attualmente assenti, ed un lavatoio subito adiacente.

A pochi chilometri dal paese, nell’altopiano di Lidana, si trova la seconda sorgente, denominata “Cosma e Damiano” (Figura 5b), collocata all’interno del Santuario omonimo, risalente al VII sec d.C. La fontana in cui è stato effettuato il prelievo, è decisamente più attuale, l’anno costruzione è il 1997 (Figura 5b) [163].



Figura 5: a) Sorgente 1 Su Antaru Vetzu, Mamoiada; b) Sorgente 2 Cosma e Damiano, Mamoiada.

Il comune di Lodine ospita la terza e quarta sorgente. “Sa Heresia”, il cui toponimo avrebbe origine dal mondo vegetale e significherebbe “ciliegia” [178], si colloca poco al di fuori del centro abitato. Si tratta di una sorgente di acqua corrente; il muro di sbocco riporta il riferimento al probabile anno di costruzione, il 1895 (Figura 6a).

La sorgente “Località Padru e Lodine”, ubicata nel centro abitato, è di più recente costruzione (Figura 6b), le sole informazioni acquisite dal primo cittadino riferiscono esclusivamente assiduo utilizzo di entrambe le fontane da parte della popolazione locale e limitrofa.

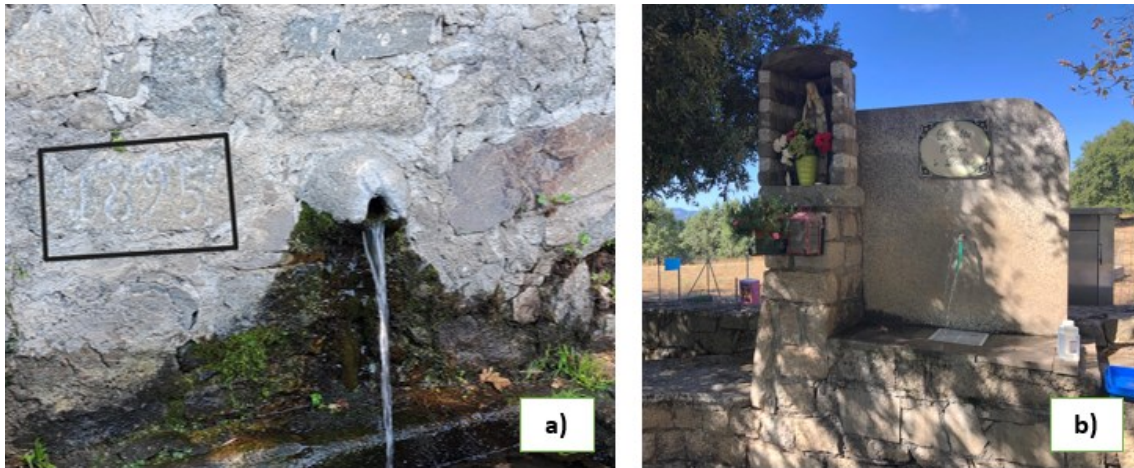


Figura 6: a) Sorgente 3 Sa Heresia, Lodine ; b) Sorgente 4 Località Padru e Lodine, Lodine.

Nel comune di Gavoi sono ubicate altre due sorgenti. La prima è “S’Abba medica”, una tipica fontanella con rubinetto collocata al centro del paese; il nome richiama le possibili proprietà benefiche e/o curative che la popolazione ritrovava dal consumo di quell’acqua [42]. La seconda sorgente è “S’Antana Noba”, dove è possibile osservare la presenza di due punti di affioramento, il più antico con acqua corrente e il secondo di più recente costruzione, provvisto di rubinetto e più accessibile al prelievo (Figura 7b).



Figura 7: a) Sorgente 5 S’Abba medica, Gavoi ; b) Sorgente 6) S’Antana Noba, Gavoi.

Le sorgenti 7 e 8 sono rispettivamente “Funtana Bachissontu” ad Ovodda e “Funtana ‘e Fuili”, anche detta “Bia ‘e Ovodda”, a Tiana. Entrambe collocate sul ciglio della strada, poco al di fuori dei due paesi, sono inserite in costruzioni e tettoie decorativo-protettive. La prima è provvista di rubinetto, mentre la seconda no; l’acqua di quest’ultima viene raccolta in una vasca/abbeveratoio decisamente più ampia.



Figura 8: a) Sorgente 7 Funtana Bachissontu, Ovodda ; b) Sorgente 8 Bia 'e Ovodda o Funtana 'e Fuili, Tiana.

“Funtana ‘e Latzarinu o Lazzarinu” è la nona sorgente, collocata ai piedi delle montagne scistose tonnaresi ed il cui nome presumibilmente significa “fianco del monte” o “piccolo fianco del monte”. Venne costruita nel Settecento per garantire un punto di sosta e ristoro ai contadini di ritorno dalle campagne; viene ristrutturata nel 1895 ed abbellita negli anni 2000 da Tonino Loi, scultore di Belvì, il quale incise sulla pietra, elementi rievocanti la cultura di Tonara, come il torrone. Le acque di questa sorgente scorgano in modo continuo, prive di rubinetto.

La “Fonte di Pitzirimasa” o “Funtana ‘e Pitzirimasa” si colloca nel rione Taliseri, a circa 1 km dall’abitato di Tonara, lungo il torrente *rio Pitzirimasa*. Anche la sua acqua, come quella della precedente sorgente, è scistosa ed effluisce abbondantemente all’interno di una struttura impreziosita negli anni 2000 da Tonino Loi, il quale incise sulla pietra alcuni versi della poesia “a Tonara” e introdusse sculture e una tettoia in legno di castagno, nello stile tipico delle abitazioni storiche di Tonara [174].



Figura 9: a) Sorgente 9 Funtana 'e Latzarinu, Tonara ; b) Sorgente 10 Pitzirimasa, Tonara.

La sorgente “Is Alinos”, ad Aritzo, presenta l’incisione “1915”, presumibilmente anno della sua edificazione. La struttura è particolarmente curata ed il punto d’uscita privo di rubinetto. Si tratta di una delle sorgenti d’acqua leggera più utilizzate e visitate tra le tante della zona [146].

La sorgente “Bingia ‘e Josso”, secondo la tradizione, è invece collocata nell’area in cui ha avuto origine il nucleo abitativo di Atzara, con i primi rioni e le case più antiche riconducibili al 1900 [149].



Figura 10: a) Sorgente 11 Is Alinos, Aritzo ; b) Sorgente 12 Bingia 'e Josso, Atzara.

La sorgente “Ziu o Tziu Antiogu”, è ubicata in un’area adibita alla sosta, nel comune di Atzara. La struttura presenta una vasca/abbeveratoio laterale al punto di uscita dell’acqua il quale si presenta provvisto di rubinetto.

L'ultima emergenza d'acqua, chiamata l'Abbeveratoio si trova nell'immediata periferia del comune di Sorgono.



Figura 11: a) Sorgente 13 Ziu Antiogu, Atzara;

b) Sorgente 14 Abbeveratoio, Sorgono.

3. LE SORGENTI COME ATTRATTORE TERRITORIALE

Gli itinerari e i percorsi sono sempre più visti come strumenti strategici per lo sviluppo locale, in grado di generare ricchezza, creare nuove collaborazioni, valorizzare i prodotti tipici e connettere soggetti culturali, economici e comunità locali coinvolti lungo le diverse tratte.

Le sorgenti possono diventare attrattori importanti in un itinerario turistico offrendo ai viaggiatori un'esperienza in grado di unire natura, cultura e benessere. Le sorgenti si trovano spesso in contesti naturali di grande bellezza e vengono apprezzate per l'ambiente rilassante e rigenerante ricreato dai rumori e sensazioni legate allo scorrere dell'acqua. Molte sorgenti hanno altresì significati storici o culturali, spesso legati a tradizioni locali o antichi insediamenti. Non da ultimo le acque di alcune sorgenti possiedono proprietà terapeutiche e attirano quella quota crescente di turisti interessati al benessere e alla cura della salute. Gli elementi sopraesposti aggiungono profondità ad un itinerario e favoriscono la fruizione in modo sostenibile.

La presenza di una sorgente può dunque potenziare il valore attrattivo di un itinerario. In questo lavoro e nell'ambito delle attività condotte in concerto con il progetto InnTerr si propongono 4 percorsi turistici che, attraverso la valorizzazione dell'attrattore "sorgente" possono contribuire ad arricchire l'esperienza turistica del viaggiatore nelle aree interne del nuorese. A ciascun itinerario presentato è associata la cartografia con indicazione degli attrattori generici e delle sorgenti [179].

Itinerario 1: Gavoi- Lodine- Mamoiada

Gavoi possiede un importante patrimonio architettonico religioso, costituito da quattro chiese situate entro i confini dell'abitato e di altri siti di culto poco distanti dal paese, come la chiesa di Nostra Signora d'Itria, sede di pellegrinaggio, attorniata da beni archeologici di vario genere [155; 157; 158]. Le potenzialità turistiche del paese potrebbero quindi svilupparsi attorno ad un tipo di turismo religioso/archeologico ma anche esperienziale, considerata l'offerta di laboratori volti all'insegnamento degli antichi mestieri e alla preparazione di piatti tradizionali. E' opportuno considerare inoltre che un'ampia fetta di turisti, definiti "foodies", ricercano l'autenticità e desiderano scoprire i luoghi attraverso la gastronomia locale, che diviene pertanto un ulteriore forma di turismo praticabile [180; 181].

Il paese di Gavoi è rinomato per la tradizione panificatoria: dal Pane Carasau tradizionale (in lingua sarda Sas Corrias) o di forma rettangolare (Pane 'e Fresa) e delle Costeddas (pane di semola di forma rotonda, soffice e non biscottato). Unitamente al pane, il paese è anche noto per la produzione del formaggio Fiore Sardo DOP [182] al quale è dedicato un museo all'interno del paese [155]. Numerose sorgenti insistenti al centro e nell'agro del paese tra cui la fontana S'Antana Noba e la fontanella S'abba medica accrescono il valore attrattivo del percorso.



Cartografia 1: Comune di Gavoi. Principali attrattività turistiche e siti sorgivi.

A soli 5 km da Gavoi il turista può proseguire la visita e addentrarsi nel piccolo comune di **Lodine**. All'ingresso del borgo, la sorgente "Località Padru e Lodine", situata accanto ai campetti sportivi comunali. Giunto nella piazza principale il visitatore potrà proseguire verso la chiesetta di S.Giorgio, situata in prossimità dai resti del nuraghe "Trinta Battallas", da cui è possibile godere di una vista panoramica sull'intera vallata che si affaccia sul lago di Gusana; l'orizzonte è dominato dai profili dei monti di Oliena, Orgosolo, Pratobello e dell'imponente Gennargentu [160].

Lasciata la piazzetta, è possibile dirigersi verso la zona occidentale del paese in direzione del Parco comunale Puddis, punto di partenza per escursioni e trekking che prevedono il passaggio nei pressi dell'antica "Sorgente Sa Heresia"[162]. La fonte, risalente a più di duecento anni, continua a far sgorgare le sue acque ininterrottamente quasi a testimoniare la capacità di auto conservazione dell'ambiente incontaminato [183]. L'itinerario si conclude in direzione di Mamoiada ove è possibile visitare l'area archeologica di Soroeni e delle Domus de Janas di Uniai.



Cartografia 2: Comune di Lodine. Principali attrattività turistiche e siti sorgivi.

Poco prima di entrare **nell’abitato mamoiadino**, è possibile fare una sosta nei giardini che il Santuario di Cosma e Damiano, il più antico della Barbagia, da sempre meta di pellegrinaggio ed oggi sede della festa campestre che si celebra a fine settembre in onore dei due santi [163]. Si tratta di un luogo dove sgorgano le acque di una delle due sorgenti insistenti in questo comune, liberamente fruibili. In questo contesto, il coinvolgimento della comunità ecclesiastica potrebbe rappresentare un mezzo per promuovere l’attrattore delle fonti. Mamoiada è nota per le sue maschere, i rinomati *Mamuthones e Issohadores*, che animano e contraddistinguono le sfilate in corrispondenza della festa di S. Antonio a gennaio e della domenica e Martedì Grasso del carnevale [184]; le maschere sono altresì visibili tutto l’anno nel Museo delle Maschere Mediterranee a loro dedicato [164]. Queste maschere, abilmente prodotte da artigiani locali, sono sinonimo di una tradizione che esprime e valorizza la bellezza del “saper fare”, in linea con un mercato turistico sempre più interessato a destinazioni sia manifesta l’identità culturale autentica [183].

A soli 100 metri di distanza si può raggiungere la sorgente di origine romana “Su Antaru Vetzu”. Questa emergenza storica potrebbe esser oggetto di studi che approfondiscano da una parte la connessione con le antiche legioni romane, un tempo stanziate nei dintorni, e dall’altra le equilibrate caratteristiche chimico-fisiche delle sue acque. L’itinerario può concludersi a poco più di un chilometro, dove è possibile ammirare dei cerchi concentrici, analoghi a quelli rinvenibili nelle aree celtiche, incisi sulla “Stele di Boeli”, anche detta “Sa Perda Pinta”, reperto archeologico di pregio [163].



Cartografia 3: Comune di Mamoiada. Principali attrattività turistiche e siti sorgivi.

Itinerario 2: Ovodda-Tiana

Funtana Bachissontu, la settima sorgente studiata, apre le porte al paese di **Ovodda** sul versante orientale. IL centro abitato è caratterizzato da antichi palazzi in granito e sughero ed arricchito da pittoreschi murali [165]. I diversi panifici del paese permettono di gustare il tradizionale pane ovoddese, come il “*Pane ‘e fressa*”, (meglio noto sull’isola come pane carasau) ed altre varietà, sinonimo di eccellenza locale, tanto rinomato da conferire ad Ovodda il titolo di “Paese del pane” [185]. Oltre alle specialità culinarie, Ovodda è conosciuta per la lavorazione di granito e sughero [165], ospita infatti, sul versante sud-occidentale, numerose aziende che portano avanti le antiche tradizioni artigiane rinnovate grazie all’uso delle attuali tecnologie.

A circa 900 metri dalla sorgente Bachissontu si dirama Via Gennargentu, da cui parte il percorso trekking dell’itinerario del GAL BMG (Gruppo di Azione Locale; Distretto Rurale Barbagia Mandrolisai Gennargentu) diretto alla vetta di Mihinari, nel massiccio del Gennargentu, ove è possibile ammirare le valli di Aratu, Taloro e del Rio Torrei [186; 187].

Proseguendo in direzione della vicina **Tiana**, si incontra la “Funtana ‘e Fuili”, situata nel punto in cui un tempo passava l’antica strada romana *Ulbiam-Calaris* (vedi Cartografia 5). A Tiana ha sede il GAL BMG, composto dall’Unione dei Comuni della Barbagia e della Comunità Montana Gennargentu e Mandrolisai. L’associazione interessa 19 comuni e soci sia pubblici che privati, volti alla valorizzazione delle risorse locali attraverso la promozione di itinerari escursionistici all’interno dei quali potrebbero essere inserite le sorgenti [187]. Il valore dell’acqua per Tiana si esprime oggi nel Museo “Le Vie dell’Acqua”, a circa 2 km dalla sorgente *Funtana ‘e Fuili*, raggiungibile attraverso un percorso proposto dal GAL BMG [187]. Nel museo si trova l’ultima gualchiera funzionante dell’Isola, un tempo impiegata per la follatura della lana e creazione dell’orbace, tessuto simbolo del paese, tradizionalmente impiegato negli abiti sardi [169].



Cartografia 4: Comuni di Ovodda e Tiana. Principali attrattività turistiche e siti sorgivi.

Itinerario 3: Aritzo-Tonara

La sorgente “Is Alinos” di **Aritzo** assume rilevanza sotto il profilo del turismo naturalistico-rurale coniugato a quello museale. Essa è situata in prossimità di uno degli ingressi del Parco Comunale di Aritzo (parco Is Alinos), caratterizzato da percorsi escursionistici immersi nella tipica vegetazione barbaricina, composta da roverelle, lecci, pini, castagni ed agrifogli. Il luogo richiama un’utenza interessata alla scoperta della natura e della tranquillità, lontano dai ritmi frenetici della città.

Il Parco Comunale presenta un altro ingresso, a circa 1,5 km dalla sorgente, detto Pastissu, dove il turista potrebbe arricchire il proprio soggiorno visitando il Museo Etnografico della Montagna Sarda o del Gennargentu. Questo museo racconta il patrimonio artigianale, agricolo e pastorale di Aritzo [188], e comprende una sezione disgiunta, denominata Casa Devilla o Museo del Castagno e dalla Cassa Nuziale o Cassa Intagliata, situata a circa 300 metri dalla sorgente Is Alinos. La casa, risalente al 1800, è appartenuta ad una delle famiglie borghesi più influenti di Aritzo, i Devilla, che, nello stesso periodo hanno detenuto il commercio della neve e per questo noti come i “Signori della neve” [189].



Cartografia 5: Comune di Aritzo. Principali attrattività turistiche e siti sorgivi.

Per i più temerari la vicina **Tonara** offre un' opzione di turismo sportivo con un breve ma entusiasmante canyoning sul Rio Pitzirimasa [190], le cui acque erodono il letto di roccia scistosa, creando cascatelle alte fino a 20 metri [174], dove ci si può cimentare in calate con corda e acquatrekking, accompagnati da guide locali [190]. Anticamente lungo il corso d'acqua si trovavano numerose gualchiere, tra queste il Mulino Pitzirimasa in prossimità della "sorgente Pitzirimasa", anticamente usata come lavatoio e locata a solo un minuto dall'area del trekking [174; 190]. La valorizzazione di questi luoghi necessiterebbe dell'inserimento nel percorso di informazioni storico-naturalistiche che favorirebbero la fruibilità delle risorse per i turisti in escursione.

Proseguendo oltre Pitzirimasa, si raggiunge la seconda sorgente denominata "Funtana 'e Latzarinu", risalente al Settecento, dove anticamente gli agricoltori sostavano e riposavano una volta terminato il lavoro nei campi [174]. A soli quindici minuti a piedi si incontrano i torronifici tonaresi che, unitamente a quelli dei paesi di Aritzo e Desulo, sono i protagonisti de "Le strade del torrone" prodotto tipico delle montagne di quest'area geografica [191].



Cartografia 6: Comune di Tonara. Principali attrattivit  turistiche e siti sorgivi.

Itinerario 4: Atzara-Sorgono

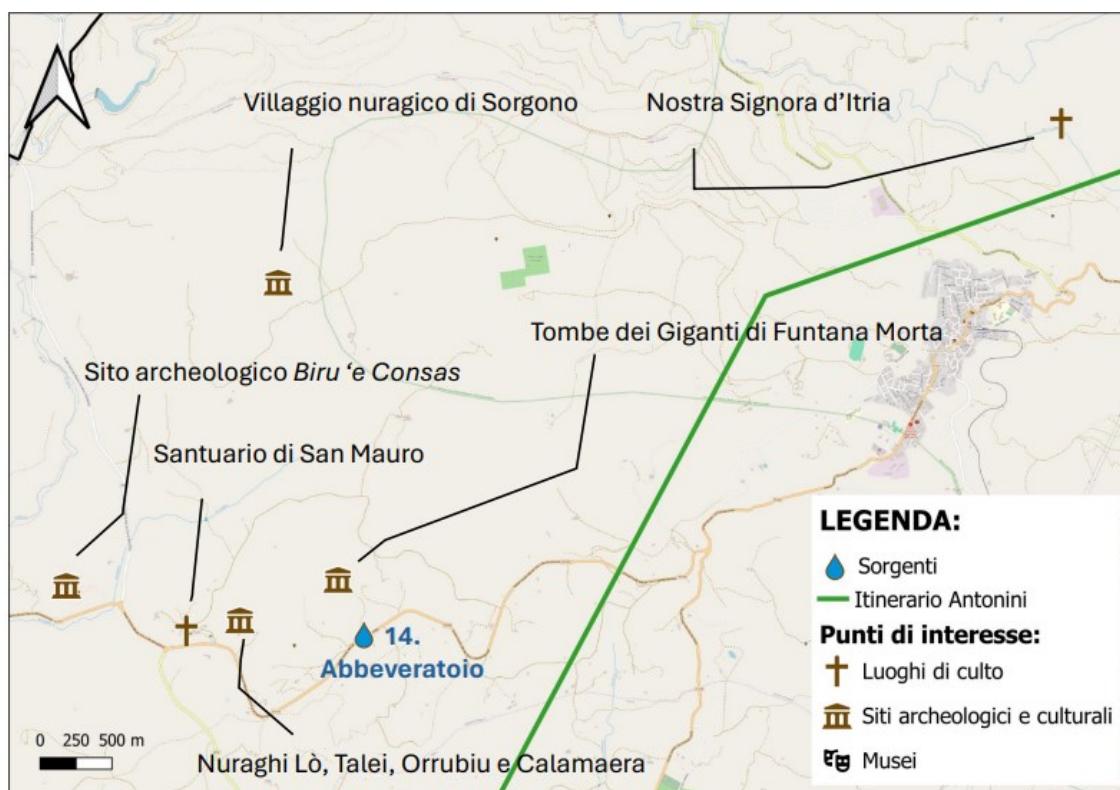
Il comune di **Atzara** dal 2001 è inserito nel Club dei Borghi più Belli d'Italia [150;192]. Le sorgenti insistenti in questo territorio potrebbero arricchire il già noto Sentiero Naturalistico “Is Camminos de Is Bingias”, itinerario attualmente dedicato alla visita del centro storico, caratterizzato da tipiche architetture in stile aragonese e del patrimonio boschivo - roverelle e querce [193] - e vitivinicolo (uvaggi del vino DOC Mandrolisai [152]). La sorgente di “Bingia de Josso” valorizzerebbe ulteriormente il paese dal punto di vista storico-culturale in quanto locata esattamente nel quartiere in cui parrebbe esser nato il paese nel periodo medioevale [149].



Cartografia 7: Comune di Atzara. Principali attrattività turistiche e siti sorgivi.

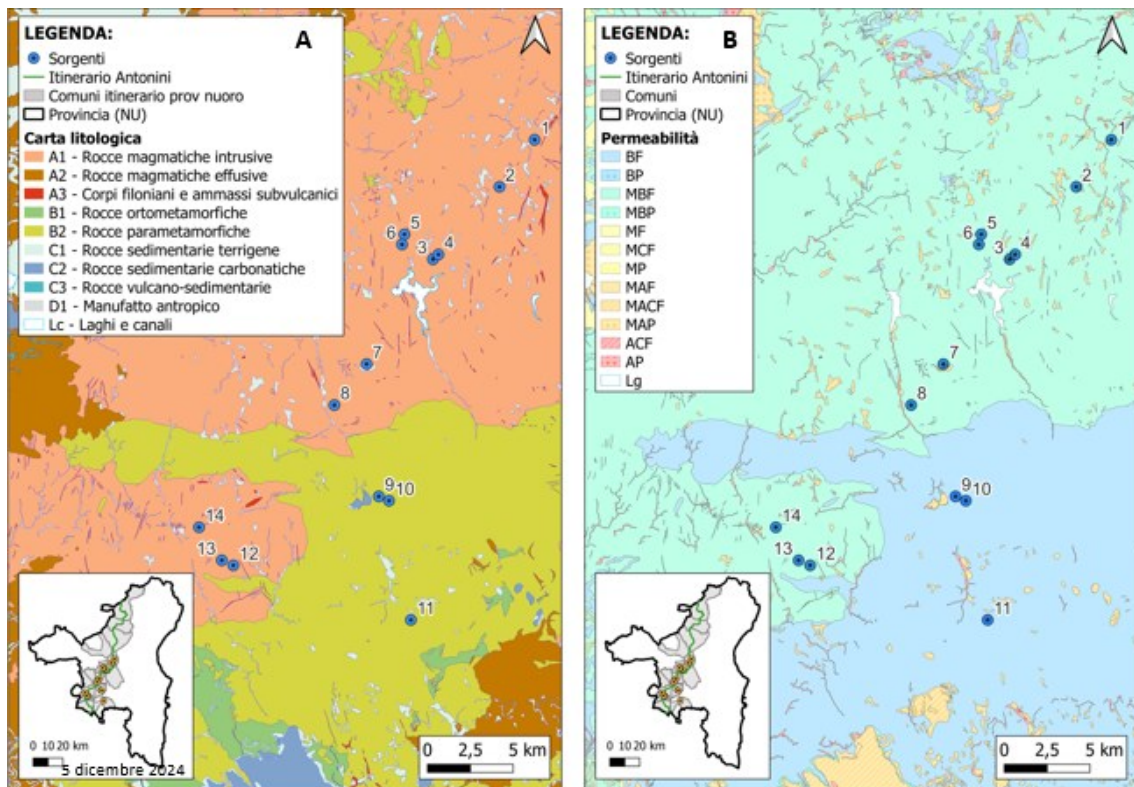
A circa 6 km dal centro abitato di **Sorgono**, sulla SS388, si trova l'ultima sorgente analizzata in questo studio e denominata “l'Abbeveratorio”. Si tratta di un punto d'acqua corrente sempre fresca, immerso nelle campagne e circondato da beni di tipo archeologico come il sito archeologico “Biru e Concas” o i Nuraghe Lo, Talei e Calamaera (Vedi Cartografia 8). La sorgente, anche grazie alla presenza di servizi al pubblico come chioschi bar, servizi igienici ed infopoint, potrebbe rappresentare il punto di partenza ideale per l'itinerario. Da non sottovalutare come l'area di mezzo tra il centro di Sorgono e la collocazione della sorgente in questione fosse attraversata dall'antica strada romana

Ulbiam-Calaris del percorso Antonini, come mostrato in Cartografia 8, il cui impatto storico avvalorza le potenzialità turistiche dell'area e la possibilità di sviluppo di itinerari che ripercorrano gli antichi sentieri del vecchio Impero.



Cartografia 8: Comune di Sorgono. Principali attrattività turistiche e siti sorgivi.

4. STRUTTURA DEL SOTTOSUOLO



Cartografia 9: A) la Carta litologica dell'area di studio. B) Carta della Permeabilità dei suoli: BF (Bassa permeabilità per fratturazione), BP (Permeabilità bassa per porosità), MBF (Permeabilità medio-bassa per fratturazione), MBP (Permeabilità medio-bassa per porosità), MF (Permeabilità media per fratturazione), MCF (Permeabilità media per carsismo e fratturazione), MP (Permeabilità media per porosità), MAF (Permeabilità medio-alta per fratturazione), MACF (Permeabilità medio-alta per carsismo e fratturazione), MAP (Permeabilità medio-alta per porosità), ACF (Permeabilità alta per carsismo e fratturazione), AP (Permeabilità alta per porosità), Lg (Laghi e canali).

Mediante la piattaforma GIS è stato possibile ottenere informazioni inerenti alla composizione litologica del sottosuolo con il quale le acque analizzate sono venute a contatto e procedere alla rappresentazione cartografica delle stesse (riportata in Cartografia 9). Le sorgenti sono state divise in due categorie:

- **A1, MBF** → sottosuolo composto da rocce magmatiche intrusive, con svariate tipologie di granito, dalla permeabilità medio-bassa per fratturazione, dove si collocano le sorgenti dalla 1 alla 8 e dalla 12 alla 14;
- **B2, BF** → sottosuolo composto da rocce para-metamorfiche (come filladi, scisti, gneiss, ecc.) dalla permeabilità bassa per fratturazione, dove si collocano le sorgenti 9, 10 e 11.

5. RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE E CHIMICO-FISICHE

1° CAMPIONAMENTO: 25/09/2023								
Sorgente		ALLUMINIO	AMMONIACA	ANTIMONIO	ARSENICO	BARIO	BISMUTO	CALCIO
N°	Nome	(µg/L)	(mg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(mg/L)
1	Su Antaru Vetzù	34,75	0,04	<0,008	<0,02	<6	<0,001	20,29
2	Santuario Cosma e Damiano	36,77	0,02	<0,008	<0,02	<6	<0,001	10,69
3	Sa Heresia	< 1	0,03	<0,008	<0,02	<6	<0,001	19,76
4	Loc. Padru e Lodine	< 1	0,02	<0,008	<0,02	<6	<0,001	10,20
5	S'Abba medica	19,32	0,03	<0,008	<0,02	<6	<0,001	10,65
6	S'Antana Noba	18,44	0,03	<0,008	<0,02	<6	<0,001	10,70
7	Funtana Bachissontu	26,91	0,03	<0,008	3,91	127,21	<0,001	17,03
8	Funtana 'e Fuili	15,72	0,04	<0,008	<0,02	<6	<0,001	31,95
9	Funtana Latzarinu	< 1	0,03	1,737	14,82	<6	<0,001	26,89
10	Funtana Pitzirimasa	< 1	0,03	0,771	2,65	<6	<0,001	48,68
11	Funtana Is Alinos	< 1	0,03	0,097	2,68	<6	<0,001	24,00
12	Bingia 'e Josso	< 1	0,03	<0,008	<0,02	363,40	<0,001	38,57
13	Tziu Antiogu	< 1	0,03	<0,008	<0,02	130,70	<0,001	31,67
14	Abbeveratorio	< 1	0,03	<0,008	<0,02	<6	<0,001	30,36

Tabella 5: Parametri 1° Campionamento

1° CAMPIONAMENTO: 25/09/2023								
Sorgente		CADMIO	COBALTO	CROMO	FERRO	FLUORO	LITIO	MANGANESE
N°	Nome	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(mg/L)	(µg/L)	(µg/L)
1	Su Antaru Vetzu	<0.003	<0.003	<0,02	10,972	0,190	6,878	<0,02
2	Santuario Cosma e Damiano	<0.003	<0.003	<0,02	13,524	0,130	4,764	0,379
3	Sa Heresia	<0.003	<0.003	<0,02	< 0.6	0,100	5,131	<0,02
4	Loc. Padru e Lodine	<0.003	<0.003	0,217	< 0.6	0,099	2,423	<0,02
5	S' Abba medica	<0.003	0,038	<0,02	8,682	0,100	6,621	1,714
6	S' Antana Noba	0,032	<0.003	<0,02	8,077	0,095	6,769	1,079
7	Funtana Bachissontu	0,028	<0.003	<0,02	13,151	0,081	13,656	0,376
8	Funtana 'e Fuili	<0.003	<0.003	<0,02	9,350	0,250	16,073	0,636
9	Funtana Latzarinu	<0.003	0,187	<0,02	11,651	0,076	1,080	8,794
10	Funtana Pitzirimasa	0,715	<0.003	<0,02	8,662	0,120	6,940	<0,02
11	Funtana Is Alinos	0,100	<0.003	<0,02	6,916	0,120	8,211	<0,02
12	Bingia 'e Josso	<0.003	<0.003	<0,02	7,500	0,120	19,223	<0,02
13	Tziu Antiogu	<0.003	<0.003	<0,02	7,13	0,120	13,970	<0,02
14	Abbeveratorio	0,026	<0.003	<0,02	9,266	0,170	10,383	0,945

Tabella 6: Parametri 1° Campionamento

1° CAMPIONAMENTO: 25/09/2023								
Sorgente		MAGNESIO	MERCURIO	MOLIBDENO	NICKEL	PIOMBO	POTASSIO	RAME
N°	Nome	(mg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(mg/L)	(µg/L)
1	Su Antaru Vetzù	6,830	< 0.01	0,260	< 0.06	< 0.08	2,482	3,540
2	Santuario Cosma e Damiano	5,377	< 0.01	0,085	< 0.06	< 0.08	1,171	56,018
3	Sa Heresia	6,453	< 0.01	< 0.006	< 0.06	< 0.08	3,020	< 0.05
4	Loc. Padru e Lodine	4,446	< 0.01	< 0.006	< 0.06	< 0.08	1,537	2,280
5	S'Abba medica	5,680	< 0.01	< 0.006	< 0.06	< 0.08	1,245	11,136
6	S'Antana Noba	5,727	< 0.01	< 0.006	< 0.06	2,324	1,259	24,737
7	Funtana Bachissontu	6,759	< 0.01	0,134	< 0.06	< 0.08	1,574	2,149
8	Funtana 'e Fuili	16,244	< 0.01	0,621	< 0.06	< 0.08	1,063	< 0.05
9	Funtana Lazzarinu	8,803	< 0.01	0,443	< 0.06	< 0.08	2,524	< 0.05
10	Funtana Pitzirimasa	19,811	< 0.01	0,165	4,766	< 0.08	1,246	< 0.05
11	Funtana Is Alinos	7,507	< 0.01	0,130	1,916	< 0.08	0,839	< 0.05
12	Bingia 'e Josso	13,526	< 0.01	0,126	< 0.06	< 0.08	2,107	2,117
13	Tziu Antiogu	12,996	< 0.01	0,316	< 0.06	< 0.08	1,693	1,873
14	Abbeveratorio	12,319	< 0.01	0,088	< 0.06	< 0.08	1,655	< 0.05

Tabella 7: Parametri 1° Campionamento

1° CAMPIONAMENTO: 25/09/2023								
Sorgente		SELENIO	SODIO	STAGNO	STRONZIO	TALLIO	VANADIO	URANIO
N°	Nome	(µg/L)	(mg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)
1	Su Antaru Vetzu	< 0.1	31,809	<0,02	108,252	<0.001	0,674	2,061
2	Santuario Cosma e Damiano	< 0.1	21,889	<0,02	60,494	<0.001	0,941	0,290
3	Sa Heresia	< 0.1	35,234	<0,02	142,897	<0.001	1,395	0,039
4	Loc. Padru e Lodine	< 0.1	21,246	<0,02	82,331	<0.001	0,757	0,081
5	S'Abba medica	< 0.1	29,116	<0,02	71,211	<0.001	0,312	0,410
6	S'Antana Noba	< 0.1	29,446	<0,02	72,939	<0.001	0,338	0,413
7	Funtana Bachissontu	< 0.1	20,888	<0,02	127,004	0,004	0,302	0,468
8	Funtana 'e Fuili	< 0.1	53,451	<0,02	182,542	<0.001	0,498	8,106
9	Funtana Latzarinu	< 0.1	27,850	<0,02	127,909	<0.001	0,093	0,075
10	Funtana Pitzirimasa	< 0.1	28,752	<0,02	263,906	<0.001	0,036	4,318
11	Funtana Is Alinos	< 0.1	26,522	<0,02	192,474	<0.001	0,066	0,052
12	Bingia 'e Josso	1,584	56,094	<0,02	200,430	0,002	0,634	2,198
13	Tziu Antiogu	< 0.1	44,834	<0,02	143,331	<0.001	0,614	0,945
14	Abbeveratorio	< 0.1	36,257	<0,02	111,540	<0.001	0,811	5,310

Tabella 8: Parametri 1° Campionamento

1° CAMPIONAMENTO: 25/09/2023								
Sorgente		ZINCO	CLORURI	NITRATI	NITRITI	SOLFATI	ALCALINITÀ TOTALE / Bicarbonati	CONDUCIBILITÀ
N°	Nome	(µg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(µS/cm)
1	Su Antaru Vetzù	<0.70	33,14	16,28	<0,002	17,53	33,56	303
2	Santuario Cosma e Damiano	<0.70	20,92	17,95	<0,002	7,79	16,78	183,2
3	Sa Heresia	<0.70	42,89	16,26	<0,002	21,95	19,83	372
4	Loc. Padru e Lodine	<0.70	22,86	7,22	<0,002	8,63	15,25	175,2
5	S'Abba medica	52,244	34,39	7,49	<0,002	11,85	16,78	202
6	S'Antana Noba	75,204	34,21	6,73	<0,002	11,76	13,73	205
7	Funtana Bachissontu	<0.70	27,12	1,20	<0,002	10,88	24,41	207
8	Funtana 'e Fuili	<0.70	86,68	2,41	<0,002	18,03	33,56	485
9	Funtana Latzarinu	<0.70	36,87	0,39	<0,002	26,16	28,98	320
10	Funtana Pitzirimasa	30,096	43,07	0,99	<0,002	62,22	59,49	503
11	Funtana Is Alinos	<0.70	36,16	0,17	<0,002	43,10	19,83	300
12	Bingia 'e Josso	<0.70	67,76	16,75	<0,002	20,29	36,61	467
13	Tziu Antiogu	<0.70	39,7	23,74	<0,002	34,43	41,19	427
14	Abbeveratorio	<0.70	32,79	3,17	<0,002	58,98	16,78	356

Tabella 9: Parametri 1° Campionamento

1° CAMPIONAMENTO: 25/09/2023								
Sorgente		OSSIDABILITÀ	DUREZZA TOTALE		pH	RESIDUO FISSO 180°	TEMPERATURA ARIA	TEMPERATURA ACQUA
N°	Nome	(mg/L)	(mg/L)	(°F)		(mg/L)	(C°)	(C°)
1	Su Antaru Vetzu	2,808	78,8	7,9	6,96	229,8	17	15
2	Santuario Cosma e Damiano	1,888	48,8	4,9	7,88	183,2	20	18
3	Sa Heresia	2,032	75,9	7,6	6,74	372,0	19	15
4	Loc. Padru e Lodine	1,952	43,8	4,4	7,07	175,2	18	20
5	S'Abba medica	1,744	50,0	5,0	7,04	202,0	20	21
6	S'Antana Noba	1,4	50,3	5,0	7,3	205,0	19	20
7	Funtana Bachissontu	1,384	70,3	7,0	7,22	207,0	22	22
8	Funtana 'e Fuili	1,488	146,6	14,7	7,27	367,9	21	16
9	Funtana Latzarinu	1,432	103,4	10,3	7,7	242,7	20	14
10	Funtana Pitzirimasa	1,336	203,1	20,3	7,1	381,6	23	13,5
11	Funtana Is Alinos	1,568	90,9	9,1	7,99	227,6	20	13,5
12	Bingia 'e Josso	1,416	152,0	15,2	6,66	354,2	22	21
13	Tziu Antiogu	1,448	132,6	13,3	6,35	323,9	21	17
14	Abbeveratorio	1,432	126,5	12,7	6,49	270,0	23	20

Tabella 10: Parametri 1° Campionamento

2° CAMPIONAMENTO: 04/12/2023								
Sorgente		ALLUMINIO	AMMONIACA	ANTIMONIO	ARSENICO	BARIO	BISMUTO	CALCIO
N°	Nome	(µg/L)	(mg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(mg/L)
1	Su Antaru Vetzu	21,8	0,037	<0,2	<0,2	<20	<0,03	15,3
2	Santuario Cosma e Damiano	59,5	0,019	<0,2	<0,2	<20	<0,03	9,2
3	Sa Heresia	<6	0,035	<0,2	<0,2	49	<0,03	16,9
4	Loc. Padru e Lodine	<6	0,023	<0,2	<0,2	<20	<0,03	8,48
5	S'Abba medica	19,8	0,027	<0,2	<0,2	<20	<0,03	8,5
6	S'Antana Noba	21,5	0,028	<0,2	<0,2	<20	<0,03	8,5
7	Funtana Bachissontu	25	0,027	<0,2	3,2	95	<0,03	13,2
8	Funtana 'e Fuili	22,5	0,042	<0,2	<0,2	<20	<0,03	25
9	Funtana Latzarinu	<6	0,032	1,3	13,3	<20	<0,03	21,2
10	Funtana Pitzirimasa	<6	0,035	0,6	2,2	<20	<0,03	37,9
11	Funtana Is Alinos	<6	0,029	<0,2	2,4	<20	<0,03	17,7
12	Bingia 'e Josso	<6	0,032	<0,2	<0,2	279	<0,03	28,5
13	Tziu Antiogu	<6	0,031	<0,2	<0,2	101	<0,03	25,1
14	Abbeveratorio	<6	0,027	<0,2	<0,2	<20	<0,03	24

Tabella 11: Parametri 2° Campionamento

2° CAMPIONAMENTO: 04/12/2023								
Sorgente		CADMIO	COBALTO	CROMO	FERRO	FLUORO	LITIO	MANGANESE
N°	Nome	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(mg/L)	(µg/L)	(µg/L)
1	Su Antaru Vetzu	0,01	0,03	<0,05	8	0,21	5,8	0,15
2	Santuario Cosma e Damiano	0,01	0,06	0,08	51,3	0,14	3,7	4,6
3	Sa Heresia	0,01	0,02	0,07	3,1	0,12	4	0,25
4	Loc. Padru e Lodine	0,01	0,01	0,21	2,15	0,11	1,81	0,24
5	S'Abba medica	0,02	0,05	0,06	10,2	0,13	4,4	1,38
6	S'Antana Noba	0,02	0,04	0,07	10,3	0,097	4,44	1,2
7	Funtana Bachissontu	0,02	0,03	<0,05	11,9	0,086	10,8	0,38
8	Funtana 'e Fuili	<0,005	0,02	<0,05	15,1	0,27	11,8	1,75
9	Funtana Latzarinu	0,01	0,47	<0,05	21,6	0,084	0,8	18,1
10	Funtana Pitzirimasa	0,53	0,02	<0,05	5,8	0,14	4,9	<0,1
11	Funtana Is Alinos	0,07	0,02	<0,05	5,7	0,13	5,4	<0,1
12	Bingia 'e Josso	0,01	0,08	<0,05	15,8	0,14	14,5	<0,1
13	Tziu Antiogu	0,01	0,02	0,08	6,6	0,15	11	0,16
14	Abbeveratorio	0,01	0,03	<0,05	6,5	0,19	7,3	3,1

Tabella 12: Parametri 2° Campionamento

2° CAMPIONAMENTO: 04/12/2023								
Sorgente		MAGNESIO	MERCURIO	MOLIBDENO	NICKEL	PIOMBO	POTASSIO	RAME
N°	Nome	(mg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(mg/L)	(µg/L)
1	Su Antaru Vetzu	5,5	<0,2	0,2	<1	<0,1	2,2	3,4
2	Santuario Cosma e Damiano	4,5	<0,2	<0,1	<1	1,4	0,95	5,2
3	Sa Heresia	5,7	<0,2	<0,1	<1	<0,1	2,5	<0,1
4	Loc. Padru e Lodine	3,86	<0,2	<0,1	<1	1,3	1,28	11,2
5	S'Abba medica	4,2	<0,2	<0,1	1,7	1,5	1,03	21,6
6	S'Antana Noba	4,2	<0,2	<0,1	1,6	3,5	1,04	22,4
7	Funtana Bachissontu	5,5	<0,2	0,1	<1	0,1	1,16	1,7
8	Funtana 'e Fuili	13,6	<0,2	0,5	<1	<0,1	1,3	<0,1
9	Funtana Latzarinu	7,4	<0,2	0,3	<1	<0,1	2	0,4
10	Funtana Pitzirimasa	16,6	<0,2	0,1	3,8	<0,1	0,96	0,3
11	Funtana Is Alinos	6,2	<0,2	0,1	1,5	<0,1	0,66	<0,1
12	Bingia 'e Josso	11,6	<0,2	<0,1	2,3	3,5	1,6	25,6
13	Tziu Antiogu	11,1	<0,2	0,2	<1	<0,1	1,32	0,5
14	Abbeveratorio	10,8	<0,2	<0,1	<1	<0,1	1,2	<0,1

Tabella 13: Parametri 2° Campionamento

2° CAMPIONAMENTO: 04/12/2023								
Sorgente		SELENIO	SODIO	STAGNO	STRONZIO	TALLIO	VANADIO	URANIO
N°	Nome	(µg/L)	(mg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)
1	Su Antaru Vetzu	<2	25,7	<0,2	83	<0,005	0,58	1,24
2	Santuario Cosma e Damiano	<2	17,3	<0,2	47	<0,005	0,77	0,3
3	Sa Heresia	<2	28,2	<0,2	106	<0,005	1,3	0,03
4	Loc. Padru e Lodine	<2	17,7	<0,2	60	<0,005	0,7	0,05
5	S'Abba medica	<2	22,9	<0,2	50	<0,005	0,24	0,36
6	S'Antana Noba	<2	23,4	0,8	51	<0,005	0,24	0,37
7	Funtana Bachissontu	<2	15,2	<0,2	96	<0,005	0,19	0,42
8	Funtana 'e Fuili	<2	39,5	<0,2	132	<0,005	0,51	7,6
9	Funtana Latzarinu	<2	20,8	<0,2	96	<0,005	0,06	0,07
10	Funtana Pitzirimasa	<2	22,4	<0,2	180	<0,005	0,03	3,2
11	Funtana Is Alinos	<2	20,1	<0,2	127	<0,005	0,05	0,06
12	Bingia 'e Josso	<2	43,4	0,7	148	<0,005	0,48	1,63
13	Tziu Antiogu	<2	34,8	<0,2	103	<0,005	0,49	0,79
14	Abbeveratorio	<2	27	<0,2	80	<0,005	0,58	4,2

Tabella 14: Parametri 2° Campionamento

2° CAMPIONAMENTO: 04/12/2023								
Sorgente		ZINCO	CLORURI	NITRATI	NITRITI	SOLFATI	ALCALINITÀ TOTALE / Bicarbonati	CONDUCIBILITÀ
N°	Nome	(µg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(µS/cm)
1	Su Antaru Vetzu	<4	32,44	17,16	<0,002	17,77	36,61	308
2	Santuario Cosma e Damiano	51	22,87	17,82	<0,002	8,31	21,36	253
3	Sa Heresia	<4	44,49	16,52	<0,002	21,02	22,88	350
4	Loc. Padru e Lodine	14	24,11	5,86	<0,002	8,99	13,73	204
5	S'Abba medica	172	35,63	10,01	<0,002	1,65	15,25	265
6	S'Antana Noba	63	35,10	8,05	<0,002	11,82	12,20	263
7	Funtana Bachissontu	5	26,41	1,01	<0,002	10,73	27,46	253
8	Funtana 'e Fuili	<4	82,95	3,89	<0,002	17,94	36,61	497
9	Funtana Latzarinu	<4	38,11	0,92	<0,002	27,77	32,03	355
10	Funtana Pitzirimasa	24	44,14	1,22	<0,002	58,96	61,02	516
11	Funtana Is Alinos	<4	37,40	0,32	<0,002	42,5	21,36	320
12	Bingia 'e Josso	39	67,36	17,01	<0,002	21,59	35,56	558
13	Tziu Antiogu	<4	38,64	35,6	<0,002	34,27	45,76	469
14	Abbeveratorio	<4	32,08	3,22	<0,002	60,77	21,36	412

Tabella 15: Parametri 2° Campionamento

2° CAMPIONAMENTO: 04/12/2023								
Sorgente		OSSIDABILITÀ	DUREZZA TOTALE		pH	RESIDUO FISSO 180°	TEMPERATURA ARIA	TEMPERATURA ACQUA
N°	Nome	(mg/L)	(mg/L)	(°F)		(mg/L)	(C°)	(C°)
1	Su Antaru Vetzu	2,696	60,855	6,1	8,9	233,63	9	15
2	Santuario Cosma e Damiano	2,024	41,495	4,1	8,7	191,91	7	10
3	Sa Heresia	2,144	65,677	6,6	8,04	265,49	8	13
4	Loc. Padru e Lodine	2,008	37,0646	3,7	8,02	154,74	7	11
5	S'Abba medica	1,672	38,512	3,9	7,64	201,01	9	10
6	S'Antana Noba	1,504	38,512	3,9	7,49	199,50	8	11
7	Funtana Bachissontu	1,464	55,605	5,6	7,43	191,91	8	12
8	Funtana 'e Fuili	1,568	118,396	11,8	7,53	377,00	10	15
9	Funtana Latzarinu	1,472	83,414	8,3	7,41	269,28	7	13,5
10	Funtana Pitzirimasa	1,384	162,976	16,3	7,28	391,41	10	12
11	Funtana Is Alinos	1,616	69,732	7,0	7,48	242,73	7	12
12	Bingia 'e Josso	1,48	118,926	11,9	6,89	423,27	7,5	13,5
13	Tziu Antiogu	1,496	108,371	10,8	6,85	355,76	7,5	13
14	Abbeveratorio	1,344	104,388	10,4	6,75	312,52	7,5	15,5

Tabella 16: Parametri 2° Campionamento

Nelle tabelle 5, 6, 7, 8, 9 e 10 sono riportati i risultati delle analisi chimiche e chimico-fisiche eseguite sulle acque sorgive prelevate in data 25/09/2023, mentre nelle tabelle 11, 12, 13, 14, 15 e 16 sono riportati i risultati relativi alle medesime acque, campionate il 04/12/2023.

Dalle analisi effettuate è emerso che le concentrazioni degli elementi sono conformi ai limiti di legge espressi nei parametri indicatori e nei parametri chimici obbligatori considerati dal Dl.vo n 18/2023, mostrati in Tabella 1 e 2 del presente studio, fatta eccezione per il campione n° 9, “Funtana Latzarinu” i cui valori di Arsenico superano il limite di legge di 10 mg/l, con valori di 14.2 mg/l e 13.3 mg/l, rispettivamente nel primo e secondo campionamento.

Facendo riferimento alla composizione minerale, e confrontando i dati con la classificazione delle acque minerali effettuata dal Dl.vo n 176/2011, riportati in Tabella 3, si evince che le acque di tutte le sorgenti considerate risultano classificabili come leggermente mineralizzate, in quanto aventi un tenore di sali minerali, espressi dal residuo fisso a 180°C, compreso tra 50 e 500 mg/l.

Dal raffronto dei dati del primo e secondo campionamento, emergono alcuni elementi maggiormente rappresentativi rispetto ad altri, quali:

Elementi predominanti	Range di concentrazione media ⁹ (mg/l)		MEDIANA (IQR: Range Interquartile 25° e 75°)
	min	max	
Bicarbonati	13	60.3	23,6 (19,1- 33,9)
Calcio	9.3	43.3	19.6 (11,2-28,1).
Cloruri	21.9	84.8	35,9 (32,5- 42,5)
Magnesio	4.2	18.2	6,5 (5,2-11,9)
Sodio	18	49.7	26,2 (23.6-31,7)
Solfati	6.8	60.6	19,5 (11,1- 32,5)
Nitrati	0.25	29.7	6,97 (1,6-14,5)

⁹ la media dei valori del primo e secondo campionamento rientra in un range espresso dai valori minimo e massimo.

6. RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE SUL CHIMISMO DELLE ACQUE

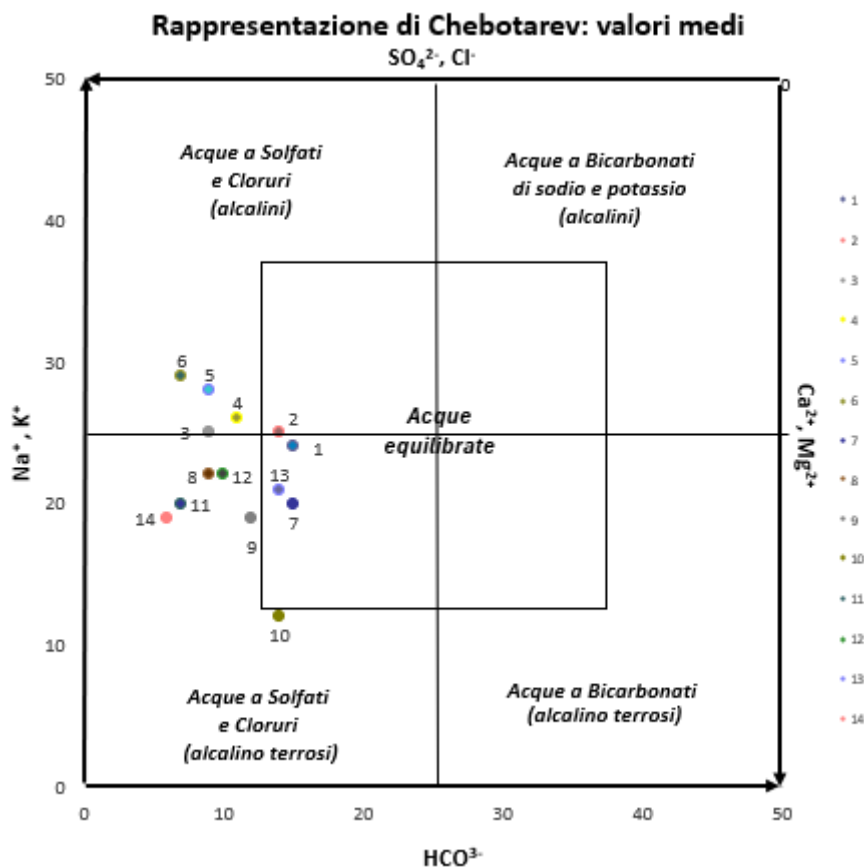


Grafico 1: Diagramma di Chebotarev_ Media dei valori del primo e secondo campionamento

Nome sorgenti: 1. Su Antaru Vetzu (Mamoiada); 2. Santuario Cosma e Damiano (Mamoiada); 3. Sa Heresia (Lodine); 4. Località Padru e Lodine (Lodine); 5. S'Abba medica (Gavoi); 6. S'Antana Noba (Gavoi); 7. Funtana Bachissontu (Ovodda); 8. Funtana 'e Fulli (Tiana); 9. Funtana 'e Latzarinu (Tonara); 10. Funtana Pitzirimasa (Tonara); 11. Funtana Is Alinos (Aritzo); 12. Bingia 'e Josso (Aritzo); 13. Tziu Antiogu (Atzara); 14. Abbeveratoio (Sorgono).

Nel Grafico 1: Diagramma di Chebotarev sono stati plottati i dati relativi al chimismo delle acque sorgive, eseguendo la media dei valori dei principali cationi e anioni rappresentativi delle acque, espressi in mEq/l. In un quadro d'insieme si evince come la totalità dei campioni si collochino nella metà sinistra del grafico, dove la sommatoria di solfati e cloruri predomina sui bicarbonati; quindi, le acque possono essere classificate come "Acque a Solfati e Cloruri", ove nel quadrante superiore si avrà una predominanza di metalli alcalini (Sodio e Potassio) e nel quadrante inferiore dei metalli alcalino terrosi (Calcio e Magnesio).

Nella fattispecie i campioni delle acque vengono così scissi in:

- Acque **clorurato-sodiche**: insistenti nelle sorgenti numero 3, 4, 5, 6 con predominanza di sodio quale metallo alcalino;
- Acque **clorurato-calciche**: insistenti nelle sorgenti numero 8, 9, 11, 12, con predominanza di calcio quale metallo alcalino terroso;
- Acque **solfato-calciche**: insistenti nelle sorgenti numero 10, 14 insistenti nel quadrante inferiore con predominanza di calcio, quale metallo alcalino terroso;
- **Acque a chimismo equilibrato**: le acque delle sorgenti numero 1, 2, 7, 13 insistenti nel quadrante centrale, di equilibrio tra gli ioni.

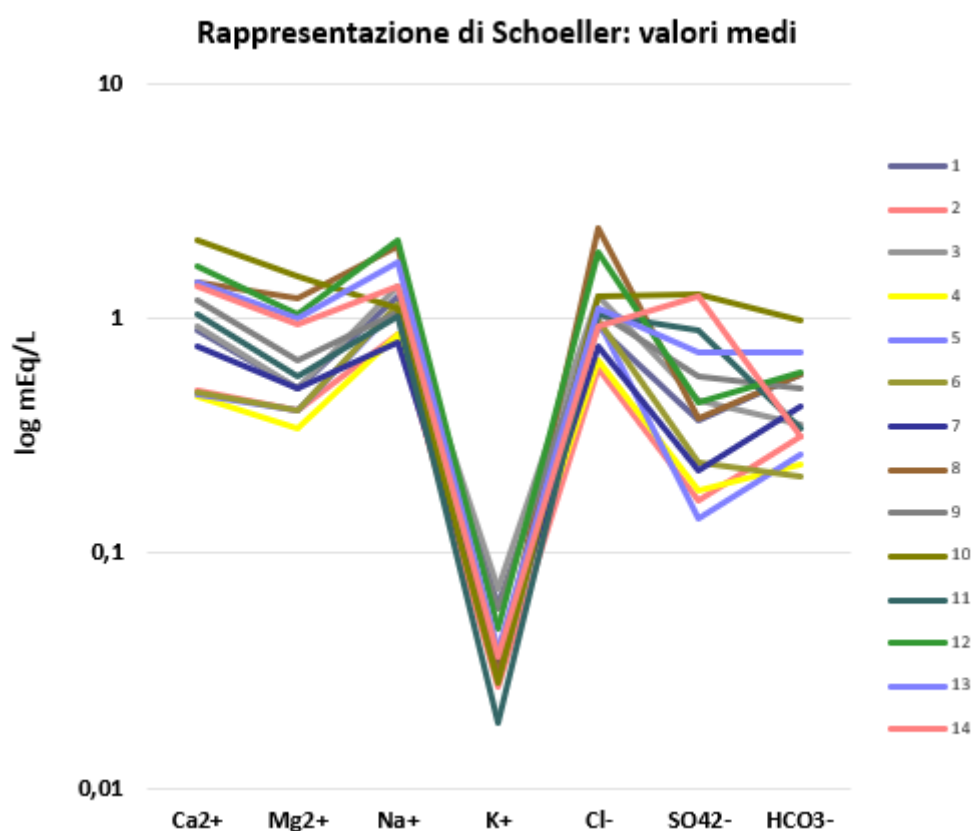


Grafico 2: Diagramma di Schoeller_ Media dei valori del primo e secondo campionamento

Nome sorgenti: 1. Su Antaru Vetzu (Mamoiada); 2. Santuario Cosma e Damiano (Mamoiada); 3. Sa Heresia (Lodine); 4. Località Padru e Lodine (Lodine); 5. S'Abba medica (Gavoi); 6. S'Antana Noba (Gavoi); 7. Funtana Bachissontu (Ovodda); 8. Funtana 'e Fuili (Tiana); 9. Funtana 'e Latzarinu (Tonara); 10. Funtana Pitzirimasa (Tonara); 11. Funtana Is Alinos (Aritzo); 12. Bingia 'e Josso (Aritzo); 13. Tziu Antiogu (Atzara); 14. Abbeveratoio (Sorgono).

Nel Grafico 2: Diagramma di Schoeller sono stati plottati i dati relativi al chimismo delle acque sorgive, espressi in mEq/l, ottenuti effettuando la media dei valori del primo e

secondo campionamento. L'andamento delle spezzate consente di evidenziare gli elementi più o meno caratterizzanti le acque. Tra i cationi si denota il picco negativo in corrispondenza del potassio nella totalità dei campioni, mentre i cationi prevalenti risultano essere sodio, calcio ed in misura minore il magnesio. Per quanto concerne gli anioni, ad eccezione dei campioni 10 e 14 che evidenziano concentrazioni maggiori di solfati, i restanti campioni presentano una maggioranza di cloruri. Gli anioni meno rappresentativi sono i bicarbonati.

DISCUSSIONE

Dal confronto dei dati delle analisi, condotte in due diversi periodi temporali, si evince che la totalità dei campioni presenta acque classificate come leggermente mineralizzate (residuo fisso a 180°C tra 50 e 500 mg/l).

Valore che può esser parzialmente attribuibile all'assetto litologico del sottosuolo con il quale le acque vengono a contatto. Difatti, l'isola è in gran parte costituita da rocce con basso grado di permeabilità e porosità dovute appunto ad un basamento cristallino predominante, carente di fratture. Questo comporta una difficoltà di accumulo di acqua all'interno di falde sotterranee conseguentemente inidonee al soddisfacimento del fabbisogno idrico dell'intera popolazione regionale, per il quale si fa principalmente ricorso all'utilizzo di acque superficiali.

L'assetto litologico del sottosuolo dell'area considerata è composto da rocce magmatiche, per lo più granitiche e metamorfiche acide, resistenti ai fenomeni di degradazione e lisciviazione normalmente attuati dall'acqua [194], dalla medio/bassa permeabilità per fratturazione, fatta eccezione per i comuni di Tonara e Tiana, dove prevaricano rocce para-metamorfiche (come filladi, scisti, gneiss, ecc.) dalla permeabilità bassa per fratturazione, come mostrato nella Cartografia 9 [195].

Parrebbe quindi giustificabile che le acque delle sorgenti analizzate possiedano un profilo minerale medio-basso. La bassa permeabilità di tali affioramenti rocciosi, normalmente decresce all'aumentare della profondità, ed i circuiti sotterranei si localizzano generalmente lungo fratture e filoni caratteristici di tali formazioni geologiche. La permanenza delle acque nel sottosuolo è quindi solitamente breve e con circuiti modesti [43].

In letteratura si ritrovano indicazioni sulla composizione indicativa di alcuni basamenti cristallini, come quello costituito da graniti e rocce ignee, dove soventemente si riscontra una variabilità di minerali, tra cui quarzo e plagioclasio ricchi di sodio, feldspato di potassio, biotite ed altri, che ricoprono le fratture interne con le quali vengono a contatto i fluidi circolanti. Generalmente le acque sotterranee, in un basamento granitico, manifestano un grado di mineralizzazione crescente in funzione della profondità [196].

Tenendo conto, però, della medio-bassa permeabilità del sottosuolo, non è da escludere che le acque non si approfondino enormemente, atro dettaglio che ne eviterebbe

l'arricchimento in sali minerali. Ultimo punto che giustificherebbe la scarsa mineralizzazione dei campioni è il pH, che, nel caso delle sorgenti esaminate è compreso in un range tra 6,3 e 8,9, abbastanza alto, indice di acque non aggressive né corrosive. A bassi valori di pH, infatti, l'acqua acquisisce una maggior capacità di corrosione [58] e questo implicherebbe un rilascio più abbondante di elementi da parte del manto roccioso con il quale viene a contatto.

Il consumo di acque leggermente mineralizzate può avere effetti diuretici nel consumatore, e può essere indicato in soggetti che soffrono di calcoli renali o di gotta, in quanto faciliterebbero la clearance di acido urico e azoto ureico [117]. Sono acque aventi concentrazioni di elementi né eccessivamente ridotte né eccessivamente abbondanti, caratteristica che le renderebbe adatte al consumo di un'ampia fascia di consumatori, indipendentemente dall'età e dallo stato di salute. Le acque minimamente mineralizzate, in quanto poverissime di sali, alterano l'omeostasi corporea di acqua e minerali [90; 118], mentre le acque ricche di minerali, per tale motivo hanno proprietà nutraceutiche ma di contro sono inadatte al consumo da parte di determinati target di persone [117].

Prendendo in esame i parametri indicatori ed obbligatori (riportati in Tabella 1 e Tabella 2) relativi al D.l.vo 18/2023, tredici sorgenti su quattordici rientrano nei limiti. Fa eccezione il campione n°9, "Funtana 'e Latzarinu", nel Comune di Tonara, dove i valori di Arsenico sia nel primo che secondo campionamento superano il limite di legge di 10 mg/l.

L'aumento delle concentrazioni di arsenico nelle acque profonde è da ricercarsi a possibili cause naturali, come erosione e lisciviazione dell'assetto litologico con cui le acque vengono a contatto, o ad attività antropiche responsabili dell'inquinamento del terreno e indirettamente delle acque (preservanti del legno, incenerimento abusivo di legno trattato, attività minerarie circostanti, processamento metallurgico, impiego di insetticidi e pesticidi a base di questo elemento, etc.) [89]. Tuttavia, in considerazione della scarsa attività antropica limitrofa, è maggiormente plausibile che nel caso specifico della sorgente di "Funtana e Latzarinu", le cause dell'inquinamento siano naturali.

Tali considerazioni sono avvalorate dal riscontro, nelle 13 sorgenti rimanenti, dei principali contaminanti chimici inorganici e dei metalli pesanti ben al di sotto dei limiti previsti dalla legge. Trattasi di un risvolto positivo sul fronte della sicurezza e salubrità delle stesse. Bassi livelli di ammoniaca denotano una scarsa contaminazione da parte di scarichi fognari e/o zootecnici, o da cause ambientali, come la possibile degradazione di sostanze in via di fossilizzazione nel suolo generalmente responsabili dell'innalzamento

dei valori di ammonio nelle acque profonde fino a 5-10 mg/l [87]. I nitrati e nitriti entro i limiti soglia possono indurre a pensare che nell'area circostante non si faccia uso massivo di fertilizzanti azotati [87]. Infine, si evitano tutti gli effetti potenzialmente tossici e cancerosi per la salute pubblica, dovuti all'esposizione di alte concentrazioni di metalli pesanti, come alluminio, bario, cadmio, cobalto, cromo, ferro, nichel, mercurio, piombo, titanio, rame vanadio e zinco e sostanze non metalliche ma trattate alla pari, per proprietà potenzialmente tossiche a concentrazioni elevate, come arsenico, bismuto e selenio [87]. I bassi valori di ossidabilità, ben al di sotto dei 5 mg/l di O₂, imposti dalla normativa, suggeriscono una scarsa capacità riducente dell'acqua e quindi un basso grado di contaminazione organica ed inorganica [59].

Il riconoscimento del legame storico, sociale, generazionale che la popolazione locale mantiene con le acque sorgive ha diretto l'attenzione del presente lavoro di tesi verso la valorizzazione in ottica turistica delle peculiarità salutistiche di questo bene alimentare.

L'approccio strategico punta alla creazione di itinerari integrati in cui le sorgenti siano inserite insieme alle principali attrazioni turistiche dell'area geografica interessata dallo studio. I visitatori potranno identificare e apprezzare questi luoghi non solo come punti di approvvigionamento idrico, ma anche come siti di rilevanza culturale e storica. La valorizzazione delle sorgenti risponde alle linee guida del turismo sostenibile e dell'*heritage tourism*, promuovendo un consumo consapevole del patrimonio naturale e culturale e incentivando la conservazione delle tradizioni locali [3].

Il turismo rappresenta un settore fondamentale per l'economia sarda, come dimostrato dai dati del 2022 quando il comparto turistico isolano costituiva il 10% delle attività economiche dell'assetto imprenditoriale dell'Isola (vs la media nazionale del 8%). [197]. Tuttavia, la concentrazione dei flussi turistici nelle provincie di Sassari e Cagliari, favorite dalla presenza di porti e aeroporti [198] ha portato a uno squilibrio territoriale con effetti negativi per le aree interne come Nuoro, penalizzate dall'assenza di infrastrutture e politiche mirate [27]. Questo squilibrio richiede interventi di sviluppo locale per potenziare le risorse naturali e culturali già presenti, rendendo queste aree più competitive e attrattive per un pubblico più ampio e diversificato [199].

In questo contesto, le acque sorgive delle zone rurali del nuorese, e tra queste Atzara, Aritzo, Gavoi, Lodine, Mamoiada, Ovodda, Sorgono, Tiana e Tonara, rappresentano un'opportunità per destagionalizzare i flussi e diversificare l'offerta. La

presenza delle sorgenti in questi comuni, unita alla ricchezza di beni paesaggistici, archeologici, ambientali ed enogastronomici, consente di creare percorsi turistico-escursionistici che valorizzino l'autenticità e l'unicità del territorio, sostenendo al contempo la sua economia locale.

Il coinvolgimento di enti sportivo-escursionistici come il Club Alpino Italiano (CAI) e di altre realtà affini come il Fondo per l'Ambiente Italiano (FAI), potrebbe favorire la frequentazione di percorsi dedicati, in cui i visitatori possano godere di aree di sosta e di punti di approvvigionamento idrico presso le sorgenti. Il coinvolgimento di associazioni culturali, attraverso la creazione di reti di volontariato locale, offrirebbe un supporto informativo e guide per i visitatori, valorizzando le conoscenze storiche, culturali e ambientali del territorio.

La strategia per lo sviluppo turistico delle aree interne con un focus sulla valorizzazione delle sorgenti, richiede un approccio integrato e multi-attoriale che coinvolga le principali istituzioni e soggetti locali e preveda:

- La costituzione di una rete turistica territoriale inclusiva

Creare una rete che integri Comuni, Provincia, Assessorato al Turismo oltre coinvolgere attori chiave come i Gruppi di Azione Locale, gli agriturismi, i ristoranti, i bar e le strutture museali e di fornitrici di servizi. Questa cooperazione è essenziale per rafforzare l'offerta turistica del territorio, promuovendo un'esperienza coesa e attrattiva.

- La presenza di un'infrastruttura digitale di accesso alle informazioni

La realizzazione di mappe GIS, arricchite da simboli geolocalizzati che identificano sorgenti, siti archeologici, religiosi e museali, consente ai visitatori di navigare agevolmente tra le attrazioni principali. Integrare le mappe con collegamenti (link) a pagine web istituzionali e Social dedicati, migliora l'accesso alle informazioni e facilita l'interazione con il territorio. Formulare delle pagine social *ex novo* o agganciarsi a quelle esistenti, al contempo, permette anche ai più giovani, di informarsi in modo più *smart*, attingendo dalle recensioni di visitatori che li hanno preceduti e poter a loro volta fare pubblicità completamente gratuita una volta raggiunta la destinazione desiderata, semplicemente con l'apposizione di tag nelle foto e video da essi condivise, o apportando un giudizio dell'esperienza vissuta. Le mappe potrebbero inoltre essere inserite in siti web istituzionali quali quelle dei comuni e delle unioni dei comuni, e/o su piattaforme

turistiche come, ad esempio, Travel365 offrendo contenuti multimediali e itinerari suggeriti.

- Strumenti informativi per il turista e sviluppo dello storytelling

L'esperienza turistica può essere altresì facilitata dalla distribuzione delle tradizionali mappe cartacee integrate da QRcode pensati per chi preferisce un accesso digitale. Queste mappe, disponibili presso strutture ricettive, centri ricreativi e *infopoint*, e sottoforma di segnaletica nei principali punti di transito andrebbero aggiornate periodicamente per garantire contenuti rispondenti alle mutevoli esigenze dei viaggiatori. L'aggiornamento dei contenuti potrebbe avvalersi della collaborazione con universitari o istituti scolastici incentivando la formazione di risorse giovani e locali con competenze in comunicazione e *storytelling* [4]. La valorizzazione del territorio passa infatti attraverso una comunicazione efficace che includa conoscenze territoriali e competenze di marketing. Gli addetti alla promozione dei luoghi dovrebbero essere in grado di trasmettere l'identità culturale attraverso narrazioni coinvolgenti e appaganti per il visitatore.

- Tutela sanitaria e valorizzazione delle acque sorgive

La qualità delle acque rappresenta un importante veicolo di promozione territoriale. Per le sorgenti le cui acque hanno evidenziato caratteristiche chimico fisiche equilibrate (“Ziu Antiogu”, ad Atzara, “Su Antaru Vetzu” e il “Santuario di Cosma e Damiano”, a Mamoiada, e “Funtana Bachissontu” a Ovodda), si propone di effettuare controlli regolari e certificazioni di qualità da parte di enti preposti, come il SIAN. Alle analisi microbiologiche e chimico-fisiche di routine sarebbe oltremodo auspicabile l'affiancamento di tecniche di sequenziamento NGS per l'identificazione e classificazione della microflora caratteristica di ciascuna matrice. Queste completerebbero le conoscenze relative all'impronta di unicità e tipicità lasciata dalla componente biotica non solo nel gusto, ma anche nelle proprietà caratteristiche delle acque considerate. Queste certificazioni valorizzerebbero le risorse idriche locali e l'immagine delle aree geografiche coinvolte.

Nel complesso lo studio condotto nell'ambito di questo lavoro di tesi suggerisce un approccio coordinato per la valorizzazione delle risorse e punta sulla diversificazione dell'offerta e sviluppo territoriale incentrato su diversi attrattori, incluse le acque sorgive.

Si ritiene in tal modo possibile incrementare l'attrattività delle aree interne, generando effetti positivi di lungo periodo sia sul piano economico che su quello sociale.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. Ministero del Turismo- Repubblica Italiana (2023), *Il Piano Strategico del Turismo 2023-2027*, Senato.it, service, Aprile 2023, <https://www.senato.it/service/PDF/PDFServer/BGT/1374710.pdf> (consultato il 18/07/2024)
2. Tinacci Mossello M., Randelli F., Romei P., Simoncini R. & Tortora M. (2011), *Gli aspetti geoeconomici e ambientali del turismo rurale in Toscana*, In Pacciani A. (a cura di), *Aree rurali e configurazioni turistiche. Differenziazione e sentieri di sviluppo in Toscana*, Franco Angeli, Milano, pp. 63-102.
3. Mariotti G, Camerada M.V., Carrus S. & Murtinu F. (2016), *Tourism Destination Development Strategies. Nuovi Trends: risorse locali & viaggiatori interconnessi. Sperimentazione del STC Model nel Nord-Ovest Sardegna*, in G. SCANU (a cura di), *Conoscere per rappresentare. Temi di cartografia e approcci metodologici, Studi e monografie del "Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia" 2*, Pàtron, Bologna, ISBN 978-88-555-3365-2
4. Mariotti G., Camerada M.V., Carrus S. & Marongiu M. (2021), *Digital information tools to support the sustainable development of the territory: the LoQual Explorer model*, EATSJ - Euro-Asia Tourism Studies Journal, Vol. 3, Issue: Special Issue in Italian.
5. ENIT (2022), *Relazione sulla gestione del bilancio 31/12/2022*, Enit.it., Storage, Marzo 2023, https://www.enit.it/storage/202304/20230427114958_3.%20relazione%20sulla%20gestione%20esercizio%202022.pdf, (Consultato il 24/06/2024)
6. RAS (2023), Allegato alla Delib.G.R. n. 47/2 del 29.12.2023. *Piano Strategico Regionale del Turismo 2023-2025*, delibere.regione.sardegna.it, Dicembre 2023, <https://delibere.regione.sardegna.it/protected/68798/0/def/ref/DBR68454/>
7. WTO (2023), *World Tourism Barometer, volume 21, issue 4, November 2023*, UNWTO, Madrid, https://pre-webunwto.s3.eu-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/2023-11/UNWTO_Barom23_04_November_EXCERPT_v2.pdf?VersionId=Q3i27HkRVsyU9gSP6yV4NCgxZiPdHrE (Consultato il 21/06/2024)
8. WTO (2024), *World Tourism Barometer, volume 22, issue 2, May 2024*, UN Tourism, Madrid, https://pre-webunwto.s3.eu-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/2024-06/UNWTO_Barom24_02_May_excerpt.pdf (Consultato il 21/06/2024)
9. Statista Research Department (2024), *Total contribution of travel and tourism to GDP worldwide 2019-2034*, <https://www.statista.com/statistics/233223/travel-and-tourism-total-economic-contribution-worldwide/> (Consultato il 01/07/2024)

10. Statista Research Department (2024), *Travel and tourism: share of global GDP 2019-2034*, July 2024, Statista Research Department, <https://www.statista.com/statistics/1099933/travel-and-tourism-share-of-gdp/#:~:text=Travel%20and%20tourism%3A%20share%20of%20global%20GDP%202019%2D2034&text=Overall%2C%20these%20industries%20represented%209.1,nearly%2010%20trillion%20U.S.%20dollars>, (Consultato il 01/07/2024)
11. Consiglio dell'Unione europea (2022), *Agenda europea per il turismo 2030- Conclusioni del Consiglio (adottate il 1°12.2022)*, European Union, Dicembre 2022, Bruxelles, <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15441-2022-INIT/it/pdf>
12. Mariotti G., Camerada M.V., Lampreu S. & Carrus S. (2021), *La conoscenza per lo sviluppo territoriale nell'ambito della cooperazione transfrontaliera: l'esperienza dell'Università di Sassari all'interno del progetto TERRAGIR 3*, In MAGLIO, M. (a cura di), *Le dinamiche della conoscenza nel Green Deal Prospettive territoriali per la lettura dell'economia circolare*, Tab Edizioni, Roma, pp. 181-196, Codice ISBN 978-88-9295-264-5
13. World Economic Forum (2024), *Travel & Tourism Development Index 2024*, insight report, May 2024, https://www3.weforum.org/docs/WEF_Travel_and_Tourism_Development_Index_2024.pdf (Consultato il 09/07/2024)
14. Federturismo Confindustria (2024), *Eurostat: nei primi tre mesi del 2024 crescono i pernottamenti, in particolare in Italia*, Giugno 2024, <https://www.federturismo.it/it/i-servizi/relazioni-industriali/relazioni-industriali/589-news/news-2024/20402-eurostat-nei-primi-tre-mesi-del-2024-crescono-i-pernottamenti-in-particolare-in-italia.html> (Consultato il 09/07/2024)
15. WTO (2023), *International Tourism Highlights, 2023 Edition - The impact of COVID-19 on tourism (2020-2022)*, UNWTO, Madrid, October 2023, <https://www.e-unwto.org/doi/epdf/10.18111/9789284424986>
16. Istat (2024), *L'andamento Turistico In Italia, Prime Evidenze Del 2023*, Giugno 2024, <https://www.istat.it/wp-content/uploads/2024/06/Andamento-turistico-italiano-2023.pdf> (Consultato il 16/07/2024)
17. Regione Emilia-Romagna (2024), *In crescita il turismo in Italia*, I dati diffusi da Enit sulla presenza di turisti e sulle tendenze in atto, Marzo 2024, Roma, <https://www.regione.emilia-romagna.it/sederoma/notizie/2024/in-crescita-il-turismo-in-italia#:~:text=Lombardia%2C> (Consultato il 16/07/2024)
18. Banca d'Italia, Eurosystem, Statistiche (2024), *Indagine sul turismo internazionale*, Banca d'Italia.it, pubblicazioni, Giugno 2024, https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/indagine-turismo-internazionale/2024-indagine-turismo-internazionale/statistiche_ITI_18062024.pdf (Consultato il 16/07/2024)

19. Cavallo L., Petrei F. e Santoro M.T. (a cura di) (2023), *Il turismo culturale in Italia: analisi territoriale integrata dei dati*, Istat, ISBN 978-88-458-2110-3, https://www.istat.it/wp-content/uploads/2023/10/Il-turismo-culturale-in-Italia_Ebook.pdf (Consultato il 23/08/2024)
20. Ministero del turismo (2024), *Come va il turismo in Italia*, Ministero del turismo, wp-content, maggio 2024, https://www.ministeroturismo.gov.it/wp-content/uploads/2024/06/2024_05_MiTUR_infografica_MAGGIO_v2.pdf
21. Mariotti G., Camerada M.V., Carrus S., Panai E. & Martinez V. (2018), *Smart Destinations e competitività in ambito turistico. Il ruolo della Cyber Security*. In M. Sechi (a cura di), *Antropizzazione, turismo e innovazione tecnologica, Un approccio multiscalare per l'analisi dello sviluppo sostenibile e intelligente del territorio*, Geotema, Bologna, ISSN 1126-7798
22. Albanese V. (2016), *Analisi del digital storytelling e delle sue implicazioni territoriali*, In Giannini M. & Greco V. (Eds.), *Visualizzare il paesaggio. Nuove forme di narrazione e rappresentazione dello spazio geografico* (pp.83-96). Bologna, BO: BraDypUS Editore
23. Albanese V. (2017), *La sentiment analysis a supporto della ricerca geografica. Un esempio applicativo per il turismo salentino*. *Semestrare di Studi e Ricerche di Geografia Roma* – XXIX, 1 (gennaio-giugno), 15-27.
24. Sardegna Statistiche, *Tavole di approfondimento, Turismo per comuni (2017-2022)[file.ods]*. Luglio 2024, <https://www.sardegna statistiche.it/argomenti/turismo/> (Consultato il 4 gennaio 2024)
25. Sardegna Statistiche, *Tavole di approfondimento, Turismo per comuni (2017-2022)[file.ods]*. Luglio 2024, <https://www.sardegna statistiche.it/argomenti/turismo/> (Consultato il 4 gennaio 2024)
26. Ministero del Turismo. Repubblica Italiana, *Attuazione Misure PNRR, Italia domani – Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*, <https://www.ministeroturismo.gov.it/pnrr/> (Consultato il 12/07/2024)
27. Mariotti G, Camerada M.V. & Carrus S. (2016), *Strumenti per convertire l'esperienza del consumo in valore territoriale. STC Model - Customer Experience Assessment*, in G.SCANU (a cura di), *Conoscere per rappresentare. Temi di cartografia e approcci metodologici*, Studi e monografie del "Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia" 2, Pàtron, Bologna, pp. 7-31, ISBN 978-88-555-3365-2
28. Istat, *Il benessere equo e sostenibile dei territori, Sardegna 2023*. https://www.istat.it/it/files//2023/12/BesT_SARDEGNA.pdf (Consultato il 23 gennaio 2023)
29. Istat (2024), *Il Censimento permanente della popolazione in Sardegna, anno 2022, Maggio 2024*, <https://www.istat.it/wp-content/uploads/2024/05/Focus-CENSIMENTO-2022-SARDEGNA.pdf> (Consultato il 22/07/2024)

30. Piredda F., Serra G., Esposito P. e Cugia M. (2023), *Osservatorio Economico 2023. Nord Sardegna. Focus Imprese*, Camera di Commercio Sassari, <https://www.ss.camcom.it/download/osservatorio-economico-nord-sardegna-2023/> (Consultato il 22/07/2024)
31. FIPE (2023), *Osservatorio Sul Mercato Del Lavoro Nel Turismo XV Rapporto 2023*, fipe.it, wp-content, https://www.fipe.it/wp-content/uploads/2023/09/osservatorio-mercato-del-lavoro-turismo-2023_XV-rapporto_copertina.pdf (Consultato il 16/07/2024)
32. SardegnaNatura, *Aree naturali protette della Sardegna*, <https://www.sardegnanatura.com/esplora-la-sardegna/aree-naturali-protette-sardegna.html> (Consultato il 9 maggio 2024)
33. Battino S. e Lampreu, S. (2017), *Strategie di valorizzazione e promozione in chiave turistica del patrimonio culturale delle aree interne. Un caso in Sardegna*. Annali del Turismo, VI, Edizioni Geoprogress, Novara, pp. 83-105 https://www.geoprogress.eu/wp-content/uploads/2018/03/AdT2017-04_Battino_Lampreu.pdf (Consultato il 23 gennaio 2024)
34. RAS (2014), *Programma di sviluppo rurale 2014-2020, Ass. dell'Agricoltura e riforma agropastorale*, RAS, https://www.regione.sardegna.it/documenti/1_38_20220303093309.pdf
35. Monaco F. & Tortorella W. (a cura di) (2015), *I Comuni della Strategia Nazionale Aree Interne*, Prima edizione – 2015, Studi e Ricerche, Fondazione IFEL, www.fondazioneifel.it
36. Dematteis G. (2013), *La Montagna nella strategia per le aree interne 2014-2020*, Agrireregionieuropa, Settembre 2013, https://agrireregionieuropa.univpm.it/it/content/article/31/34/la-montagna-nella-strategia-le-aree-interne-2014-2020#footnote1_pzuex3u
37. Testa D. (2016), *Patrimonio culturale e rigenerazione urbana. Il bando periferie di Roma Capitale per l'avvio di uno sviluppo culture driven*, Documenti Geografici, 2: 89-108.
38. Camerada M.V. (2018), *Innovazione digitale e destinazioni turistiche intelligenti*, Il protocollo SMAS, Geotema,(Supplemento 2018), pp.104-105.
39. Lazzeroni M. (2001), *La competitività territoriale: proposta per una metodologia di analisi*. Bollettino della società geografica italiana, 6 (1-2), pp. 65-82.
40. Mariotti G., Camerada M. V., Lampreu S. & Carrus, S. (2021), *Tourist vocation of the religious itineraries and perspectives of territorial development: The Santu Jacu Way in Sardinia (Italy)*, Revista Galega De Economía. <https://doi.org/10.15304/rge.30.3.7549>
41. Agenzia per la Coesione Territoriale, *Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile*, Agenzia per la coesione territoriale, Comunicazione, <https://www.agenziacoesione.gov.it/comunicazione/agenda-2030-per-lo-sviluppo-sostenibile/> (Consultato il 30 giugno 2023)

42. Cadinu, M. (2015), *Architetture dell'acqua in Sardegna*, December 2015, Steinhäuser Verlag, Wuppertal, LapisLocus, <http://lapislocus.com/books>
43. Grillotti di Giacomo M. G. (A cura di) (2008), *Atlante Tematico delle Acque d'Italia*, Brigati, Genova.
44. Depalmas A. (2018), *Water and cults in Nuragic Sardinia*, WIREs Water, volume 5, issue 5, <https://doi.org/10.1002/wat2.1293>
45. Istat (2023), *Le statistiche dell'Istat sull'acqua/ anni 2020-2022*, Marzo 2023, <https://www.istat.it/it/files//2023/03/GMA-21marzo2023.pdf>, (Consultato il 29 giugno 2023)
46. Ricciardi W., Angelillo I.F., Boccia S., Bruno S., Brusaferrò S., Bucci R., Capolongo S., Cicchetti A., D'Alessandro D., Damiani G., De Belvis A.G., De Giusti M., De Vito C., De Vito E., De Waure C., Del Cimmuto A., Di Pietro M.L., Federico B., Ficarra M.G., Gianino M.M., La Torre G., Laurenti P., Mascia D., Moscato U., Pavia M., Quaranta G., Siliquini R., Specchia M.L. & Villari P. (2013), *Igiene Medicina preventiva sanità pubblica*, 2 edizione, Idelson Gnocchi.
47. Jéquier E. & Constant F. (2010), *Water as an essential nutrient: the physiological basis of hydration*, European journal of clinical nutrition **64**, 115–123 (2010), <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.111>
48. Barbuti S., et al. (2008), *Igiene*, Monduzzi Editore, Bologna.
49. Ding Y., Xie Z., Lu X., Luo H., Pan H., Lin X., Wu J. & Wang Z. (2021), *Water Intake in Pregnant Women in China, 2018: The Report of a Survey*, Nutrients, <https://doi.org/10.3390/nu13072219>
50. Alimentazione (2011), *Una sete su misura*, Fondazione veronesi, magazine, Settembre 2011, https://www.fondazioneveronesi.it/magazine/articoli/alimentazione/una-sete-su-misura?_gl=1*1a88psl*_up*MQ..*_ga*ODQyOTIwMjYwLjE2OTkyNjQyODA.*_ga_05TWWQDC95*MTY5OTI2NDI3OS4xLjEuMTY5OTI2NDgxOS4yOC4wLjA.*_ga_W4V360JK2C*MTY5OTI2NDI3OS4xLjEuMTY5OTI2NDgxOS4yOC4wLjA (Consultato il 6 novembre 2023)
51. Smith T.S. & Smith R.L. (2013), *Elementi di ecologia*, Ottava edizione, Pearson Italia, Milano-Torino.
52. Gazzetta Ufficiale (2011), *Decreto legislativo n.176 dell'8 ottobre 2011. Attuazione della direttiva 2009/54/CE, sull'utilizzazione e la commercializzazione delle acque minerali naturali*, Gazzetta ufficiale, Novembre 2011, <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2011/11/05/011G0218/sg>
53. Gazzetta Ufficiale (2023), *Decreto legislativo n.18 del 23 febbraio 2023. Attuazione della direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2020, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano*, Gazzetta Ufficiale.it, Marzo 2023, <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2023/03/06/55/sg/pdf>

54. United nations, *Sustainable Development Goals*, <http://www.un.org/sustainabledevelopment/> (Consultato il 10 febbraio 2024)
55. Associazione Italiana acqua di qualità 2013-2023, *Significato di alcuni parametri indicatori della qualità dell'acqua e unità di misura*, <https://www.acquadiqualita.it/it/news/significato-di-alcuni-parametri-indicatori-della-qualita-dell-acqua-e-unita-di-misura.php> (Consultato il 21 novembre 2023)
56. WHO (2016), *Total dissolved solids in Drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*, who.int, media, Aprile 2016 https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/tds.pdf?sfvrsn=3e6d651e_4 (Consultato l'8 novembre 2023)
57. European Environment Agency (2018), *Mercury in Europe's environment. A priority for European and global action*, EEA, November 2018, <https://www.eea.europa.eu/publications/mercury-in-europe-s-environment>. (Consultato il 26 marzo 2024)
58. Ministero della Salute (2016), *Acque potabili-Parametri. Concentrazione ioni idrogeno (pH)*, Salute.gov.it, https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/CONCENTRAZIONE_IONI_IDROGENO_PH.pdf (Consultato il 17 luglio 2023)
59. Ottaviani M. & Bonadonna, L. (a cura di) (2007), *Metodi analitici di riferimento per le acque destinate al consumo umano ai sensi del DL.vo 31/2001. Metodi chimici*, in Rapporti ISTISAN 07/31, Salute.gov.it. https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2277_allegato.pdf (Consultato il 17 luglio 2023)
60. Tartari G. (a cura di), *Conducibilità elettrica. Metodo elettrochimico*, cnr.it, https://www.idrolab.irsa.cnr.it/wp-content/uploads/Cond_SevenExcellence_v1.pdf (Consultato il 3 novembre 2023)
61. Renke G., Almeida V.B.P., Souza E.A., Lessa S., Teixeira R.L., Rocha L., Sousa P.L. & Starling-Soares B. (2023), *Clinical Outcomes of the Deleterious Effects of Aluminum on Neuro-Cognition, Inflammation, and Health: A Review*, Nutrients, <https://doi.org/10.3390/nu15092221>
62. Ministero della Salute (2016), *Acque potabili - Parametri. Alluminio*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/ALLUMINIO.pdf> (Consultato il 21 marzo 2024)
63. Padappayil R.P. & Borger J. (2023), *Ammonia Toxicity*, StatPearls, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546677/>
64. Hrubec T.C., Seguin R.P., Xu L., Cortopassi G.A., Datta S., Hanlon A.L., Lozano A.J., McDonald V.A., Healy C.A., Anderson T.C & Musse N.A., Williams R.T., (2021), *Altered*

- toxicological endpoints in humans from common quaternary ammonium compound disinfectant exposure*, Toxicology Reports, volume 8, pp. 646-656, <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.03.006>
65. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Ammonio*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/AMMONIO.pdf> (Consultato il 21 marzo 2024)
66. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Cloruro*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/CLORURO.pdf> (Consultato il 21 marzo 2024)
67. Berend K., Hulsteijn L.H & Gans R.O.B. (2011), *Chloride: the queen of electrolytes?* European Journal of Internal Medicine, Volume 23, Issue 3, pp. 203 – 211, <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2011.11.013>
68. Quattrini S., Pampaloni B. & Brandi M.L. (2016), *Natural mineral waters: chemical characteristics and health effects*, Clin Cases Miner Bone Metab. <https://doi:10.11138/ccmbm/2016.13.3.173> .
69. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Ferro*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/FERRO.pdf> (Consultato il 21 marzo 2024)
70. Galaris D., Barbouti A.& Pantopoulos K. (2019), *Iron homeostasis and oxidative stress: An intimate relationship*, Biochimica et Biophysica Acta- Molecular Cell Research, volume 1866, issue 12, <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2019.118535>
71. Ni S., [Yuan Y.](#), [Kuang Y.](#) & Li X. (2022), *Iron Metabolism and Immune Regulation*, Review Article, Frontier in Immunology, volume 13 <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.816282>
72. Ministero della salute, (2016), *Acque potabili – Parametri. Manganese*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/MANGANESE.pdf> (Consultato il 20 gennaio 2024)
73. Chen P., Bornhorst J.B. & Aschner M. (2018), *Manganese metabolism in humans*, Front Biosci, Landmark Ed, <https://doi.org/10.2741/4665>
74. Erikson K.M., Aschner M. (2019), *Manganese: Its Role in Disease and Health*. Met Ions Life Sci, <https://doi:10.1515/9783110527872-016>.
75. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Solfato*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/SOLFATO.pdf> (Consultato il 11 gennaio 2024)
76. WHO (2022), *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda*, WHO, publications, Marzo 2022, <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064> (Consultato il 21 Marzo 2024)

77. National Academies Press. Washington, DC, *Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate (2005)*. Chapter: 7 Sulfate, pp.424-448, <https://nap.nationalacademies.org/read/10925/chapter/9> (Consultato il 19 dicembre 2023)
78. Fishel Bartal M. & Sibai B.M. (2022), *Eclampsia in the 21st century*, Am J Obstet Gynecol <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.09.037>
79. Noda M. & Matsuda T. (2022), *Central regulation of body fluid homeostasis*, Proc Jpn Academy, Series B, 2022, Volume 98, Issue 7, Pages 283-324, <https://doi.org/10.2183/pjab.98.016>
80. Jomova K., Makova M., Alomar S.Y., Alwasel S. H., Nepovimova, E., Kuca, K., Rhodes, C. J., & Valko, M. (2022), *Essential metals in health and disease*, Chem Biol Interact, <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2022.110173>
81. Cappuccio F.P., Campbell N.R.C., He F.J., Jacobson M.F., MacGregor G.A., Antman E., Appel L.J., Arcand J., Blanco-Metzler A., Cook N.R., Guichon J.R, L'Abbè M.R., Lackland D.T., Lang T., McLean R.M., Miglinas M., Mitchell I., Sacks F.M., Sever P.S., Stampfer M., Strazzullo P., Sunman W., Webster J., Whelton P.K. & Willett W. (2022), *Sodium and Health: Old Myths and a Controversy Based on Denial*, Curr Nutr Rep, <https://doi.org/10.1007/s13668-021-00383-z>
82. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Sodio*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/SODIO.pdf> (Consultato il 21 marzo 2024)
83. Robinson A.T., Edwards D.G. & Farquhar W. (2019), *The Influence of Dietary Salt Beyond Blood Pressure*, Curr Hypertens Rep, <https://doi.org/10.1007/s11906-019-0948-5>
84. Crowther C.A., Hiller J.E., Pridmore B., Bryce R., Duggan P., Hague W.M. & Robinson J.S. (1999), *Calcium supplementation in nulliparous women for the prevention of pregnancy-induced hypertension, preeclampsia and preterm birth: an Australian randomized trial*, Aust N Z J Obstet Gynecol, <https://doi.org/10.1111/j.1479-828x.1999.tb03434.x>
85. Méndez-Sánchez L., Clark P., Winzenberg T.M., Tugwell P., Correa-Burrows P. & Costello R. (2023), *Calcium and vitamin D for increasing bone mineral density in premenopausal women*. Cochrane Database Syst Rev. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012664.pub2>
86. Winzenberg T., Shaw K., Fryer J. & Jones G. (2006), *Effects of calcium supplementation on bone density in healthy children: meta-analysis of randomised controlled trials*, BMJ, doi: [10.1136/bmj.38950.561400.55](https://doi.org/10.1136/bmj.38950.561400.55)
87. ARPAT, *Principali parametri delle acque potabili*, ARPAT, Settembre 2022, https://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/acqua/acque-ad-uso-umano/ac_po_parametri.html/ (Consultato il 21 luglio 2023)
88. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Antimonio*, Salute.gov.it,

- <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/ANTIMONIO.pdf> (Consultato il 22 marzo 2024)
89. Chung J.Y., Yu S.D. & Hong Y.S. (2014), *Environmental source of arsenic exposure*. J Prev Med Public Health, doi: [10.3961/jpmp.14.036](https://doi.org/10.3961/jpmp.14.036)
90. Smith A.H. & Steinmaus C.M. (2009), *Health effects of arsenic and chromium in drinking water: recent human findings*, Annual review of public health, volume 30, <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.031308.100143>
91. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Arsenico*, Salute.gov.it, https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/scheda_ARSENICO.pdf (Consultato il 22 marzo 2024)
92. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Cadmio*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/CADMIO.pdf> (Consultato il 22 marzo 2024)
93. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Cromo*, Salute.gov.it, https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/scheda_CROMO.pdf (Consultato il 22 marzo 2024)
94. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Fluoro*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/FLUORURO.pdf> (Consultato il 22 marzo 2024)
95. ARPAT (2021). *La diffusione nell'ambiente del mercurio e suoi composti*. ARPAT, Ottobre 2021, <https://www.arpat.toscana.it/notizie/arpatnews/2021/194-21/la-diffusione-nell-ambiente-del-mercurio-e-suoi-composti>, (Consultato il 12 novembre 2023)
96. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Mercurio*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/MERCURIO.pdf> (Consultato il 22 marzo 2024)
97. WHO (2017), *Mercury and health*, WHO, Marzo 2017, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health> (Consultato il 12 novembre 2023)
98. Genchi G., Carocci A., Lauria G., Sinicropi M.S. & Catalano A. (2020), *Nickel: Human Health and Environmental Toxicology*. Int J Environ Res Public Health. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030679>
99. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Nitrato e Nitrito*, Salute.gov.it, https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/NITRATO_NITRITO.pdf (Consultato il 22 marzo 2024)
100. EFSA, *La valutazione del rischio spiegata dall'EFSA. Nitriti e Nitrati aggiunti agli alimenti*, https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate_publications/files/nitrates-nitrites-170614_it.pdf (Consultato il 14 novembre 2023)

101. Sherris A.R., Baiocchi M., Fendorf S., Luby S.P., Yang W., & Gary M. (2021), *Nitrate in Drinking Water during Pregnancy and Spontaneous Preterm Birth: A Retrospective Within-Mother Analysis in California*. Environ Health Perspect, <https://doi.org/10.1289/EHP8205>
102. Rosen, M.B., Pokhrel L.R. & Weir M.H. (2017), *A discussion about public health, lead and Legionella pneumophila in drinking water supplies in the United States*, Sci Total Environ, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.164>
103. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Piombo*, Salute.gov.it, https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/scheda_PIOMBO.pdf (Consultato il 13 novembre 2023)
104. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Rame*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/RAME.pdf> (Consultato il 15 novembre 2023)
105. Bost M., Houdart S., Oberli M., Kalonji E, Huneau J.F. & Margaritis I. (2016), *Dietary copper and human health: Current evidence and unresolved issue*, J Trace Elem Med Biol, volume 35, pp.107-115, <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.02.006>
106. Tsang T., Davis C.I. & Brady D.C. (2021), *Copper biology*, Curr Biol, volume 31, issue 9, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.03.054>
107. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Selenio*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/SELENIO.pdf> (Consultato il 16 novembre 2023)
108. Zicari G. & Carraro E. (2009), *The selenium (Il selenio)*. Progress in nutrition (Giornale Italiano del Metabolismo e delle Nutrizione), Volume 11, numero 2/2009, <https://sites.google.com/site/zicari73/pubblicazionipublications/pubblicazioni/62-il-selenio>
109. ISSalute, Informarsi conoscere e scegliere (2020), *Selenio*, ISSalute.it, Gennaio 2020, <https://www.issalute.it/index.php/la-salute-dalla-a-alla-z-menu/s/selenio> (Consultato il 17 novembre 2023)
110. Wang P., Chen B., Huang Y., Li J., Cao D., Zeyu C., Li J., Ran B., Yang J., Wang R., Wei Q., Dong Q. & Liu L. (2023), *Selenium intake and multiple health-related outcomes: an umbrella review of meta-analyses*, Front Nutr, <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1263853>
111. Schilz, J.R., Dashner-Titus E.J., Simmons K.A., Erdei E., Bolt A.M., MacKenzie D.A. & Hudson L.G. (2022), *The immunotoxicity of natural and depleted uranium: From cells to people*, Toxicol Appl Pharmacol, volume 454, <https://doi.org/10.1016/j.taap.2022.116252>
112. Ministero della salute (2016), *Acque potabili – Parametri. Vanadio*, Salute.gov.it, <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/VANADIO.pdf> (Consultato il 18 novembre 2023)

113. Treviño S., Dashner-Titus E.J., Simmons K.A., Erdei E., Bolt A.M., MacKenzie D.A. & Hudson L.G. (2019), *Vanadium in Biological Action: Chemical, Pharmacological Aspects, and Metabolic Implications in Diabetes Mellitus*, Biol Trace Elem Res, <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1540-6> (Consultato il 18 novembre 2023)
114. Semiz S. (2022), *Vanadium as potential therapeutic agent for COVID-19: A focus on its antiviral, antiinflammatory, and antihyperglycemic effects*, J Trace Elem Med Biol, <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126887>
115. Gianfredi V., Nucci D., Vannini S., Villarini M. & Moretti M. (2015), *Durezza dell'acqua e patologie cardio-cerebrovascolari: revisione sistematica della letteratura e valutazione meta-analitica*. Sistema Salute, https://www.researchgate.net/publication/299349265_Durezza_dell'acqua_e_patologie_cardio-cerebrovascolari_revisione_sistematica_della_letteratura_e_valutazione_meta-analitica [Water hardness and cardio cerebrovascular diseases systematic review and met](https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126887)
116. National Research Council (2012), *Nutrient Requirements of Swine: Eleventh Revised Edition*, The National Academies Press, Washington, <https://doi.org/10.17226/13298> (Consultato il 19 Novembre 2023)
117. Petracchia, L., Liberati G., Masciullo S.G., Grassi M. & Fraioli A. (2006), *Water, mineral waters and health*, Clinical nutrition, Edinburgh, Scotland, <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2005.10.002>
118. Kamalpriya, V., Mani R., Venkatesh V., Kunhikannan S. & Ganesh V.S, *The Role of Low Mineral Water Consumption in Reducing the Mineral Density of Bones and Teeth: A Narrative Review*, Cureus, DOI: [10.7759/cureus.49119](https://doi.org/10.7759/cureus.49119)
119. Belli, M., Centioli D., de Zorzi P., Sansone U., Capri S., Pagnotta R. & Pettine M. (a cura di), *Metodi analitici per le acque. Volume Primo. Sezione 2000 – Parametri fisici, chimici e chimico-fisici*, cnr.it, https://www.irsas.cnr.it/wp/wp-content/uploads/2022/04/Vol1_Sez_2000_Parametri-chimico-fisici.pdf (Consultato il 22 novembre 2023)
120. Bentivegna K., Waldman R.A. & Grant-Kels J.M. (2021), *Nutrition and Water*, Clinics in Dermatology, <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2021.05.003>
121. Peana, M., Medici S., Dadar M., Zoroddu M.A., Pelucelli A., Chasapis C.T. & Bjørklund G. (2021), *Environmental barium: potential exposure and health-hazards*, Arch Toxicol, <https://doi.org/10.1007/s00204-021-03049-5>
122. Ranjan M., Singh P.K. & Srivastav A.L. (2020), *A review of bismuth-based sorptive materials for the removal of major contaminants from drinking water*, Environmental science and pollution research international, <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05359-9>

123. Gomez C., Hallot G., Laurent S. & Port M. (2021), *Medical Applications of Metallic Bismuth Nanoparticles*, Pharmaceutics, <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13111793>
124. Frost F.J. (2005), *Studies of minerals and cardiac health in selected populations*, in World Health Organisation (a cura di), *Nutrients in drinking water*, Geneva, pp. 101-107, <https://www.who.int/publications/i/item/9241593989> (Consultato il 23 Novembre 2023)
125. Sulaiman S.K., Enakshee J., Traxer O. & Somani B.K. (2020), *Which Type of Water Is Recommended for Patients with Stone Disease (Hard or Soft Water, Tap or Bottled Water): Evidence from a Systematic Review over the Last 3 Decades*, *Curr Urol*, <https://doi.org/10.1007/s11934-020-0968-3>
126. Rylander R. (2014), *Magnesium in drinking water - a case for prevention?*, *Journal of water and health*, <https://doi.org/10.2166/wh.2013.110>
127. Palmer B.F. & Clegg D.J. (2019), *Physiology and Pathophysiology of Potassium Homeostasis: Core Curriculum 2019*, *Am J Kidney Dis*, <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2019.03.427>
128. Ministero della Salute (2016), *Valutazione del rischio e valore guida- Tallio*, [Salute.gov.it, https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/valutaz_TALLIO.pdf](https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/valutaz_TALLIO.pdf) (Consultato il 28 novembre 2023)
129. Campanella B., Colombaioni L., Benedetti E., Di Ciaula A., Ghezzi L., Onor M., D’Orazio M., Giannecchini R., Petrini R. & Bramanti E. (2019), *Toxicity of Thallium at Low Doses: A Review*, *Int J Environ Res Public Health*, <https://doi.org/10.3390/ijerph16234732>
130. Leysens L., Vinck B., Van Der Straeten C., Wuyts F. & Maes L. (2017), *Cobalt toxicity in humans-A review of the potential sources and systemic health effects*, *Toxicology*, <https://doi.org/10.1016/j.tox.2017.05.015>
131. Adeel M., Zain M., Shakoor N., Ahmad M.A., Azeem I., Aziz M.A., Tulcan R.X.S., Rathore A., Tahir M., Horton R., Xu M. & Yukui R. (2023), *Global navigation of Lithium in water bodies and emerging human health crisis*, *Clean Water*, <https://doi.org/10.1038/s41545-023-00238-w>
132. Oskarsson A. & Kippler M. (2023), *Molybdenum – a scoping review for Nordic Nutrition Recommendations 2023*, *Food & Nutrition Research*, <https://doi.org/10.29219/fnr.v67.10326>
133. Borciani G., Ciapetti G., Vitale-Brovarone C. & Baldini N. (2022), *Strontium Functionalization of Biomaterials for Bone Tissue Engineering Purposes: A Biological Point of View*, *Materials*, <https://doi.org/10.3390/ma15051724>
134. WHO (2010), *Strontium and strontium compounds*, World Health Organization, <https://iris.who.int/handle/10665/44280> (Consultato il 7 dicembre 2023) 103
135. Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea (2006), *REGOLAMENTO (CE) N. 1881/2006 DELLA COMMISSIONE del 19 dicembre 2006 che definisce i tenori massimi di alcuni*

- contaminanti nei prodotti alimentari*, Gazzetta Ufficiale, Dicembre 2006, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&from=ES>
136. Valeriani F., Crognale S., Protano C., Gianfranceschi G., Orsini M., Vitali M., & Spica V.R. (2018), *Metagenomic analysis of bacterial community in a travertine depositing hot spring*, *The new microbiologica*
137. Valeriani F., Protano C., Gianfranceschi G., Leoni E., Galasso V., N. Mucci, Vitali M., & Spica V.R. (2018), *Microflora Thermarum Atlas project: biodiversity in thermal spring waters and natural SPA pools*, *Water Science & Technology: Water Supply*, <https://doi.org/10.2166/ws.2017.215>
138. Boers S.A, Jansen R. & Hays J.P. (2019), *Understanding and overcoming the pitfalls and biases of next-generation sequencing (NGS) methods for use in the routine clinical microbiological diagnostic laboratory*, *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, [doi: 10.1007/s10096-019-03520-3](https://doi.org/10.1007/s10096-019-03520-3)
139. Belli, M., Centioli D., de Zorzi P., Sansone U., Capri S., Pagnotta R. & Pettine M. (a cura di) (2004), *Metodi analitici per le acque. Volume secondo. Sezione 4000 - Inorganici non metallici.* pag 32/128, [cnr.it, https://www.irsas.cnr.it/wp/wp-content/uploads/2022/04/Vol2_Sez_4000_InorganiciNonMetallici.pdf](https://www.irsas.cnr.it/wp/wp-content/uploads/2022/04/Vol2_Sez_4000_InorganiciNonMetallici.pdf) (Consultato il 15 dicembre 2023)
140. Belli, M., Centioli D., de Zorzi P., Sansone U., Capri S., Pagnotta R. & Pettine M. (a cura di) (2004), *Metodi analitici per le acque. Volume primo. Sezione 1000- Parte generale.* Pag 60/128, [cnr.it, https://www.irsas.cnr.it/wp/wp-content/uploads/2022/04/Vol1_Sez_1000_Indice_ParteGenerale.pdf](https://www.irsas.cnr.it/wp/wp-content/uploads/2022/04/Vol1_Sez_1000_Indice_ParteGenerale.pdf) (Consultato il 18 dicembre 2023)
141. Chebotarev I. (1955), *Metamorphism of Natural Waters in the Crust of Weathering*, *Geochimica et Cosmochimica Acta*
142. Schoeller H. (1935), *Utilité de la notion des échanges de bases pour la comparaison des eaux souterraines*, *Bull. Soc. Geol*,
143. Schoeller H. (1962), *Les eaux souterraines*, Massonet cie
144. Celico P. (2003), *Elementi di idrogeologia*, Liguri Editore, Napoli
145. Istat, *Popolazione residente al 1° gennaio Italia, regioni e provincie. Tutti i comuni*, *Statistiche Istat*, <http://dati.istat.it/index.aspx?queryid=19101> (Consultato il 10 gennaio 2024)
146. Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio (a cura di) (2024), *Aritzo*, *Sardegna turismo* <https://www.sardegnaturismo.it/it/esplora/aritzo> (Consultato il 28 febbraio 2024)
147. *Ecomuseo della Montagna sarda*, <https://www.sardegnaturismo.it/it/esplora/ecomuseo-della-montagna-sarda> (Consultato il 29 febbraio 2024)
148. Paba G. (1997), *Guida di Aritzo e delle sue montagne*, Si.Me, Cagliari.

149. Comune di Atzara (2021), *Archeologia e storia*, Novembre 2021, <https://comune.atzara.nu.it/contenuti/644127/archeologia-storia> (Consultato il 27 febbraio 2024)
150. Comune di Atzara (2021), *Atzara, uno dei Borghi più belli d'Italia*, Novembre 2021, <https://comune.atzara.nu.it/contenuti/642469/atzara-borghi-piu-belli-d-italia> (Consultato il 5 marzo 2024)
151. Comune di Atzara (2021), *Il paese*, Novembre 2021, <https://comune.atzara.nu.it/contenuti/642468/paese> (Consultato il 18 gennaio 2024)
152. Distretto Culturale Del Nuorese. Atene Della Sardegna, *Atzara*, <https://www.distrettoculturaledelnuorese.it/it/attrattori/Paesi/paese/Atzara-00004/> (Consultato il 19 gennaio 2024)
153. Le chiese delle diocesi italiane. Chiese e Parrocchie italiane (2011), *Chiesa di Sant'Antioco Martire Atzara*, Novembre 2021, https://chieseitaliane.chiesacattolica.it/chieseitaliane/AccessoEsterno.do?mode=guest&code=83659&Chiesa_Sant%27Antioco_Martire (Consultato il 20 gennaio 2024)
154. Touring Club Italiano, *Sardegna, Gavoi, Comune certificato bandiera arancione*, <https://www.touringclub.it/destinazioni/gavoi> (Consultato il 20 gennaio 2024)
155. Touring Club Italiano, *Bandiere Arancioni*, <https://www.touringclub.it/cosa-facciamo/bandiere-arancioni> (Consultato il 21 gennaio 2024)
156. Distretto Culturale Del Nuorese - Atene Della Sardegna, *Gavoi*, <https://www.distrettoculturaledelnuorese.it/it/attrattori/Paesi/paese/Gavoi-00005/> (Consultato il 22 gennaio 2024)
157. Sardegna turismo, Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio (a cura di), *Chiesa campestre Nostra Signora d'Itria Gavoi*, <https://www.sardegnaturismo.it/it/esplora/nostra-signora-ditria-gavoi> (Consultato il 23 gennaio 2024)
158. Sardegna turismo, Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio (a cura di), *Paese Gavoi*, <https://www.sardegnaturismo.it/it/esplora/gavoi> (Consultato il 23 gennaio 2024)
159. Provincia di Nuoro, *Comune di Lodine*, <https://provincia.nuoro.it/index.php/ente/enti/31> (Consultato il 24 gennaio 2024)
160. Comune di Lodine, *Presentazione e Storia di Lodine*, <https://comune.lodine.nu.it/it/sezione/cultura-e-turismo/page/presentazione-e-storia-di-lodine> (Consultato il 25 gennaio 2024)
161. Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio (a cura di), *Paese Lodine*, Sardegna turismo, <https://www.sardegnaturismo.it/it/esplora/lodine> (Consultato il 26 gennaio 2024)
162. Sardegna sentieri (2023), *Lodine, Puddis. Un balcone panoramico sul lago*, Luglio 2023, <https://www.sardegnasentieri.it/index.php/node/1133> (Consultato il 28 gennaio 2024)

163. Ballore R. (a cura di), *IL PAESE. Storia, patrimonio architettonico e archeologico, corsi d'acqua e fontane, la lingua*, https://www.mamoiada.org/_pdf/_paeseterr/Paese%20e%20territorio.pdf (Consultato il 28 febbraio 2024)
164. Sardegna turismo, Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio (a cura di), *Paese. Mamoiada*, <https://www.sardegnaturismo.it/it/esplora/mamoiada> (Consultato il 29 gennaio 2024)
165. Sardegna turismo, Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio (a cura di), Scoprire la cultura, *Perdas fittas tra terra e cielo*, <https://www.sardegnaturismo.it/it/perdas-fittas-tra-terra-e-cielo> (Consultato il 30 gennaio 2024)
166. Sardegna turismo, Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio (a cura di), *Paese, Ovodda*, <https://www.sardegnaturismo.it/it/esplora/ovodda> (Consultato il 2 febbraio 2024)
167. BIM Taloro (2020), *Ovodda*, Bimtaloro.it, Ottobre 2020, <https://www.bimtaloro.it/territorio/i-comuni/ovodda/> (Consultato il 3 febbraio 2024)
168. Wikiloc, *I migliori percorsi in Ovodda, Sardegna (Italia)*, <https://it.wikiloc.com/percorsi/outdoor/italia/sardegna/ovodda> (Consultato il 4 febbraio 2024)
169. Sardegna turismo, Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio (a cura di), *Paese, Tiana*, <https://www.sardegnaturismo.it/it/esplora/tiana> (Consultato il 5 febbraio 2024)
170. Distretto Culturale Del Nuorese. Atene Della Sardegna, *Tiana*, <https://www.distrettoculturaledelnuorese.it/it/attrattori/Paesi/paese/TIANA/> (Consultato il 5 febbraio 2024)
171. Melis, L. (a cura di), *Tiana_Corzos*, BIM Taloro, <https://www.bimtaloro.it/territorio/i-comuni/tiana/corzos/> (Consultato il 5 febbraio 2024)
172. Sardegna turismo, Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio (a cura di), *Paese. Tonara*. <https://www.sardegnaturismo.it/it/esplora/tonara> (Consultato il 6 febbraio 2024)
173. Di Rosa M. (2020), *Tonara*, BIM Taloro, Gennaio 2020, <https://www.bimtaloro.it/territorio/i-comuni/tonara/> (Consultato il 6 febbraio 2024)
174. Comune di Tonara, Itinerari storico-culturali nel paese di Tonara, Documenti allegati, Opuscolo informativo, *Tonara. Storie, memorie e tradizioni*, <https://www.comunetonara.it/docs/cultura/54/opuscolo.pdf> (Consultato il 6 febbraio 2024)
175. Comune di Sorgono, *Storia del comune*. <https://www.comune.sorgono.nu.it/sorgono/zf/storia-comune> (Consultato il 8 febbraio 2024)
176. Sardegna turismo, Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio (a cura di), *Paese. Sorgono*, <https://www.sardegnaturismo.it/it/esplora/sorgono> (Consultato il 9 febbraio 2024)

177. Sardegna turismo, Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio (a cura di), *Chiesa campestre_San Mauro*, <https://www.sardegnaturismo.it/it/esplora/san-mauro> (Consultato il 9 febbraio 2024)
178. I Toponimi, https://www.mamoiada.org/_pdf/_paeseterr/Toponimi.pdf (Consultato il 10 febbraio 2024)
179. Orlandi M. (2013), *Didattica e turismo 2.0. Nuove tecnologie per la divulgazione del patrimonio culturale*, Storia e Futuro, <http://storiaefuturo.eu/didattica-e-turismo-2-0-nuove-tecnologie-per-la-divulgazione-del-patrimonio-culturale/>
180. Di Blasi E., Arangio A. & Graziano T. (a cura di) (2013) , *Percorsi creativi di turismo urbano. I Foodies turisti per gusto nella città multi-etnica*, Patron, Bologna, ISBN/EAN: 9788855532440
181. Innocenti P. (2004), *Geografia del turismo*, Carocci, Roma.
182. Touring Club Italiano (2018), *Che cosa mangiare a Gavoi*, Giugno 2018, <https://www.touringclub.it/notizie/bandiere-arancioni/che-cosa-mangiare-gavoi> (Consultato il 27 aprile 2024)
183. Mariotti G., Sechi M., Camerada M.V. & Carrus S. (2018), *Risorse e servizi di qualità come strumento di competitività turistica. Analisi della performance regionale: un focus sulla Sardegna*, In M. Sechi (a cura di), *Antropizzazione, turismo e innovazione tecnologica, Un approccio multiscalare per l'analisi dello sviluppo sostenibile e intelligente del territorio*, Geotema, Patron. Bologna. ISSN 1126-7798
184. Sardegna cultura (2024), *Carnevale di Mamoiada*, Febbraio 2024, <https://www.sardegna-cultura.it/articolo/carnevale-di-mamoiada> (Consultato il 7 maggio 2024)
185. Cuore della Sardegna, *Il pane di Ovodda. Alla scoperta di una tradizione antica ed intramontabile*, cuoredeillasardegna.it, <https://www.cuoredellasardegna.it/notizie/notizia/Il-pane-di-Ovodda.-Alla-scoperta-di-una-tradizione-antica-e-intramontabile/> (Consultato il 7 maggio 2024)
186. Sardegna Sentieri (2023), *Ovodda, Mihinari, arrivo itinerario del GAL BMG*, sardegnasentieri.it, Luglio 2023, <https://www.sardegnasentieri.it/node/1150> (Consultato il 7 maggio 2024)
187. Cara M. (2022), *Itinerari del GAL*, GAL BMG-Barbagia Mandrolisai Gennargentu https://www.galbm.it/wp-content/uploads/2022/10/ITINERARI-GAL-BMG_ITALIANO-1.pdf (Consultato il 7 maggio 2024)
188. Idese, *Aritzo, Parco Pastissu*, <https://idese.cultura.gov.it/place/parco-pastissu/> (Consultato il 9 maggio 2024)
189. Idese, *Aritzo, Casa Devilla*, <https://idese.cultura.gov.it/place/casa-devilla/> (Consultato il 26 aprile 2024)

190. Vis Viaggio in Sardegna (2024), *Canyoning a Tonara. La piccola forra di Pitzirimasa*, Maggio 2024, <https://www.viaggiainsardegna.net/canyoning-tonara/> (Consultato il 9 maggio 2024)
191. Sardegna Turismo, Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio (a cura di), *Le strade del torrone*, <https://www.sardegnaturismo.it/it/itinerari/le-strade-del-torrone> (Consultato il 9 maggio 2024)
192. I Borghi più belli d'Italia, *Atzara, vino e arte*, <https://borghipiubelliditalia.it/borgo/atzara/#1480500702624-656ec4d5-e413> (Consultato il 26 aprile 2024)
193. Sau F., La Croce P., Marras N. & Sau I. (a cura di) (2021), *Sentiero Naturalistico "Is Camminos de Is Bingias" – Le Vie dei Vigneti*, in *Guida al territorio itinerari naturalistici G.A.L. Barbagie e Mandrolisai*, Novembre 2021, <https://old-atzara.mycity.it/contenuti/642498/sentiero-naturalistico-is-camminos-de-bingias-vie> (Consultato il 26 aprile 2024)
194. Nisi B., Vaselli O., Buccianti A., Minissale A., Delgado Huertas A., Tassi F. & Montegrossi G. (a cura di), *Indagine geochimica ed isotopica nelle acque superficiali della valle dell'Arno, Geochimica delle acque di scorrimento superficiale*, Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00002500/2581-memdes-79-capitolo1.pdf> (Consultato il 16 febbraio 2024)
195. Sardegna mappe (2019), Tematismi: *Carta litologica della Sardegna 1:25000; Carta della permeabilità dei substrati della Sardegna 1:25000*, Sardegna geoportale, <https://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=mappetematiche> (Consultato il 17 febbraio 2024)
196. Bucher K. & Stober I. (2010), *Fluids in the upper continental crust*, *Geofluids*, <https://doi.org/10.1111/j.1468-8123.2010.00279.x>
197. Censimenti permanenti. Popolazione e abitazioni (2023). *Il censimento permanente della popolazione della Sardegna. Anno 2021*. Istat.it, Settembre 2023, https://www.istat.it/it/files/2023/09/Sardegna_Focus2021_Censimento-permanente.pdf (Consultato il 13 febbraio 2024)
198. Sardegna impresa (a cura di) (2023), *Focus di approfondimento. Scenari di mercato dei principali settori economici in Sardegna. Il comparto turistico, anno 2022*, <https://www.sardegnaimpresa.eu/sites/default/files/upload/2023/06/FOCUS%20TURISMO%202022.pdf> (Consultato il 12 febbraio 2024)
199. Dallari F. (2007), *Distretti turistici tra sviluppo locale e cooperazione interregionale*, In Bencardino F., Presioso M., *Geografia del Turismo*, McGrawHill. Milano.