



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in **Ingegneria Civile e Ambientale**

Confronto tra metodologie di misura della portata di corsi d'acqua in relazione a scenari di rischio idrogeologico. Analisi dell'applicabilità delle differenti metodologie durante la siccità idrologica dell'anno 2022.

Comparison between methods of measuring the flow rate of watercourses in relation to hydrogeological risk scenarios. Analysis of the applicability of the different methodologies during the hydrological drought of the year 2022.

Relatore: Chia.mo
Prof. **Tazioli Alberto**

Tesi di Laurea di:
Seri Nicola

Correlatore:
Dott. **Fronzi Davide**

A.A. 2021 / 2022

SOMMARIO

1.INTRODUZIONE.....	4
2. MATERIALI E METODI.....	8
2.1 AREA DI STUDIO.....	8
2.1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	9
2.1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	13
2.1.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	19
ALTIMETRIA.....	19
ACCLIVITA'.....	20
FORME DEL TERRITORIO DI INFLUENZA STRUTTURALE..	20
2.1.4 INQUADRAMENTO IDROLOGICO-IDROGEOLOGICO.....	22
2.2 ATTIVITA' DI CAMPO.....	23
2.2.1 UTILIZZO DEI TRACCIANTI.....	23
PROCEDIMENTO.....	27
2.2.2 MULINELLO IDROMETRICO.....	31
PROCEDIMENTO.....	34
2.3 ELABORAZIONE E TRATTAMENTO DEI DATI IDROLOGICI.....	36
3.RISULTATI.....	41
3.1 VALLEMIANO 02/03/2022.....	42
3.1.1 MISURE DI PORTATA CON IL TRACCIANTE NaCl.....	42
3.1.2 MISURE DI PORTATA CON IL MULINELLO IDROMETRICO..	45
3.2 VALLEMIANO 27/05/2022.....	46
3.2.1 MISURE DI PORTATA CON IL TRACCIANTE NaCl.....	46
3.2.2 MISURE DI PORTATA CON IL MULINELLO IDROMETRICO..	49

3.3 SCARICALASINO 27/05/2022	50
3.3.1 MISURE DI PORTATA CON IL TRACCIANTE NaCl.....	50
3.3.2 MISURE DI PORTATA CON IL MULINELLO IDROMETRICO .	53
3.4 RISULTATI FINALI	54
4.DISCUSSIONE	55
5. CONCLUSIONI	58
BIBLIOGRAFIA	60
SITOGRAFIA	62

1.INTRODUZIONE

Il presente lavoro di tesi si è focalizzato nelle aree del bacino del fiume Aspio (in particolare l'affluente rio Scaricalasino) e lungo il torrente Miano, situati entrambi in provincia di Ancona, nella regione Marche. In queste aree sono state eseguite una serie di misure in campagna e di successive elaborazioni aventi come scopo l'approfondimento delle conoscenze relative al fenomeno siccità nel nostro territorio.

La siccità si definisce come un fenomeno naturale caratterizzato da un decremento dell'acqua disponibile in un particolare periodo e per una particolare zona; perciò, possono essere interessate anche zone non aride, se le precipitazioni fossero inferiori ai valori di norma registrati. È possibile misurare questo fenomeno tramite un indice statistico, chiamato SPI (Standard Precipitation Index) che, considerando serie storiche di dati pluviometrici mensili, valuta la differenza tra il valore registrato e il valore atteso; il medesimo può essere inoltre standardizzato per comparare gli stessi dati di due località geograficamente diverse. (Di Lena, et al., 2022)

L'Italia e l'Europa intera nel 2022 sono state colpite da un'importante crisi idrica che ha causato danni sia idrogeologici e ambientali, quali il prosciugamento totale o parziale di corsi d'acqua e falde sotterranee di alimentazione, sia economici e sociali, quali la siccità agricola e la conseguente perdita dei raccolti, con una ricaduta negativa nell'ambito lavorativo.

Secondo i dati Istat del 2019 in Italia le acque sotterranee sono la più grande risorsa idrica di acqua potabile: difatti, esse garantiscono l'84% del fabbisogno idropotabile nazionale. Detto ciò, è sempre più frequente la costruzione di bacini idrici artificiali nelle zone in cui i bacini di immagazzinamento naturale scarseggiano: i primi però sono più soggetti a crisi idriche e siccità, come accaduto nel corso del 2022. (Rusi, et al., 2022)

In particolare, i notevoli cambiamenti climatici degli ultimi anni hanno segnato profondamente i piccoli torrenti dell'area in analisi, molti dei quali sono

stati prosciugati e si ricreano solo in concomitanza di importanti eventi meteorologici come accaduto al torrente del Betelico. Questa conseguenza può essere riscontrata non solo nei fiumi, ma anche nelle falde ad essi collegate, in cui il livello di profondità misurato nei pozzi piezometrici è notevolmente diminuito soprattutto nell'ultimo periodo a causa della diminuzione delle precipitazioni che in qualche caso ha coinciso per un certo periodo anche con una mancanza assoluta di piogge. Infatti, i dati raccolti dai vari sensori posizionati nei pozzi e nei fiumi monitorati costantemente segnano un netto peggioramento della situazione idrologica. La competenza per il monitoraggio dei corsi d'acqua e degli eventi meteorici è della Protezione Civile, compito che territorialmente viene svolto dalla sezione della regione Marche. Tramite molteplici progetti, anche l'Università Politecnica delle Marche ha monitorato numerosi corsi d'acqua sia della provincia di Ancona che di altri territori regionali, con l'obiettivo di creare una banca dati consultabile e avere un quadro idrogeologico completo delle zone studiate.

Dunque, le misure di portata e il continuo monitoraggio diventano di notevole importanza al fine di garantire una raccolta di dati annuali che mostrino l'andamento nel tempo della portata e le variazioni che i corsi d'acqua subiscono in relazione ai cambiamenti climatici odierni.

Per portata di un corso d'acqua o di una sorgente si intende il volume d'acqua che passa nell'unità di tempo in una determinata sezione; l'unità di misura a cui si riferisce sono metri cubi al secondo (m^3/s) o litri al secondo (l/s). Essa viene misurata in sezioni regolari di alvei e canali naturali o artificiali con precise strumentazioni.

Tra i tanti fattori la portata è influenzata dagli eventi meteorologici: se molto intensi, essi spesso hanno inevitabilmente causato danni tramite esondazioni degli stessi fiumi, colpendo i territori che attraversano e la loro popolazione. In particolare, ciò è accaduto anche per i fiumi in questione, nonostante le loro dimensioni siano modeste: per questo sono già stati attrezzati in passato dall'Università Politecnica delle Marche con lo scopo di avere informazioni di tipo geologico e idrogeologico.

L'obiettivo del seguente studio è il confronto tra metodologie di misura della portata di corsi d'acqua in relazione a scenari di rischio idrogeologico, con riferimento all'applicabilità delle diverse metodologie con riferimento alla siccità idrologica dell'anno 2022. In particolare, si analizzano le portate tramite due metodi: utilizzo di traccianti artificiali immessi in alveo e utilizzo del mulinello idrometrico ad induzione. Il primo metodo consiste nel misurare in continuo la conducibilità elettrica di un corso d'acqua dopo l'inserimento di una determinata concentrazione di tracciante elettrolitico; da qui poi è possibile calcolare la portata e paragonarla a quella trovata dal mulinello idrometrico, mediante l'applicazione di un semplice bilancio di massa. Il mulinello è un sensore applicato su un bastone verticale in acciaio al di sopra del quale è collegato un palmare: la misurazione si fa dividendo la sezione scelta in verticali e calcolando una media delle portate di ogni verticale. La mancanza di acqua è un problema che porta alla luce alcune limitazioni di questi metodi, quali la necessità di un determinato quantitativo di portata minima per acquisire dei dati o una taratura sbagliata della strumentazione; ciò può significare che anche la strumentazione utilizzata per il monitoraggio continuo non sempre riesce a far fronte a cambiamenti climatici così importanti.

I bacini idrografici in esame sono quelli del torrente Miano, che si trova nel comune di Ancona e copre un'area di 5 km², e del fiume Aspio, compreso principalmente nei comuni di Ancona e Osimo e nel parco naturalistico del Monte Conero, per una superficie totale di 85 km². In questo studio si prenderà in considerazione in particolare l'affluente rio Scaricalasino, localizzato nel comune di Osimo (AN), e il torrente Miano, localizzato interamente nel comune di Ancona. In entrambi tra marzo e giugno 2022 sono state condotte delle prove di misura di portata tramite l'utilizzo di traccianti e il mulinello idrometrico con conseguente raccolta e studio dei dati.

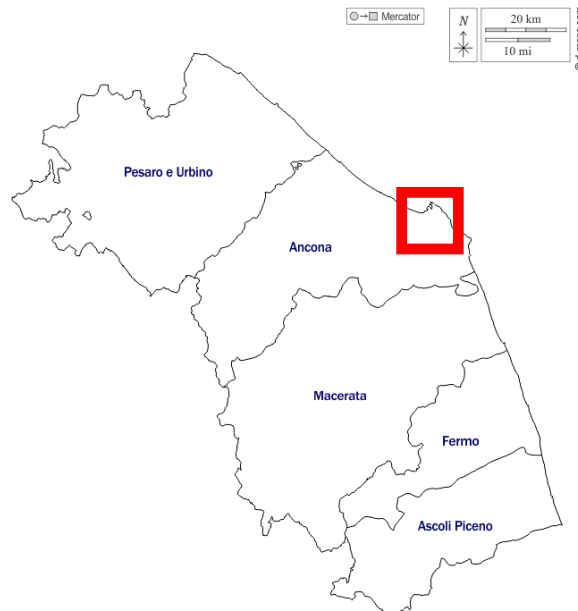
L'elaborato è strutturato in tre capitoli: nella prima parte del primo capitolo si inquadra l'area di studio da un punto di vista geografico, geologico, geomorfologico, idrologico-idrogeologico; la seconda parte invece presenta la descrizione dell'attività di campo svolta e di entrambi i metodi di misurazione adottati, l'utilizzo del tracciante e il mulinello idrometrico ad induzione; infine,

si riporta l'elaborazione e il trattamento di dati idrologici delle stazioni pluviometriche poste nell'area d'interesse. Nel secondo capitolo si descrivono i risultati delle prove effettuate con entrambi i metodi nell'arco del 2022 (marzo-giugno); si prosegue nel terzo capitolo con le discussioni dei risultati, analizzandone gli aspetti positivi e le criticità, anche in relazione all'eccezionale evento di siccità idrologica avvenuto nel 2022.

2. MATERIALI E METODI

2.1 AREA DI STUDIO

L'area presa in esame può essere individuata nell'Italia centro-orientale, all'interno della regione Marche (*Figura 2.1.1*). Essa si sviluppa interamente nella provincia di Ancona: in particolare si considerano il torrente Miano che attraversa la città stessa e solo una parte di bacino del fiume Aspio (affluente rio Scaricalasino).



*Fig. 2.1.1 Inquadramento geografico dell'area nella Regione Marche
(www.d-maps.com)*

Di seguito si individuano le caratteristiche principali dell'area esaminata secondo gli aspetti geografico, geologico, geomorfologico, idrologico-idrogeologico.

2.1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il torrente Miano si sviluppa interamente nel territorio della città di Ancona (Figura 2.1.1.1): nasce tra le località di Monte Baldino e Monte della Nave, si estende in direzione SE-NO per una lunghezza di 6 km e una larghezza massima di circa 2 km, occupando un'area di circa 5 km² dalla località di Pietralacroce fino alla zona del porto di Ancona. Partendo da SE verso NO, sulla destra idrografica del fiume si trovano i monti Nave, Carlin e Venanzio, raggiungendo a valle il Monte Marino in corrispondenza della Cittadella di Ancona. Sulla sinistra idrografica invece si trova il Monte Baldino; proseguendo per la strada del Castellano si hanno le località Villa Romana, Le Grazie e Pian di San Lazzaro, dove il fiume si interra e si divide in due rami: il primo prosegue in modo rettilineo per poi sfociare nel porto di Ancona, il secondo attraversa tutto il bacino idrografico destro per sfociare nei pressi del Parco del Cardeto. (Crocetti, 2021)

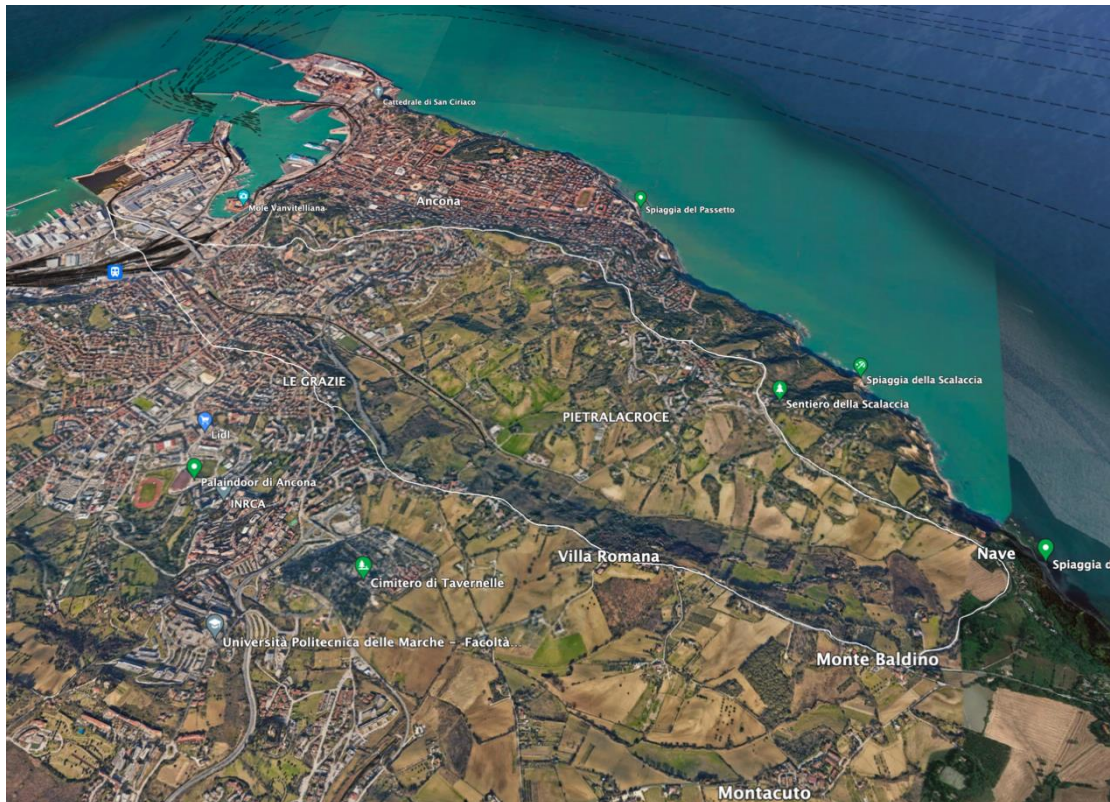


Figura 2.1.1.1 Bacino del torrente Miano (modificata su Google Earth Pro)

Il torrente è stato canalizzato sotto la città di Ancona dopo che negli anni '60 un importante evento meteorologico ha portato all'esonazione del corso d'acqua colpendo le case nei dintorni e facendo anche alcune vittime.

Di seguito, oltre che alla rappresentazione del bacino viene riportata la possibile biforcazione sotterranea fino alle due foci (*Figura 2.1.1.2*).



Figura 2.1.1.2 Rappresentazione del possibile percorso sotterraneo del torrente Miano dal punto in cui si interra (Punto 1) fino ad arrivare alle due foci, una nei pressi del Parco del Cardeto (Punto 2), una nel porto di Ancona (Punto 3) (modificata su Google Earth Pro)

Il bacino del fiume Aspio si sviluppa invece nella provincia di Ancona: nasce alla confluenza dei fossi di Offagna, Polverigi e Gallignano per poi raccogliere le sue acque attraversando le località di Ancona, del Monte Conero e di Osimo.

Il torrente ha come affluenti principali il Rio Marganetto a sinistra e il Rio Scaricalasino a destra; inoltre è esso stesso affluente del fiume Musone. (*Figura 2.1.1.3*) (Marianetti, 2021)

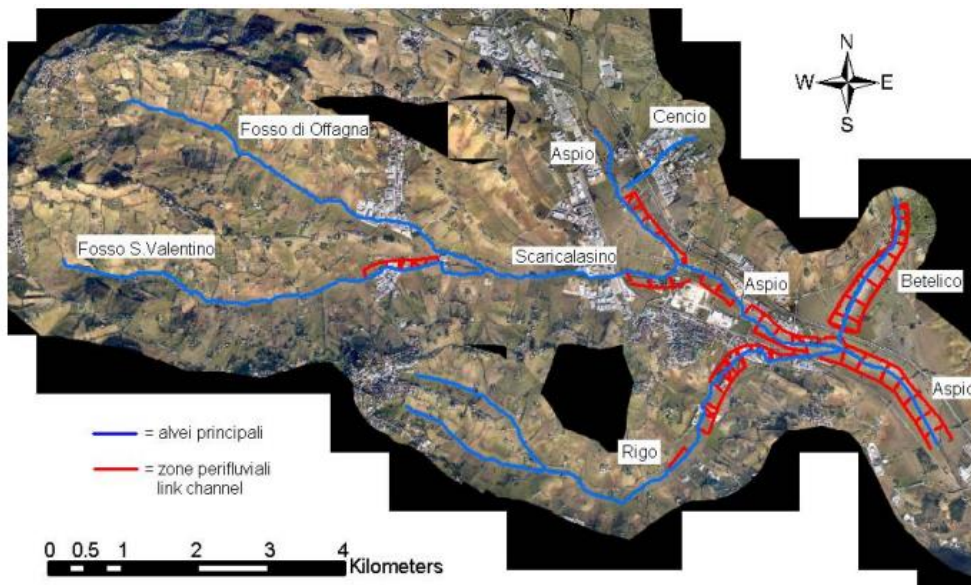


Figura 2.1.1.3 Bacino idrografico del fiume Aspio (www.regione.marche.it)

Quest'ultimo bacino è situato nella zona che comprende il rilievo del Monte Conero il quale si trova all'interno dell'omonimo parco naturalistico e si può suddividere in tre diverse zone da un punto di vista geografico (Figura 2.1.1.4): la prima zona è costituita dal margine orientale dell'area dove si trova la fascia costiera; la seconda zona, individuata ad ovest della precedente, presenta affioramenti di depositi pelitico-arenacei e marnosi di età mio-pliocenica; la terza zona si individua nel Monte Conero stesso, costituito dall'affioramento di rocce più resistenti all'erosione e da un reticolo di faglie e fratture che hanno creato la valle sottostante. (Coltorti, et al.)

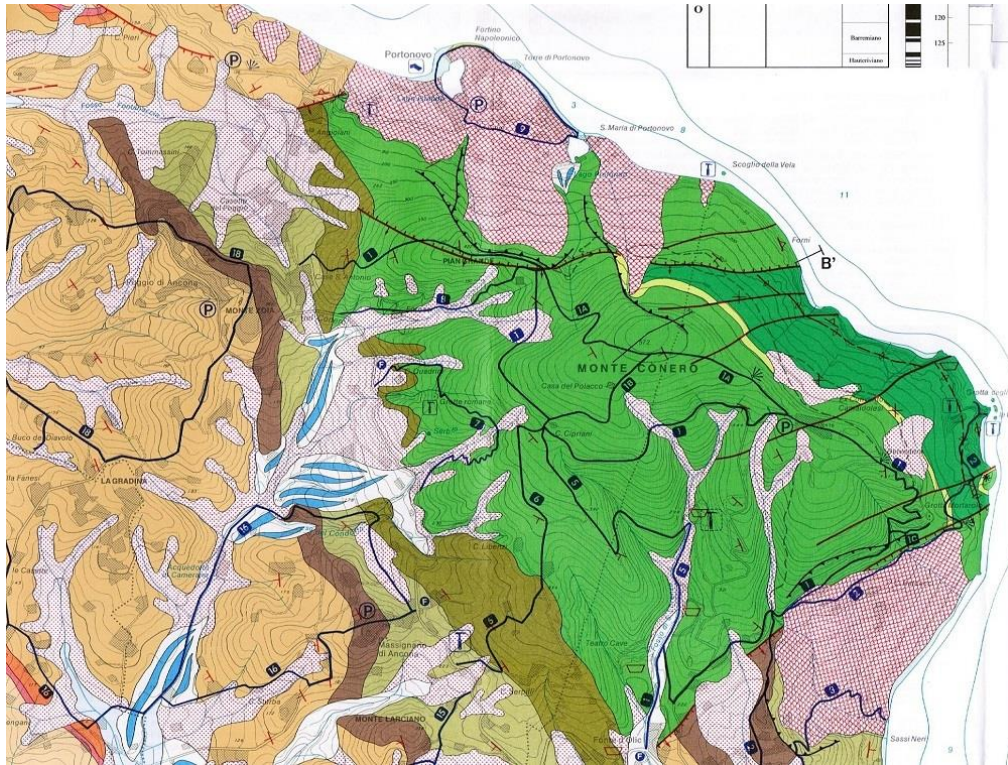


Figura 2.1.1.4 Carta geologica del Parco Naturalistico del Monte Conero
(www.stella-alpina-com)

2.1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Da un punto di vista geologico, l'età del pianeta Terra si scandisce secondo ere geologiche, periodi di tempo di centinaia di milioni di anni che si esplicano tramite successive sedimentazioni e stratificazioni di materiale roccioso (Figura 2.1.2.1).

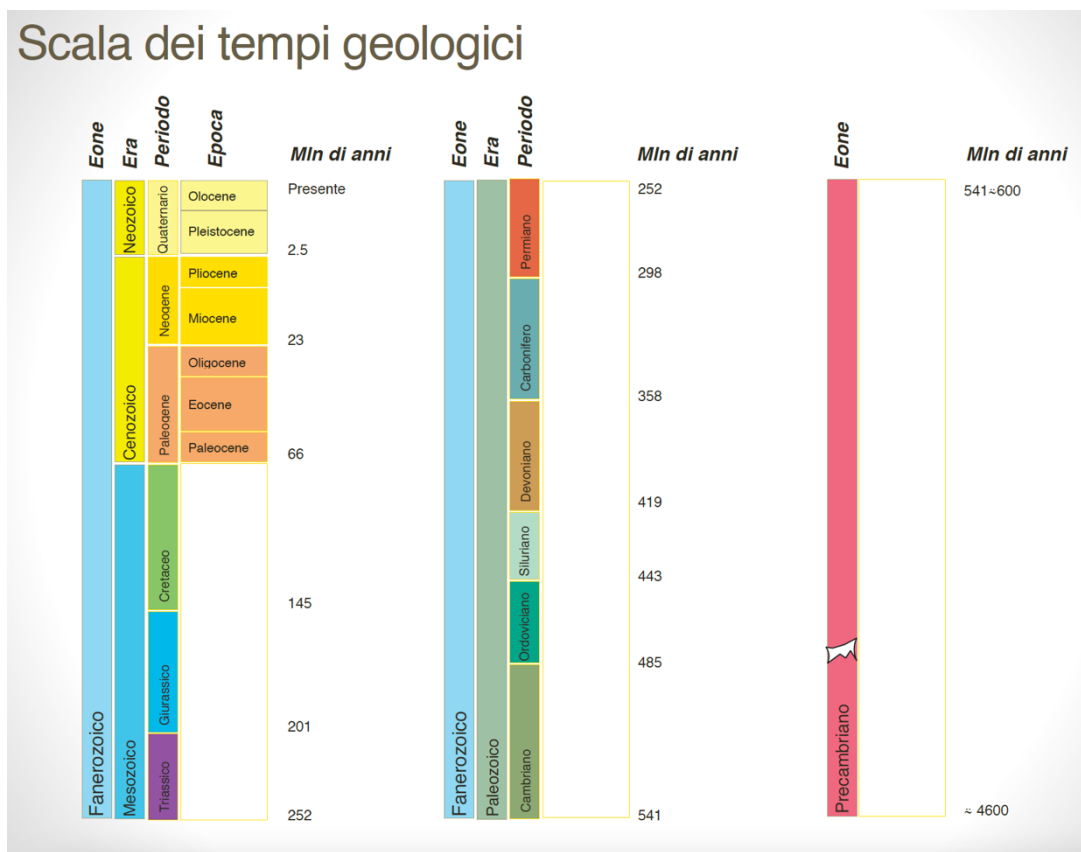


Figura 2.1.2.1 Scala dei tempi geologici (Tazioli, 2019, slides)

Essendo situati nella regione Marche, le aree del Monte Conero, del bacino del fiume Aspio e del torrente Miano sono parte della successione Umbro-Marchigiana, la cui formazione inizia nel Triassico medio-superiore e termina nel Quaternario, nell'epoca del Pleistocene (ere mesozoico-cenozoico/neozoico) (Figura 2.1.2.2).

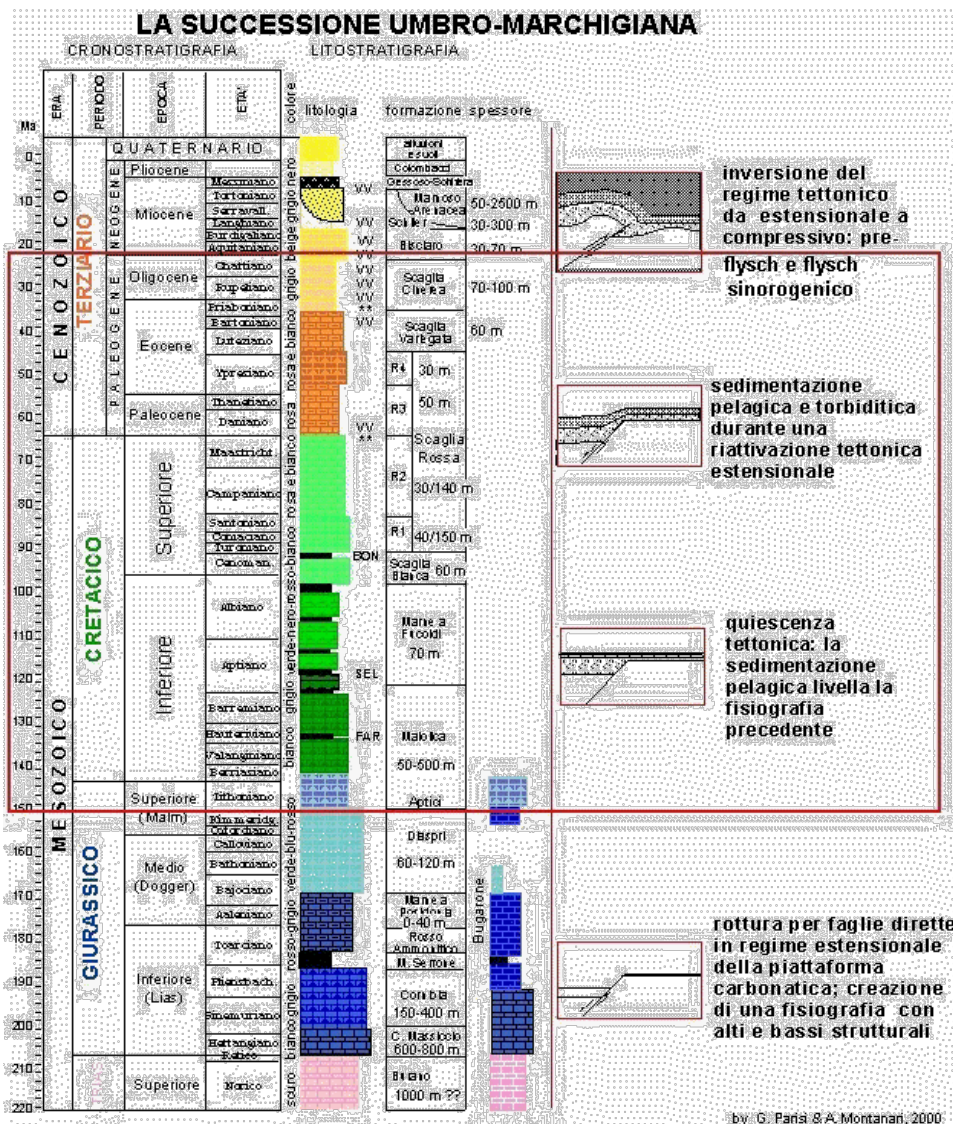


Figura 2.1.2.2 Successione Umbro-Marchigiana (www.didalms.it)

Nel Trias medio-superiore avviene la deposizione delle Anidridi di Burano all'interno di una piattaforma carbonatica dovuta ad un ambiente marino con acque basse dove si depone il Calcare massiccio fino al Lias inferiore.

Successivamente si assiste all'annegamento della piattaforma stessa, dovuto ad attività tettoniche che sono da ricollegare all'apertura dell'oceano ligure: si crea così il bacino umbro-marchigiano.

Nel Cretaceo avviene la sostituzione della sedimentazione carbonatica con una argillosa (*Marne a Fucoidi*) e allo stesso tempo si formano dorsali e depressioni nella Tetide con l'inizio della chiusura dell'oceano ligure. (Calamita, et al., 1986)

Nell'Oligocene ha inizio la formazione della catena appenninica: nel Miocene si forma il bacino umbro, la più antica avanfossa del dominio costituita da depressioni e dorsali bordate da faglie sinsedimentarie. Il bacino marchigiano interno invece si sviluppa con una serie di "bacini minori", colmati da torbiditi di provenienza occidentale: in questi si forma un ambiente lago-mare durante il Messiniano superiore.

Nel Pliocene si ha un nuovo ciclo di sedimentazione nel bacino periadriatico con la sovrapposizione delle argille di ambiente batiale sulle *Argille a Colombacci* messiniane. La catena si estende definitivamente su tutta l'area e si depositano le successioni sedimentarie marine, che dividono la zona in tre aree con diverse sequenze (settentrionale, centrale e meridionale). La morfologia dei bacini è controllata da un'attività tettonica compressiva, che sfrutta i materiali torbidici come riempimento di canali strutturali soprattutto nella depressione meridionale, mentre le aree settentrionale e centrale si sono innalzate e hanno acque meno profonde. I movimenti verticali si sviluppano nel Pleistocene glaciale, soprattutto nella zona meridionale. (Calamita, et al., 1986)

In particolare, il Monte Conero presenta una stratigrafia corrispondente a quella della successione Umbro-Marchigiana ed è così composta: Maiolica, Marne a Fucoidi, Scaglia Bianca (Cretaceo), Scaglia Rossa (Eocene), Scaglia Cinerea (Oligocene), Bisciario e Schlier (Miocene), litologie marnoso-arenacee e argillose (Pliocene e Pleistocene inferiore). (Aringoli, et al., 2014)

Si riporta di seguito la descrizione delle varie rocce che compongono la serie:

- Anidridi di Burano: è possibile vederle affiorare raramente in superficie sottoforma di alternanze di gesso e dolomia o brecce calcaree residuali.

- **Calcarea Massiccio:** roccia calcarea biancastra formata per lo più da resti di microrganismi marini che si distingue in Calcarea Massiccio del Burano e Calcarea Massiccio del Monte Nerone (ne sono un esempio le Grotte di Frasassi). La prima conformazione è di colore biancastro, composta da micriti intervallati da microfacies detritiche con granulometria variabile, mentre la seconda presenta litotipi rappresentati da biomicriti. È una roccia porosa, quindi è molto permeabile anche per fratturazione e carsismo.
- **Corniola:** deposta in ambiente pelagico profondo, è una formazione eterogenea, che alterna calcari micritici biancastri a selce bruna o nerasta in noduli: varia inoltre il suo spessore fino a 400 metri.
- **Marne di Monte Serrone:** sono marne calcaree suddivise in strati con spessore variabile, si alternano con marne scistose e calcari clastici verde-marroni.
- **Rosso Ammonitico:** calcari dal colore rossastro dovuto alla presenza di fossili intervallati da marne rosse e marne scistose.
- **Calcari a Posidonia:** formati da calcari biancastri e marne calcaree con filamenti di Posidonia e verso la superficie si ha anche la presenza di selce.
- **Calcari Diaspri e Calcari ad Aptici:** formati da varie combinazioni di calcari silicei, micritici o diaspri color magenta, verde e grigio, la stratificazione può essere visibile e sottile nelle litofacies più calcaree mentre irregolare in quelle più silicee. Lo spessore va da 80 metri a 150 metri.
- **Maiolica:** ampia variazione di spessore (da 20 metri a 500 metri) che si distingue secondo l'ambiente di sedimentazione. Sono principalmente calcari micritici bianchi con selce grigia.
- **Marne a Fucoidi:** marne con spessore divisibile in due parti, una inferiore di 40-50 metri marnosa, l'altra superiore di 60-70 metri calcareo-marnosa. Nel primo caso si hanno marne e marne argillose policrome con sottili strati micritici di colore verde; nel secondo caso si

alternano calcari, calcari marnosi, marne e marne calcaree con colorazione bianco-verde.

- Scaglia bianca: con uno spessore tra i 15 e i 40 metri, è rappresentata da calcare e calcari marnosi bianchi con selce nera negli strati medi, mentre nella parte alta si hanno argilliti e siltiti.
- Scaglia rossa: si individua nei calcari e calcari marnosi di colore rosa con intervalli sottili e regolari di marne e selce, di spessore variabile tra i 200 (depositi prevalentemente pelagiti) e i 400 metri (depositi prevalentemente detritici). Si possono distinguere tre composizioni: l'inferiore calcareo-selcifero, ovvero calcari e calcari marnosi rosati con bande policrome biancastre con selce rossa; il mediano calcareo-marnoso, marne e marne calcaree rosate a frattura scagliosa o concoide con importante spessore; il superiore calcareo-selcifero, calcari e calcari marnosi rossastri con selce rossa in liste e noduli.
- Scaglia variegata: è composta da una stratificazione di calcari marnosi e marne, il cui spessore varia dai 20 ai 40 metri.
- Scaglia cinerea: si compone di tre sezioni con spessore variabile da 100 a 250 metri; la sezione inferiore presenta litofacies più calcaree e una sezione rossastra; la mediana marne di colore grigio-verde; la superiore invece marne argillose grigiastre.
- Bisciario: con uno spessore limitato (da 30 a 120 metri), è costituito da calcari silicei e marne nero-grigie alternate; nella parte inferiore ci sono strati di selce nera e livelli di cineriti.
- Schlier: è una formazione costituita da marne e marne argillose grigiastre di spessore variabile alternate superiormente, da marne e marne calcaree compatte di spessore irregolare e marne grigie con rare intercalazioni di marne calcaree nella parte inferiore.
- Depositi marini: sono le Argille di Fabro, sabbie a Flabellipecten, Conglomerato di Città della Pieve.
- Depositi colluviali: si trovano su parte dei versanti e sfumano nello strato d'alterazione superficiale. Presentano sedimenti fini, il cui colore scuro

è associato alla frazione organica e al grado alto di saturazione in acqua.

- Depositi eluviali: si trovano nelle ampie depressioni o nelle conche di natura carsica. Come i depositi colluviali, hanno sedimenti fini di colore scuro.
- Depositi alluvionali: sono comprensivi di terrazzi minori e si compongono di depositi con frazione limosa e ghiaiosa.
- Detrito di falda: è presente ai piedi di versanti più acclivi con spessore variabile. Sono detriti composti da frammenti rocciosi a spigoli vivi di colore rossastro, si stratificano da processi di gelivazione e in conoidi detritici, riconoscibili dalla forma a ventaglio. (Marianetti, 2021), (Crocetti, 2021).

2.1.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico, si studiano le proprietà del bacino dell'Aspio e del fosso del torrente Miano in termini di altimetria, acclività e forme del territorio di influenza strutturale.

ALTIMETRIA

Il bacino del torrente Miano si trova interamente nella città di Ancona e copre un'area di circa 5 km²: la quota massima è di 226 metri s.l.m.m. presso il Monte Baldino, la quota minima invece è di 1 metro s.l.m.m. in corrispondenza del Canale Conocchio e nel Parco del Cardeto.

Il bacino del fiume Aspio si estende nella provincia di Ancona per una superficie di circa 85 km² e ha una lunghezza di circa 16 km. Ha un'altitudine per l'80% dell'area totale di 0.5-150 metri s.l.m.m., per il 20% di 60-90 metri s.l.m.m. e per il 17% di 30-60 metri s.l.m.m. (Figura 2.1.3.1)

Tramite il DTM (Digital Terrain Model) è stata ricavata la distribuzione del bacino in fasce altimetriche con equidistanza di 100 metri. (Croceri, 2021)

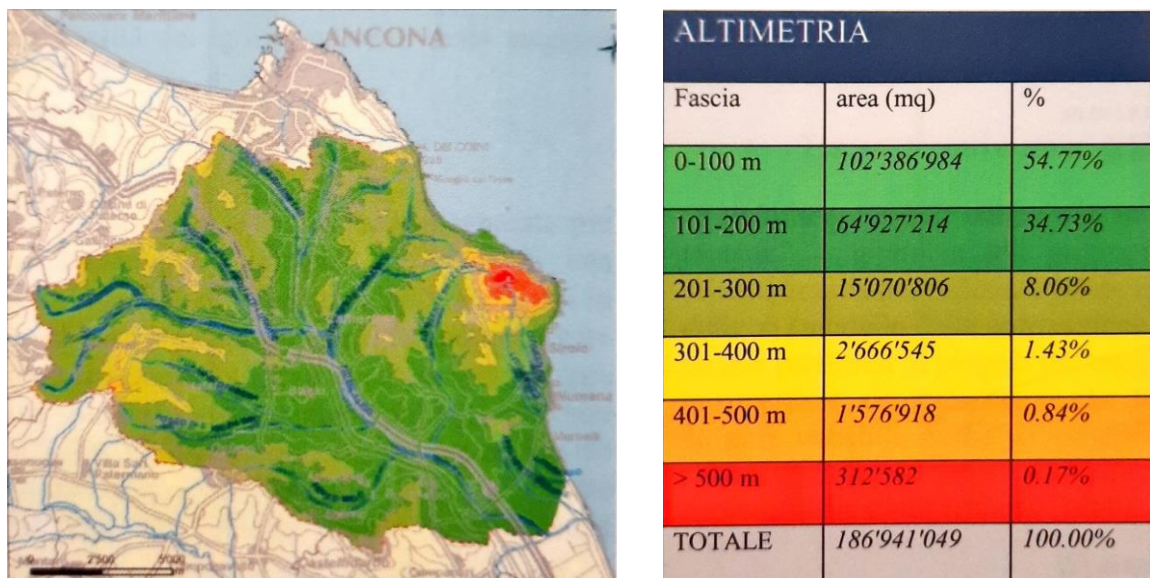


Figura 2.1.3.1 Altimetria del bacino del fiume Aspio

ACCLIVITA'

Per la maggior parte di entrambi i bacini, si può trovare una bassa acclività inferiore al 20%: in particolare il bacino dell'Aspio (*Figura 2.1.3.2*) presenta un 3% di territorio, rappresentato dal Monte Conero, dove essa supera il precedente limite, mentre il bacino del Miano comprende parte delle colline intorno alla città di Ancona.

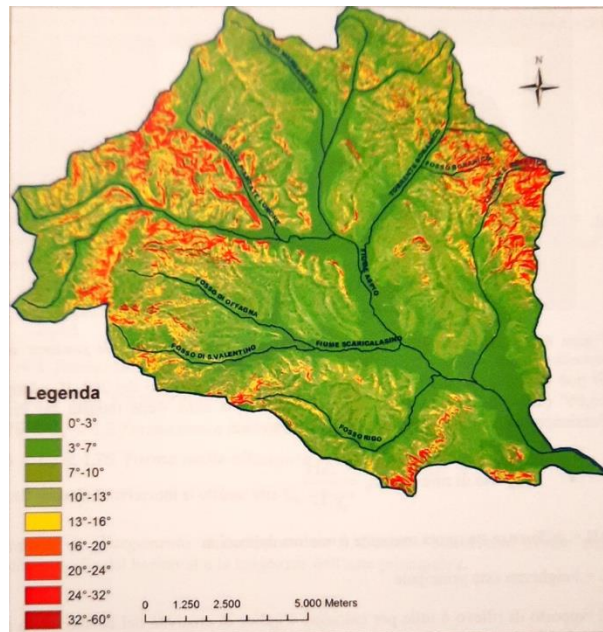


Figura 2.1.3.2 Acclività del bacino del fiume Aspio

FORME DEL TERRITORIO DI INFLUENZA STRUTTURALE

Da un punto di vista strutturale, è possibile notare che il bacino del fiume Aspio è composto da una zona con maggiore rilievo, quella del Monte Conero, e da una zona con pendenze meno elevate: le rotture che si evidenziano in entrambe sono dovute alle variazioni litologiche.

Inoltre, soprattutto nel versante meridionale del Monte Conero, ci sono numerose faglie che influiscono sull'assetto strutturale, oltre alla giacitura e alla deposizione dei sedimenti. In correlazione alle zone fratturate, si può notare come le linee tettoniche corrispondano alle principali linee di drenaggio a causa dell'intensità dei processi erosivi dovuti agli eventi meteorici.

Secondo il PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) della regione Marche, il 15% della superficie del bacino risulta essere area franosa: eventi calamitosi sono causati dalle coltri eluvio-colluviali, dalla presenza di litotipi a permeabilità differenti e dalla forte energia di rilievo presente nelle zone carbonatiche e in alcune zone terrigene della zona.

In base alla struttura geomorfologica, si possono individuare diverse tipologie di eventi calamitosi: in presenza di litotipi di tipo calcareo e calcareo-marnoso, come nella zona del Monte Conero, da piccoli movimenti rotazionali si generano scivolamenti traslazionali; mentre si hanno le frane di crollo nei versanti più ripidi nel tratto di costa dove il moto ondoso erode la falesia. (Marianetti, 2021)

Anche il bacino del torrente Miano presenta versanti soggetti ad eventi franosi, linearmente all'acclività del luogo, e avvicinandosi alla parte antropizzata si estende in una grande fascia alluvionale. La vegetazione presente è per lo più spontanea, in quanto conseguenza degli eventi calamitosi.

Questi ultimi, soprattutto superficiali, caratterizzano tutta l'area considerata e sono dovuti all'attività antropica sulla stessa. Essi sono inoltre una conseguenza dell'eterogeneità delle rocce situate in questa zona. (Croceri, 2021)

2.1.4 INQUADRAMENTO IDROLOGICO-IDROGEOLOGICO

La regione Marche presenta un reticolo idrografico “a pettine” data la conformazione direzionale degli stessi corsi d’acqua: si sviluppano parallelamente da SO a NE e i principali sono Conca, Marecchia, Foglia, Metauro, Cesano, Misa, Esino, Musone, Potenza, Chienti, Tenna, Aso, Tronto.

Gli acquiferi presenti nelle rispettive valli costituiscono un’importante fonte di approvvigionamento idrico per la regione, in quanto dalle falde delle pianure alluvionali sono annualmente estratti circa 10^2 - 10^6 m³ di acqua per usi civili e industriali. (Nanni, 1986)

Un bacino, da un punto di vista idrogeologico, può essere classificato come permeabile, semi-permeabile e impermeabile. Ogni bacino permeabile è sede di una falda acquifera, che si distingue in freatica o in pressione. Il PTA (Piano Tutela delle Acque) della regione Marche individua circa 40 bacini che attraversando del tutto o in parte il territorio marchigiano; data la conformazione geomorfologica del territorio, molti di essi si trovano nelle pianure alluvionali che dalla costa si sviluppano fino alle pendici degli Appennini.

Altre formazioni idrogeologiche da evidenziare sono l’aquitard e l’aquiclude: il primo è una formazione che si può individuare in un acquifero o in un aquiclude e si caratterizza per la bassa permeabilità con terreni come sabbie-limose o limi sabbiosi; il secondo è una formazione che limita la circolazione idrica sotterranea a causa del bassissimo coefficiente di permeabilità, i cui terreni di riferimento sono di componente limo-argilloso-sabbiosa.

L’area in esame, ovvero il bacino del fiume Aspio e del torrente Miano, evidenzia un assetto idrogeologico legato alle condizioni litostratigrafiche della zona del Monte Conero: si possono individuare i principali acquiferi nella sequenza carbonatica dello stesso Monte, nella sequenza del Pliocene inferiore, nella sequenza plio-pleistocenica e nelle alluvioni. (Marianetti, 2021)

2.2 ATTIVITA' DI CAMPO

L'attività di campo attuata consiste nella raccolta di campioni d'acqua mediante due tipologie di strumentazione: l'utilizzo del tracciante chimico e il mulinello idrometrico ad induzione. La successiva elaborazione e studio dei dati acquisiti ha portato ad un confronto tra le due metodologie di misurazione.

Le prove riportate sono state effettuate presso il torrente Miano e il Rio Scaricalasino (affluente del fiume Aspio) nel periodo da marzo 2022 a giugno 2022.

Lo scopo del seguente studio è evidenziare le caratteristiche di entrambi i metodi di misurazione, compararle e capire le criticità e i punti di forza delle stesse in relazione all'evento di crisi idrologica avvenuto nel 2022.

2.2.1 UTILIZZO DEI TRACCIANTI

I traccianti chimici più utilizzati sono lo ioduro come ioduro di sodio, il litio come cloruro di litio, il cloruro come cloruro di sodio, il cromo come dicromato di sodio. Ognuno di essi ha una diversa solubilità e uno svolgimento diverso della prova di misurazione. (Bolognesi, 2006)

La scelta del tracciante da utilizzare può essere condizionata dalle caratteristiche chimiche del fiume, dalla distanza tra la sezione in cui è immesso e la sezione di misurazione, dal tipo di elementi sospesi, dalle caratteristiche idrologiche del corso d'acqua, dal tipo di flusso da misurare e dalla sensibilità dello strumento di misurazione. (Tazioli, et al., 2011)

La prova scelta per la misurazione è quella con l'utilizzo di tracciante NaCl, che consiste nel misurare la variazione della conducibilità elettrica dell'acqua al passaggio dello stesso tracciante, introdotto in precedenza nel corso d'acqua.

Da un punto di vista teorico, il calcolo della portata di un corso d'acqua tramite il tracciante si fa attraverso il metodo integrativo: ciò implica il rilascio di un determinato tracciante con una concentrazione nota in un punto dell'alveo e la conseguente misurazione della concentrazione in un punto più a valle. (Tazioli, et al., 2011)

I quantitativi di immissione variano al variare della sezione dell'alveo da analizzare e della portata presente nel corso d'acqua per avere risultati più attendibili. Alcuni aspetti positivi di questa metodologia sono la relativa semplicità della prova e la facile disponibilità dei materiali: inoltre sono sostanze che non danneggiano l'ambiente in cui vengono immesse, a meno che non vengano utilizzate in eccessive quantità. In quest'ultimo caso spesso si utilizzano tecniche "di riconcentrazione" per evitare qualsiasi inquinamento ambientale. (Silvi, 2021)

Prima dell'inizio della prova, è bene controllare che la sezione scelta sia sgombra da vegetazione esterna e interna all'alveo: se non fosse così, si dovrebbe provvedere a rimuovere la crescita algale (soprattutto nel periodo primaverile quando si ha un incremento dello sviluppo della medesima) per avere la sezione sgombra ed evitare che il tracciante rimanga intrappolato nella flora algale senza arrivare alla sonda di misurazione. (Figura 2.2.1.1)



Figura 2.2.1.1 Pulizia del corso d'acqua, rimozione della crescita algale

Il tracciante utilizzato è il cloruro di sodio (NaCl) che ha una solubilità di 350 kg/m³: facendo riferimento al metodo della conducibilità, il tracciante in questione ha un alto grado di dissociazione elettrolitica se disciolto in acqua, è innocuo nei confronti dell'ambiente per le concentrazioni utilizzate, essendo anche per un minimo assorbito dallo stesso. (Bolognesi, 2006) (Figura 2.2.1.2)



Figura 2.2.1.2 Preparazione della soluzione con tracciante NaCl

Lo strumento che si utilizza per misurare la conducibilità dell'acqua è il conducimento, dove sono indicate la temperatura (°C) e la conducibilità dell'acqua ($\mu\text{S}/\text{cm}$) rilevate da un apposito sensore inserito nel corso d'acqua. Lo stesso registra ogni dato dalla sua accensione allo spegnimento con un intervallo di tempo costante precedentemente impostato. (Figura 2.2.1.3)



Figura 2.2.1.3 Conducimetro utilizzato per controllare l'andamento della conducibilità elettrica

PROCEDIMENTO

Per sviluppare la prova sono necessari: un sensore per misurare la conducibilità tramite il conducimetro, un sensore diver (trasduttore di pressione) per raccogliere i dati, da calibrare in precedenza, tre cilindri graduati, due ampolle, il tracciante in quantità adatte all'ambiente in cui viene immesso, bacinelle per la miscelazione della soluzione.



Figura 2.2.1.4 Inserimento della sonda in acqua

Per la misurazione vera e propria viene utilizzata una sonda inserita nell'alveo del fiume (*Figura 2.2.1.4*). Si procede quindi a calibrare il sensore diver con tre soluzioni diverse utilizzando per la prima 1 litro di acqua pura (bianco), per la seconda 1 litro d'acqua pura nella quale è disciolto 1 grammo di sale, per la terza 1 litro d'acqua pura in cui sono disciolti 3 grammi di sale. L'acqua utilizzata per le calibrazioni è sempre presa a valle rispetto ai sensori;

le singole soluzioni con il sale sono miscelate in due ampolle distinte (Figura 2.2.1.5).



Figura 2.2.1.5 Scioglimento di 1 grammo e 3 grammi di sale per la calibrazione della sonda

In questa fase del processo è molto importante che il sale si sciolga completamente nella soluzione e che non si lasci nessun residuo nell'ampolla.

Dalle ampolle inserisco le due soluzioni in due provini diversi e vengono eseguite le calibrazioni: tra una calibrazione e l'altra il sensore viene rimesso in acqua pura. (Figura 2.2.1.6)



Figura 2.2.1.6 Calibrazione del sensore diver nelle soluzioni

Dopo aver calibrato con 3 grammi di sale il sensore e averlo rimesso in acqua, si procede con la preparazione della soluzione da immettere per la misura: si inserisce in una bacinella il sale da sciogliere, il cui quantitativo è deciso in base alla grandezza della sezione dell'alveo da analizzare e la portata corrente del fiume. (Figura 2.2.1.2)

Si aggiunge poi l'acqua e si crea la soluzione senza lasciare residui: una volta pronta, si immette in un punto del fiume in cui ci possa essere meno deposito di sale possibile e dove confluisce maggiormente la corrente (Figura 2.2.1.7).

Si misura quindi tramite il conducimetro l'aumento di conducibilità elettrica dell'acqua nel tempo dovuto al passaggio del sale e il conseguente ritorno alla conducibilità iniziale.

Si conclude la prova togliendo il sensore dal corso d'acqua e scaricando i dati da esso raccolti.



Figura 2.2.1.7 Immissione della soluzione nell'alveo

2.2.2 MULINELLO IDROMETRICO

Il mulinello idrometrico è uno strumento di misura delle portate costituito da un corpo fisso di forma aereodinamica e da un'elica sensibile al flusso laminare (*Figura 2.2.2.1*): tramite il conteggio dei giri dell'elica in un tempo prestabilito, si calcola la velocità della corrente del corso d'acqua in diversi punti verticali lungo una sezione trasversale dell'alveo scelta.

È molto importante capire in anticipo se il corso d'acqua è adatto alla misurazione o meno: difatti, con molta turbolenza, alta portata, grandi dimensioni della sezione scelta e presenza di materiale solido quali detriti e materiale di ruscellamento, il mulinello sarebbe impossibilitato a mantenere con precisione le verticali portando ad una misurazione con un ampio margine di errore (Tazioli, et al., 2011). Anche una bassa velocità del flusso può variare il risultato: la soluzione più ottimale sarebbe quella di aumentare i punti verticali di misura per avere una precisione maggiore nel calcolo della portata.

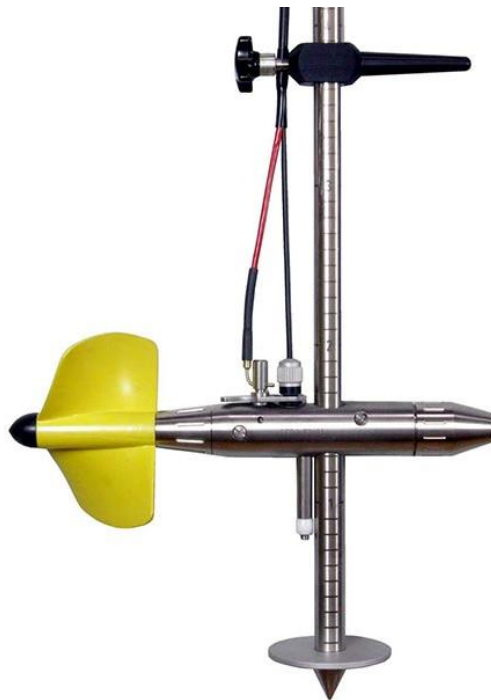


Figura 2.2.2.1 Mulinello idrometrico (www.scubla.it)

Dopo aver inserito l'elica all'interno dell'alveo in posizione d'asse parallela alle linee di deflusso e le pale nel verso del moto, la spinta della corrente sulle

stesse permette allo strumento di girare e su base temporale si contano i giri grazie ad un collegamento elettrico con una centralina esterna.

Da un punto di vista teorico, si calcola l'area di riferimento moltiplicando la velocità del flusso per ogni area corrispondente: la somma quindi di questi prodotti dà la portata media della sezione scelta. (Tazioli, et al., 2011)

Si calcola la velocità di deflusso idrico tramite la curva di taratura fornita dal costruttore e successivamente si può trovare la portata dell'acqua avendo la velocità e l'area della sezione considerata ($Q=V_iA_i$).

La misura con questo strumento porta alla creazione di una curva di taratura specifica che relaziona altezze idrometriche del pelo libero con le portate e permette di avere una più semplice lettura dei dati idrologici ricavati. L'ISO (International Standardization Organization) ha specificato diversi metodi di misura, a cui ovviamente è necessario applicare flessibilità nei confronti dell'ambiente che si sta studiando.

In particolare, per lo svolgimento delle prove riportate nel successivo capitolo è stato utilizzato un tipo di mulinello chiamato "mulinello ad induzione": esso è costituito da una sonda magnetico induttiva posta contro corrente (*Figura 2.2.2.2*), installata su un piedistallo in acciaio con un punteruolo finale per fermare lo strumento nel terreno. È inoltre dotato di un palmare (*Figura 2.2.2.3*), dove si inseriscono tutti i dati relativi alla sezione sotto esame, quale la larghezza, la profondità, le sezioni parziali.



Figura 2.2.2.2 Sonda magnetica del mulinello ad induzione (www.ott.com)



Figura 2.2.2.3 Palmare (www.supsi.ch)

PROCEDIMENTO

La prova è caratterizzata da alta precisione con adeguati corsi d'acqua (non molto profondi) e da ripetibilità.

Si individua una sezione dell'alveo abbastanza sgombra dalla vegetazione sia esterna che interna all'acqua (se necessario, togliere la crescita algale) e si misura la sezione bagnata d'interesse. Si decide poi, in base alla larghezza della sezione, la suddivisione delle sezioni parziali, che saranno riportate nello strumento. È importante accertarsi che il fiume sia abbastanza profondo, in quanto questa tipologia di mulinello idrometrico richiede un certo quantitativo d'acqua per ottenere i dati confutabili.



Figura 2.2.2.4 Misura di portata con il mulinello ad induzione

Dopo aver calibrato lo strumento e aver inserito tutte le informazioni necessarie nel palmare, si inizia la misurazione: si posiziona il mulinello controcorrente (*Figura 2.2.2.4*), si parte dal punto 0 e si procede verso destra con intervalli di spazio stabiliti in precedenza. In ogni punto di misura, saranno registrate la distanza rispetto al punto 0, la profondità dell'alveo e la velocità media istantanea dell'acqua.

Una volta arrivati alla fine della sezione, si chiude la misurazione e lo strumento calcola la velocità e la portata media registrate nel corso d'acqua (*Figura 2.2.2.5*). I dati poi saranno scaricati e analizzati in laboratorio.



Figura 2.2.2.5 Risultati finali e andamento grafico della portata

2.3 ELABORAZIONE E TRATTAMENTO DEI DATI IDROLOGICI

Le stazioni pluviometriche (o metereologiche) sono insiemi di strumenti che controllano e monitorano le condizioni atmosferiche del luogo in cui sono posizionate a fini climatici e metereologici. In particolare, al loro interno sono posizionati dei pluviometri, strumenti che misurano la quantità di pioggia caduta [mm] in un determinato lasso di tempo.

Nei due bacini di interesse sono presenti delle stazioni pluviometriche, di cui si riportano i dati dal 1° marzo 2022 al 30 settembre 2022. Le stazioni che si prendono in considerazione sono quella di Crocette (sensore 1244) e quella di Aspio Terme (sensore 1240) e si va ad analizzare il livello idrometrico [m] e la portata [L/s].

Le stazioni pluviometriche sono posizionate in tutto il territorio in maniera per lo più omogenea: nel caso in cui la loro distribuzione fosse disomogenea a causa di motivi fisici e logistici, per migliorare la situazione sarebbe bene aggiungere le stazioni necessarie a completare la rete idrometrica e soddisfare le esigenze topografiche. (Mazzarella, et al., 1999). (Figura 2.3.1)

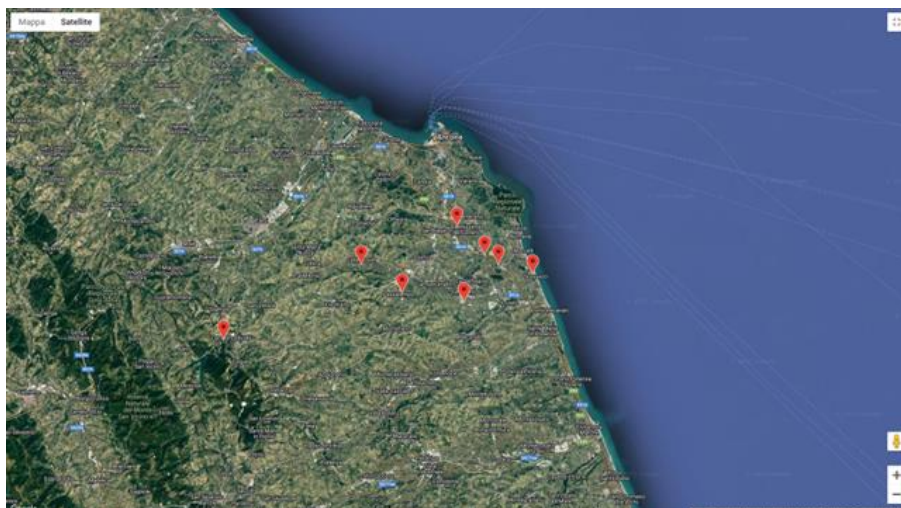


Figura 2.3.1 Stazioni pluviometriche del bacino del fiume Musone, di cui il fiume Aspio è affluente (www.app.protezionecivile.marche.it)

Di seguito si studiano le curve di livello idrometrico delle due stazioni evidenziate, situate nel bacino del fiume Aspio (*Figure 2.3.3 e 2.3.4*). Esse sono monitorate e controllate dalla Protezione Civile della Regione Marche, i dati acquisiti possono essere consultati presso la banca dati SIRMIP (Sistema Informativo Regionale Meteo-Idro-Pluviometrico) online sul sito della Protezione Civile regionale (*Figura 2.3.2*).

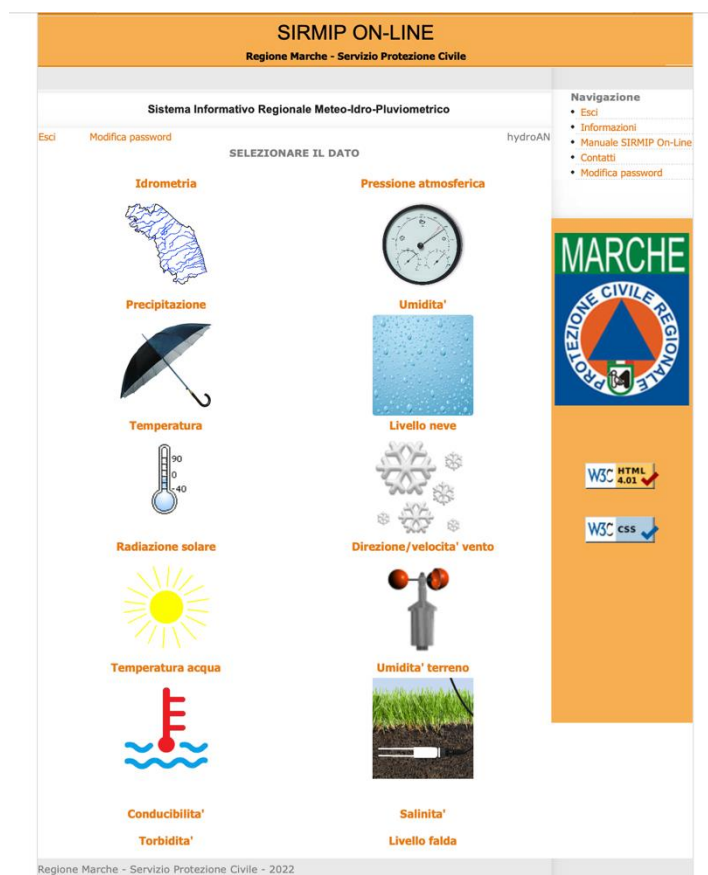


Figura 2.3.2 Portale SIRMIP online (www.app.protezionecivile.marche.it)

La consulta del SIRMIP può essere fatta per ottenere dati di idrologia (portata, livello idrometrico, precipitazioni), temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, radiazioni solari, direzione e velocità del vento e altezza del manto nevoso. I dati riportati possono subire delle variazioni dopo la validazione e sono visibili sotto forma di file testo (campi separati da virgola), fogli di calcolo (excel), file pdf e formato grafico. Inoltre, solo le persone regolarmente iscritte possono accedere al sito. (Croceri, 2021)

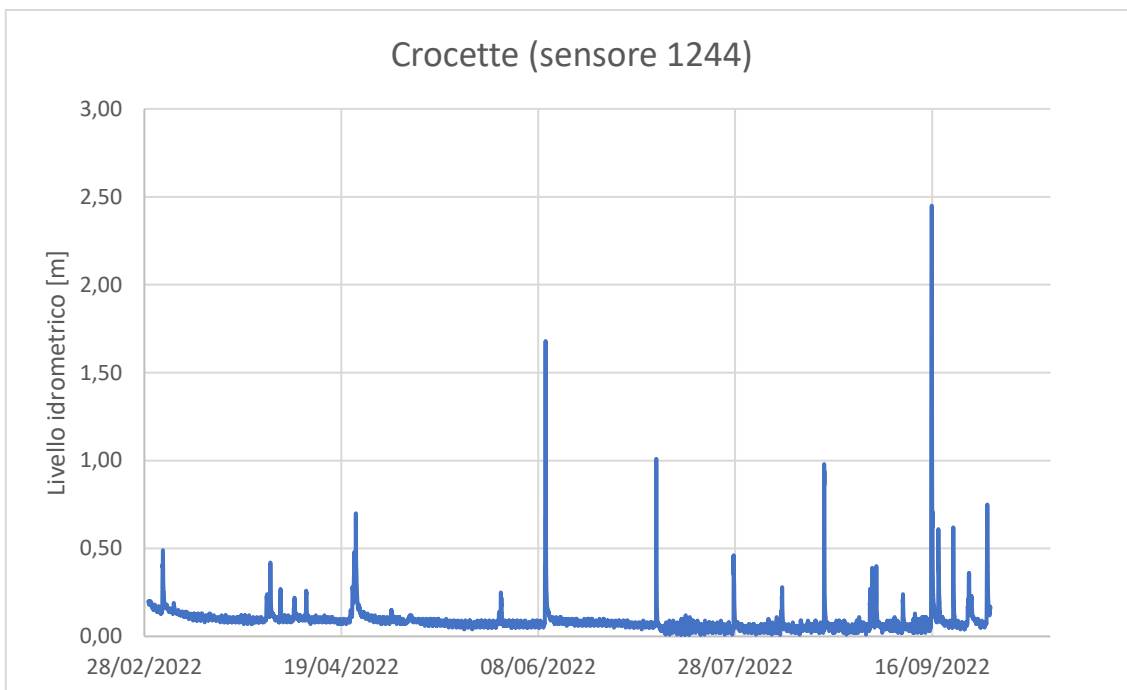


Figura 2.3.3 Grafico rappresentante l'andamento del livello idrometrico nel periodo di marzo-settembre 2022 Crocette (sensore 1244)

(www.app.protezionecivile.marche.it)

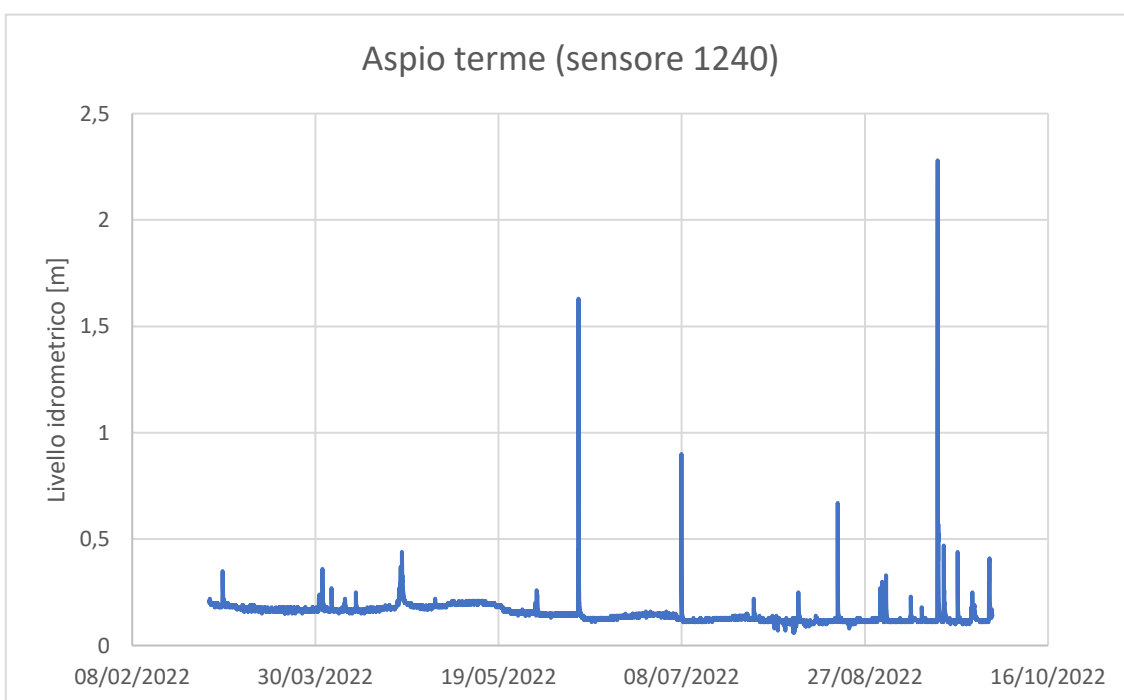


Figura 2.3.4 Grafico rappresentante l'andamento del livello idrometrico nel periodo di marzo-settembre 2022 Aspio Terme (sensore 1240)

(www.app.protezionecivile.marche.it)

I grafici riportati, presi dal sito del SIRMIP online, evidenziano il livello idrometrico nelle stazioni di Crocette e Aspio Terme, che si trovano rispettivamente a valle e a monte del punto di misurazione del torrente Scaricalasino. I dati sono registrati giornalmente con una distanza temporale di mezz'ora tra un'acquisizione e quella successiva.

Lo stesso sito inoltre fornisce la scala di deflusso per convalidare i valori del livello idrometrico: in questo modo dal livello idrometrico è possibile calcolare la portata di ogni stazione applicando la formula data dalla scala di deflusso.

Per validare i dati precedentemente inseriti, sono state utilizzate le seguenti scale di deflusso:

ASPIO TERME (sensore 1240)

- 1) Scala di deflusso [m³/s]: $Q = 40,1577 * [H - (0,01)] ^{3.2498} + 0$
Intervallo validità [m]: $0 \leq H \leq 0,52$
- 2) Scala di deflusso [m³/s]: $Q = 16.71 * [H - (0.49)] ^{1.11} + 4.173$
Intervallo validità [m]: $0.53 \leq H \leq 5$

CROCETTE (sensore 1244)

- 1) Scala di deflusso [m³/s]: $Q = 4,629 * [H - (-0,001)] ^{1,221} + 0$
Intervallo validità [m]: $0 \leq H \leq 0,31$
- 2) Scala di deflusso [m³/s]: $Q = 13,513 * [H - (0,31)] ^{1,766} + 0,797$
Intervallo validità [m]: $1.49 \leq H \leq 3.99$

In particolare, nei grafici è possibile individuare il livello idrometrico e la portata ottenute dalle due stazioni pluviometriche il giorno in cui è stata fatta la misura di portata al torrente Scaricalasino, ovvero il 27/05/2022:

Aspio terme: $Q = 67,43$ L/s

Crocette: $Q = 248,01$ L/s

Di seguito si riportano i grafici dell'andamento delle portate delle stazioni pluviometriche di Crocette (sensore 1244) (*Figura 2.3.5*) e Aspio terme (sensore 1240) (*Figura 2.3.6*).

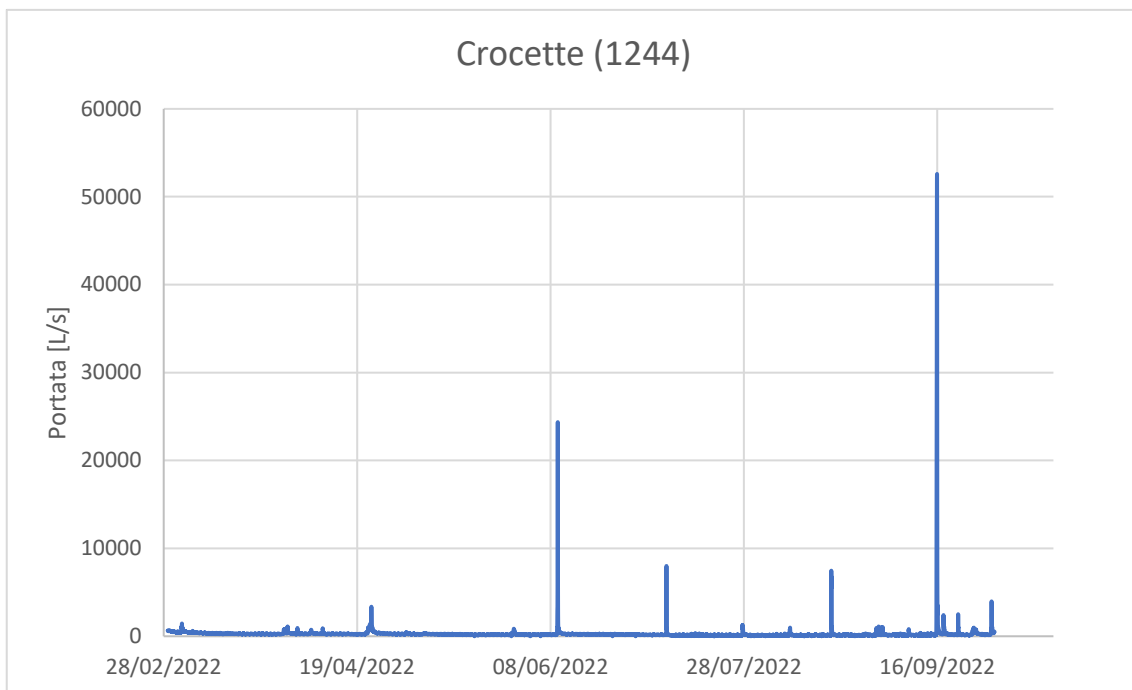
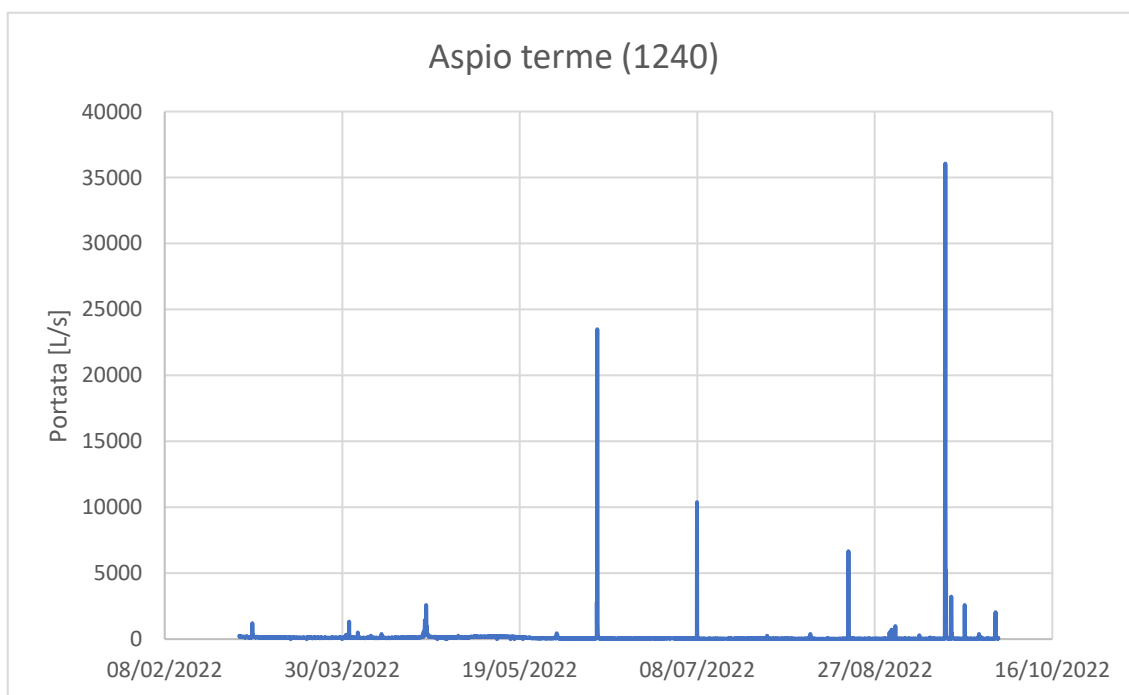


Figura 2.3.5 Grafico rappresentante l'andamento della portata nel periodo di marzo-settembre 2022 Crocette (sensore 1244)



www.app.protezionecivile.marche.it

Figura 2.3.6 Grafico rappresentante l'andamento della portata nel periodo di marzo-settembre 2022 Aspio Terme (sensore 1240)

www.app.protezionecivile.marche.it

3.RISULTATI

I risultati che seguono si riferiscono a misure di portata tramite tracciante NaCl (conducibilità elettrica) e mulinello idrometrico ad induzione effettuate nel periodo tra marzo e giugno 2022. L'esecuzione è avvenuta presso il fosso di Vallemiano e il torrente Scaricalasino (affluente del fiume Aspio).

Ove possibile sono state utilizzate entrambe le tecniche: si specifica che tutte le misure sono state fatte durante il periodo di eccezionale siccità idrologica che ha caratterizzato il 2022, a causa e grazie alla quale è stato possibile individuare alcune limitazioni degli strumenti utilizzati.

Una volta eseguita la fase di campionamento, si è proseguito con la fase di elaborazione dati: riportando su file excel i dati raccolti dai sensori per la prova con il tracciante NaCl e dal palmare del mulinello idrometrico, è stato possibile ricavare dei grafici che si riportano di seguito.

3.1 VALLEMIANO 02/03/2022

3.1.1 MISURE DI PORTATA CON IL TRACCIANTE NaCl

Le misure sono state effettuate con una concentrazione di NaCl di 200 grammi, il punto di misura e quello di immissione sono evidenziati in *Figura 3.1.1.1*. La prova è durata dalle ore 13:35 alle ore 13:42.

Di seguito sono riportati in ordine il grafico con l'andamento della conducibilità elettrica (*Figura 3.1.1.2*), il grafico con la calibrazione del sensore (*Figura 3.1.1.3*) e il grafico con l'andamento della concentrazione del tracciante NaCl (*Figura 3.1.1.4*).

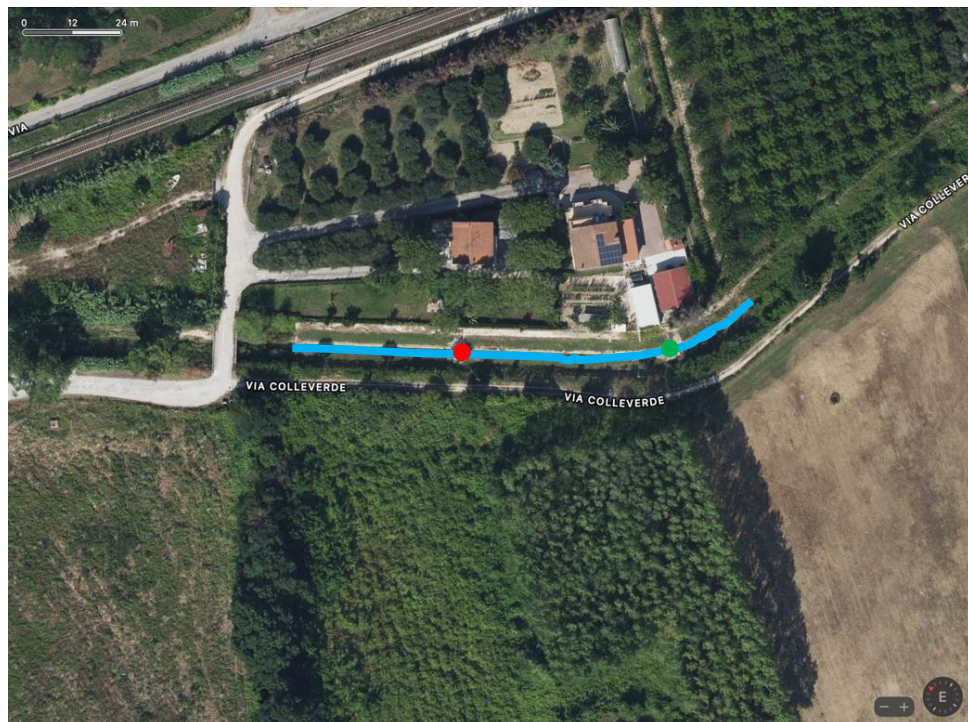


Figura 3.1.1.1 Visione dall'alto del torrente Miano con evidenziati il punto di misura in rosso e il punto di immissione del tracciante in verde nel giorno 02/03/2022 della prova n.1 (Maps)

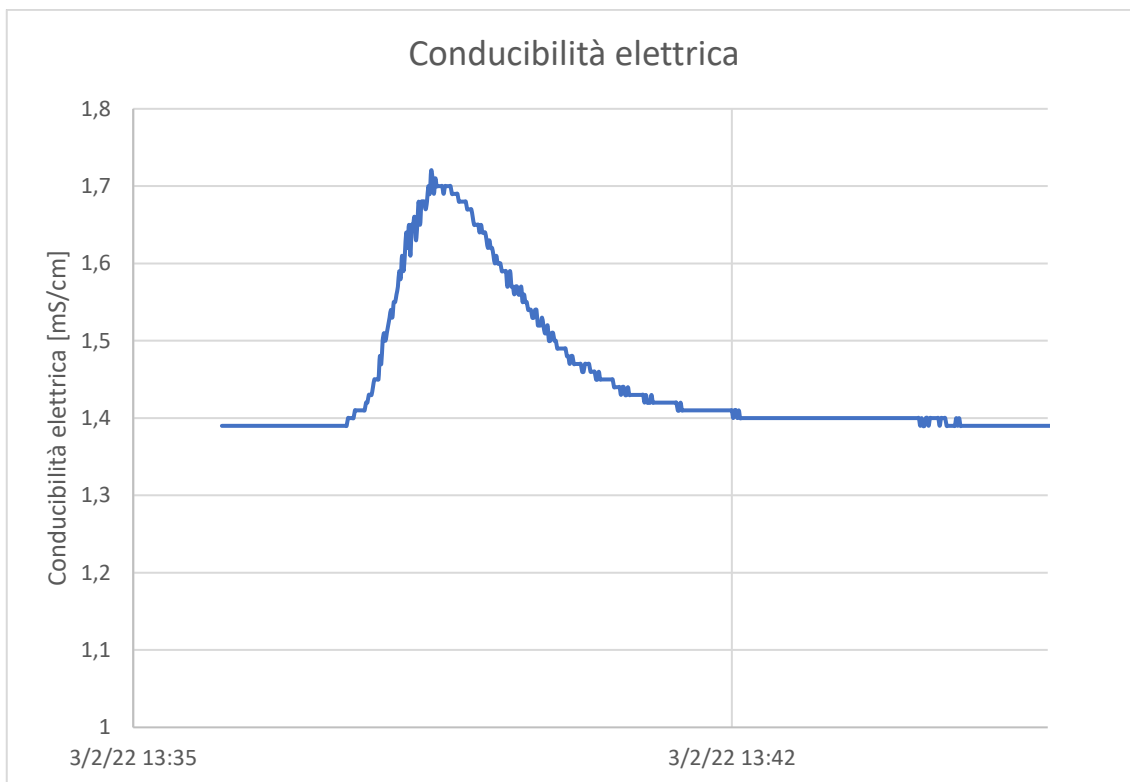


Figura 3.1.1.2 Andamento della conducibilità elettrica nel tempo nel corso della prova n.1 eseguita il giorno 02/03/2022 presso il torrente Miano in località Ancona

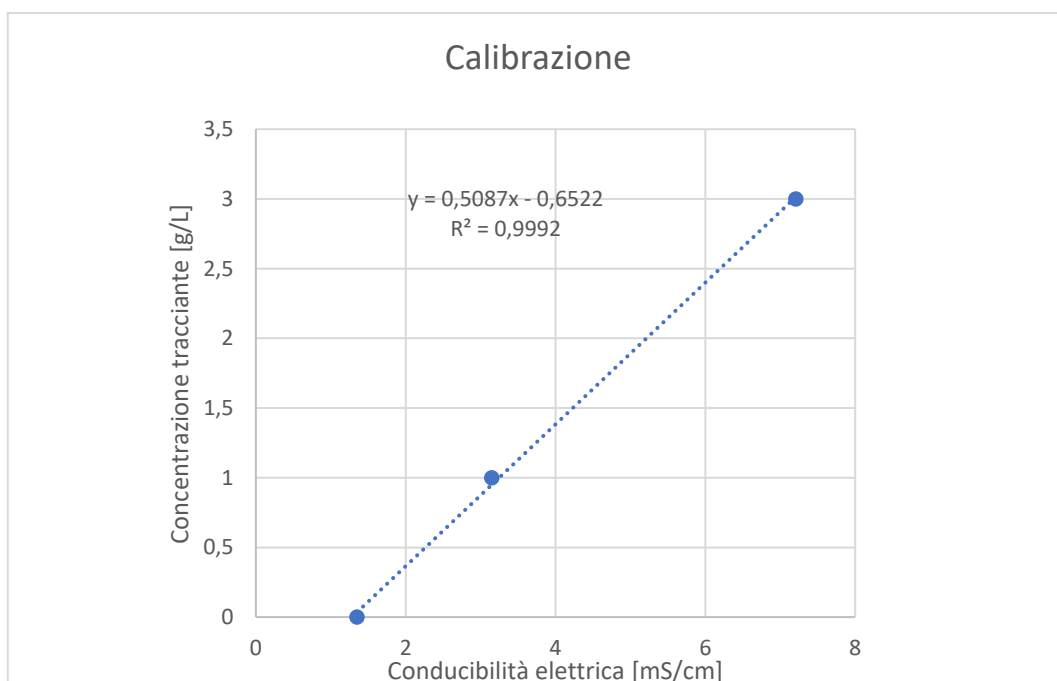


Figura 3.1.1.3 Calibrazione del sensore (bianco, 1g NaCl, 3g NaCl)

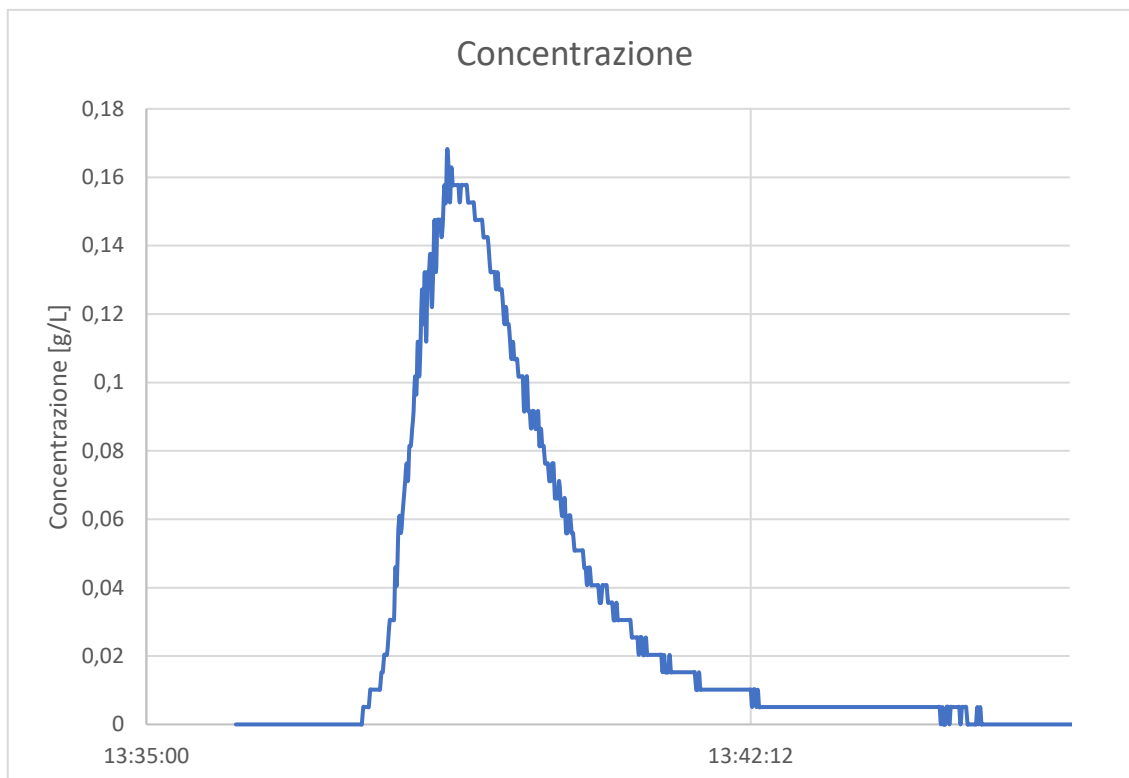


Figura 3.1.1.4 Andamento della concentrazione del tracciante NaCl nel tempo nel corso della prova n.1 eseguita il giorno 02/03/2022 presso il torrente Miano in località Vallemiano (Ancona)

In base ai dati raccolti, la portata individuata con il tracciante è pari a $Q = 10,9 \text{ L/s}$

3.1.2 MISURE DI PORTATA CON IL MULINELLO IDROMETRICO

La sezione scelta ha una larghezza di 90 cm. Di seguito vengono riportati i dati recepiti dalla misurazione (*Tabella 3.1.2.1*).

POSIZIONE [m]	PROFONDITA' [m]	VELOCITA' MEDIA [m/s]
0	0	0
0,1	0,051	0,177
0,2	0,052	0,272
0,3	0,052	0,235
0,4	0,052	0,265
0,5	0,048	0,285
0,6	0,043	0,236
0,7	0,039	0,192
0,8	0,04	0,134
0,9	0	0

Tabella 3.1.2.1 Dati della misura di portata con il mulinello idrometrico della prova n.1 eseguita il giorno 02/03/2022 presso il torrente Miano in località Vallemiano (Ancona)

La prova è stata eseguita dalle ore 13:00 alle ore 13:10 ottenendo una portata media di 8 L/s.

3.2 VALLEMIANO 27/05/2022

3.2.1 MISURE DI PORTATA CON IL TRACCIANTE NaCl

Le misure sono state effettuate con una concentrazione di NaCl di 144,7 grammi, il punto di misura e quello di immissione sono evidenziati in *Figura 3.2.1.1*. La prova è durata dalle ore 10:26 alle ore 10:40.

Di seguito sono riportate in ordine il grafico con l'andamento della conducibilità elettrica (*Figura 3.2.1.2*), il grafico di calibrazione del sensore (*Figura 3.2.1.3*) e il grafico con l'andamento della concentrazione del tracciante NaCl (*Figura 3.2.1.4*).

La prova in questo caso è stata effettuata due volte: il primo tentativo non è stato valido, a causa della crescita algale nel corso d'acqua; il secondo tentativo è andato a buon fine subito dopo aver pulito il tratto scelto per la misurazione.

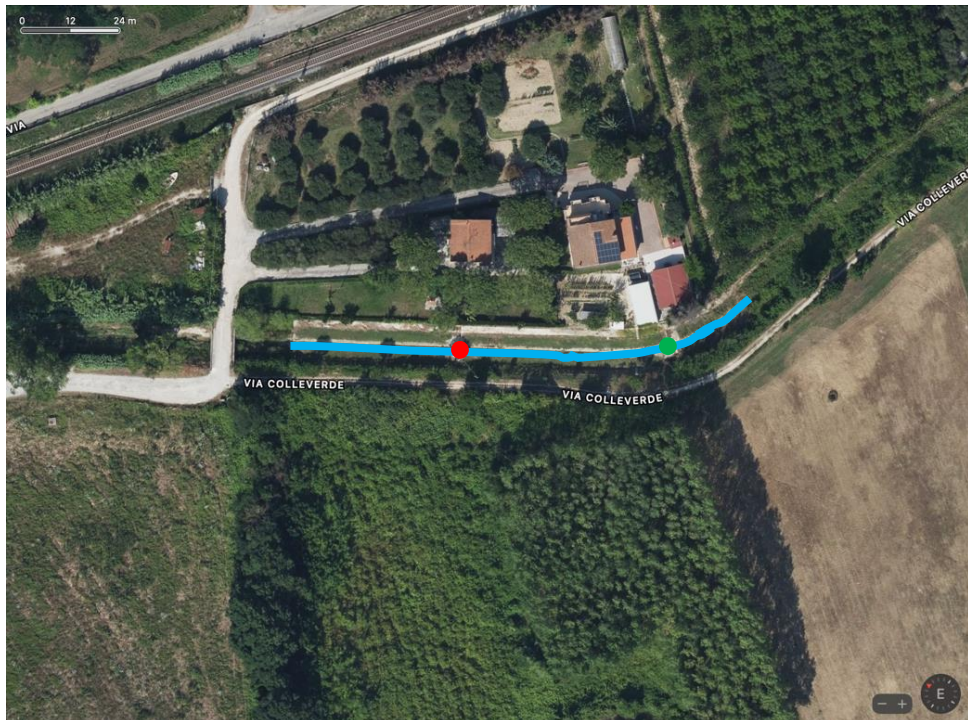


Figura 3.2.1.1 Visione dall'alto del torrente Miano con evidenziati il punto di misura in rosso e il punto di immissione del tracciante in verde nel giorno 27/05/2022 della prova n.2 (Maps)

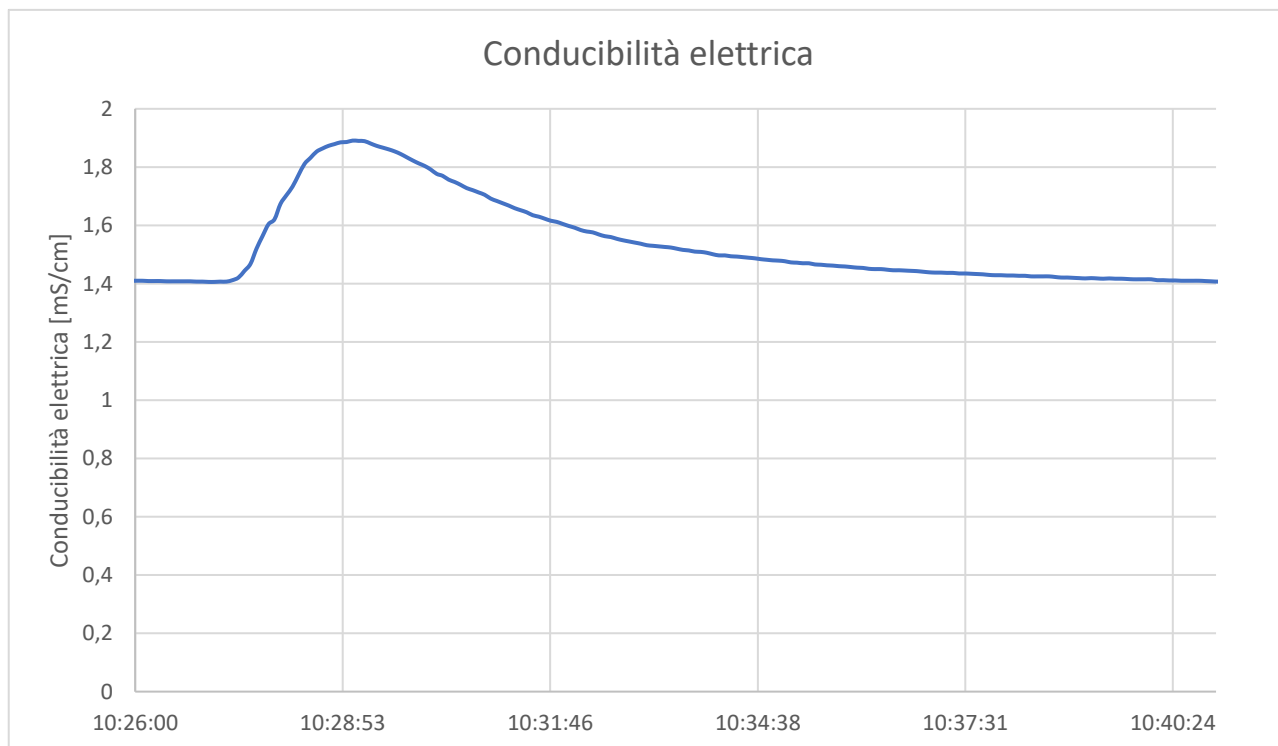


Figura 3.2.1.2 Andamento della conducibilità elettrica nel tempo nel corso della prova n.2 eseguita il giorno 27/05/2022 presso il torrente Miano in località Vallemiano

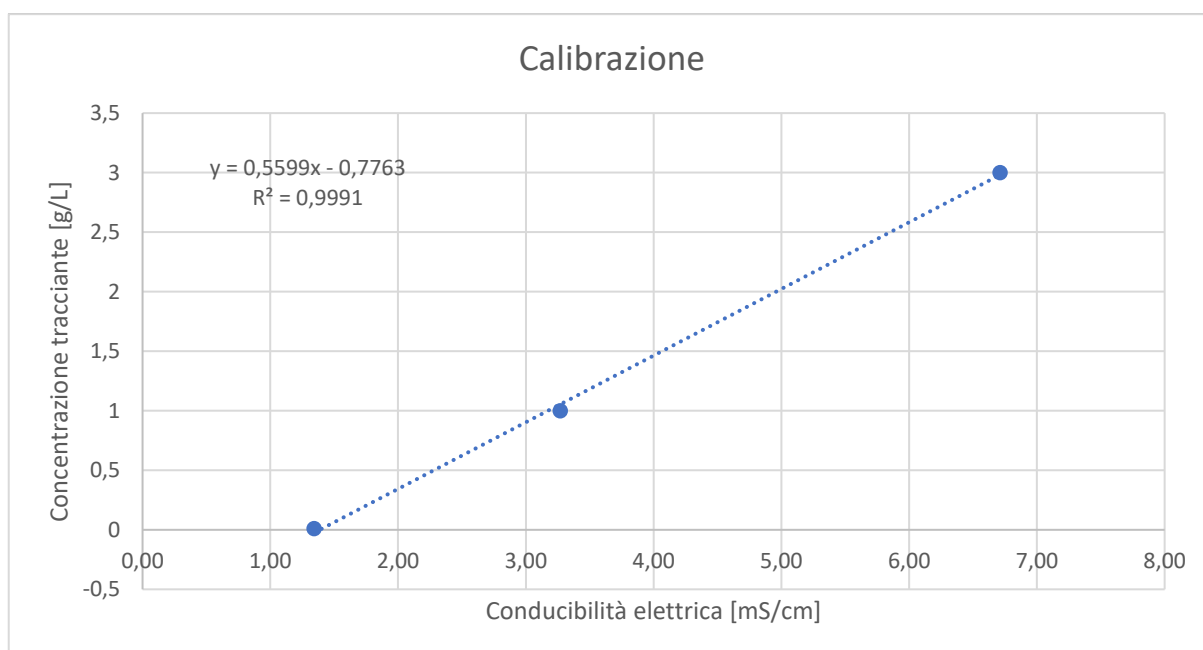


Figura 3.2.1.3 Calibrazione del sensore (bianco, 1g NaCl, 3g NaCl)

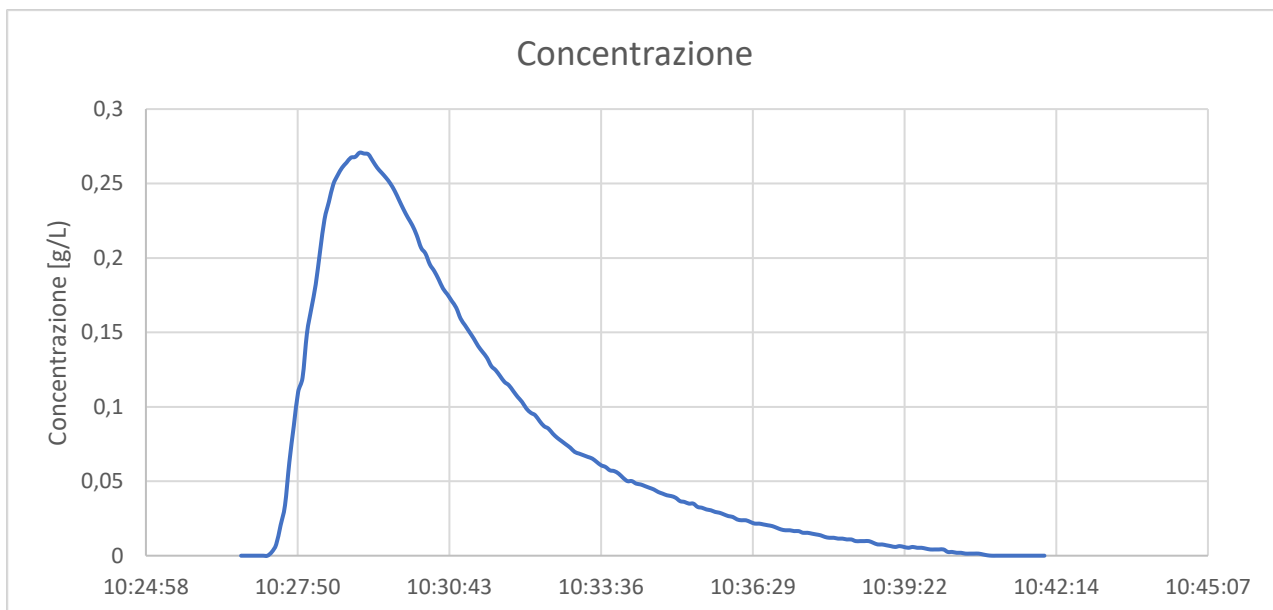


Figura 3.2.1.4 Andamento della concentrazione del tracciante NaCl nel tempo nel corso della prova n.2 eseguita il giorno 27/05/2022 presso il torrente Miano in località Vallemiano

In base ai dati raccolti, la portata individuata con il tracciante è pari a $Q = 2,14 \text{ L/s}$.

3.2.2 MISURE DI PORTATA CON IL MULINELLO IDROMETRICO

Non è stato possibile effettuare la prova con il mulinello idrometrico a causa della scarsa portata dell'acqua e di conseguenza della poca profondità al fondo dell'alveo (*Figura 3.2.2.1*).



Figura 3.2.2.1 Misurazione della profondità dell'alveo

3.3 SCARICALASINO 27/05/2022

3.3.1 MISURE DI PORTATA CON IL TRACCIANTE NaCl

Le misure sono state effettuate con una concentrazione di NaCl di 200 grammi, il punto di misura e quello di immissione sono evidenziati in *Figura 3.3.1.1*. La prova è durata dalle ore 13:00 alle ore 13:08.

Di seguito sono riportate in ordine il grafico con l'andamento della conducibilità elettrica (*Figura 3.3.1.2*), il grafico di calibrazione del sensore (*Figura 3.3.1.3*) e il grafico con l'andamento della concentrazione del tracciante NaCl (*Figura 3.3.1.4*).

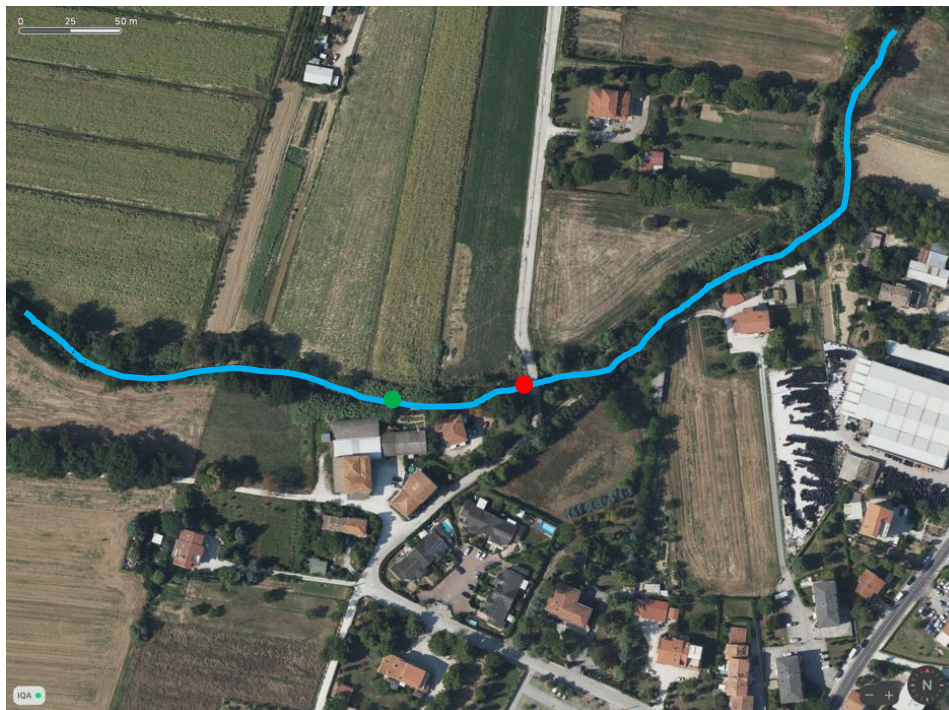


Figura 3.3.1.1 Visione dall'alto del torrente Scaricalasino con evidenziati il punto di misura in rosso e il punto di immissione del tracciante in verde nel giorno 27/05/2022 della prova n.3 (Maps)

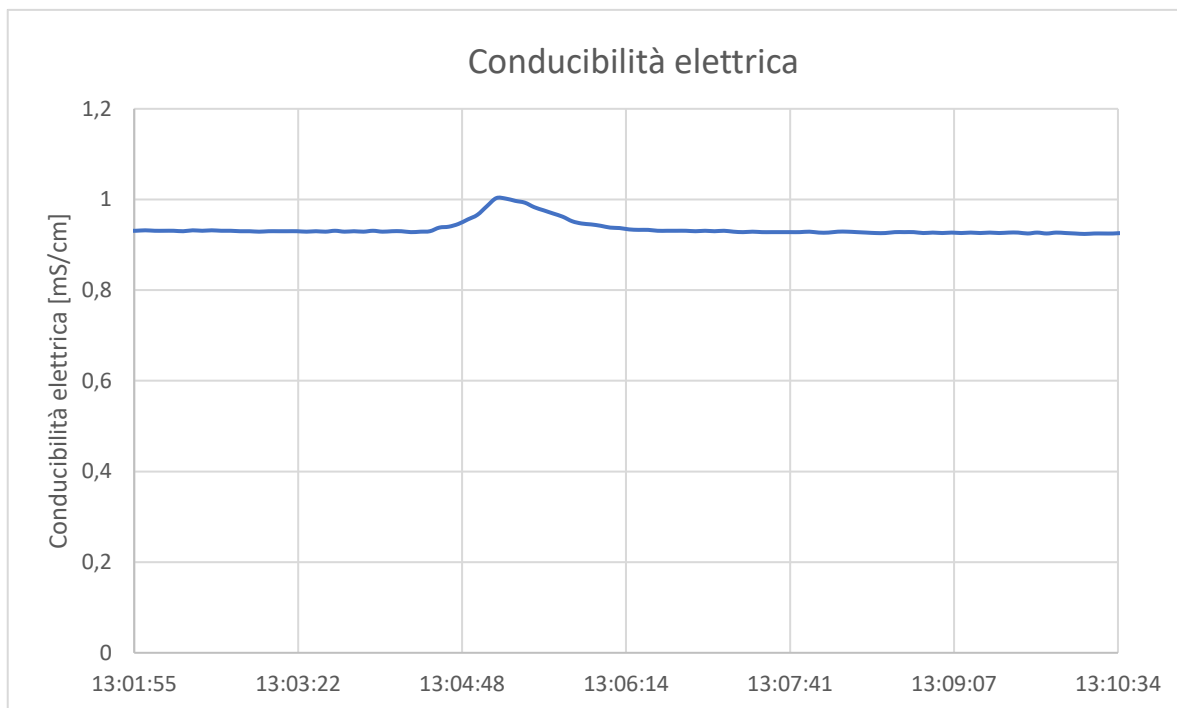


Figura 3.3.1.2 Andamento della conducibilità elettrica nel tempo nel corso della prova n.3 eseguita il giorno 27/05/2022 presso il torrente Scaricalasino in località Osimo (AN)

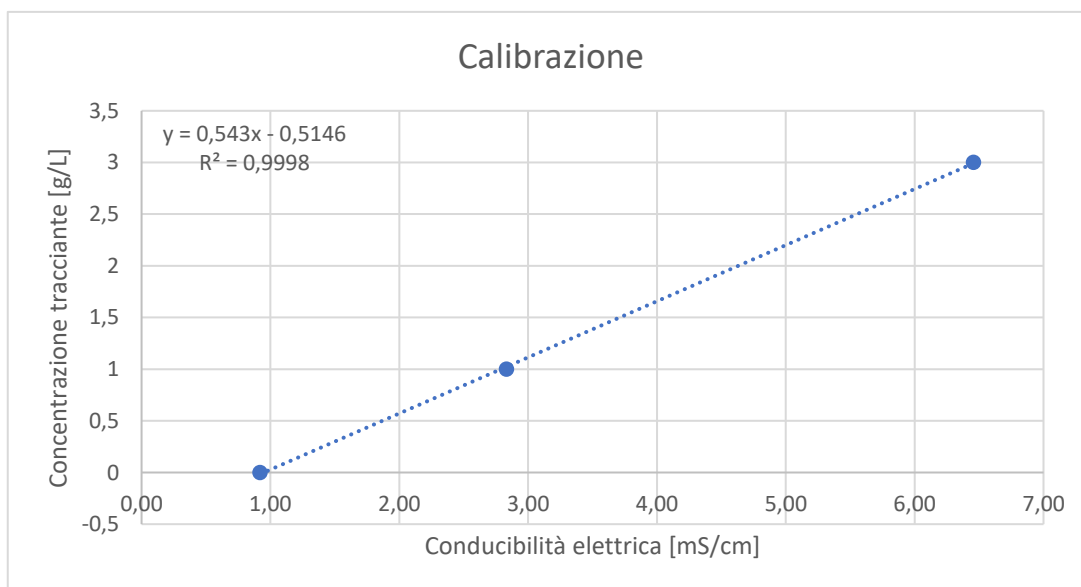


Figura 3.3.1.3 Calibrazione del sensore (bianco, 1g NaCl, 3g NaCl)

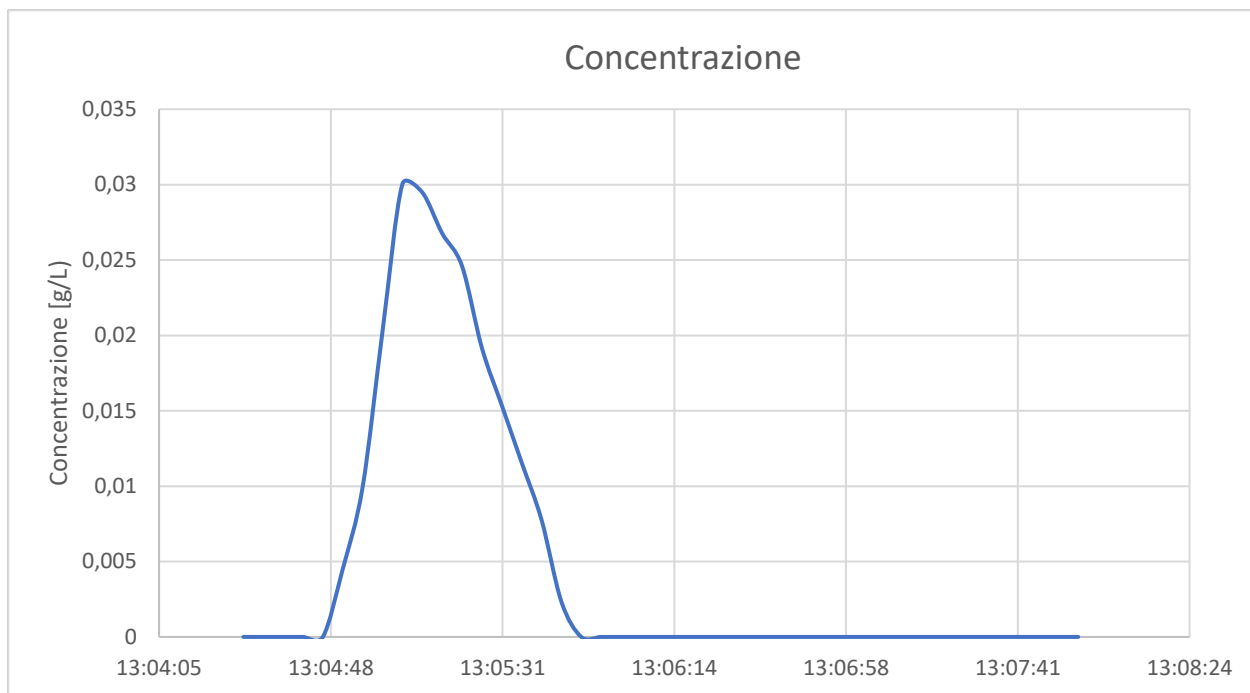


Figura 3.3.1.4 Andamento della concentrazione del tracciante NaCl nel tempo nel corso della prova n.3 eseguita il giorno 27/05/2022 presso il torrente Scaricalasino in località Osimo (AN)

In base ai dati raccolti, la portata individuata con il tracciante è pari a $Q = 198,2 \text{ L/s}$ (dato non valido).

3.3.2 MISURE DI PORTATA CON IL MULINELLO IDROMETRICO

La sezione scelta ha una larghezza di 3,2 metri. Di seguito vengono riportati i dati recepiti dalla misurazione (*Tabella 3.3.2.1*).

POSIZIONE [m]	PROFONDITA' [m]	VELOCITA' MEDIA [m/s]
0	0	0
0,2	0,065	0,019
0,4	0,101	0,032
0,6	0,103	0,026
0,8	0,097	0,028
1	0,076	0,027
1,2	0,078	0,062
1,4	0,084	0,102
1,6	0,088	0,125
1,8	0,093	0,169
2	0,106	0,112
2,2	0,102	0,123
2,4	0,082	0,114
2,6	0,079	0,076
2,8	0,075	0,045
3	0,061	0,117
3,2	0,04	0,08

Tabella 3.3.2.1 Dati della misura di portata con il mulinello idrometrico della prova n.3 eseguita il giorno 27/05/2022 presso il torrente Scaricalasino in località Osimo

(AN)

La prova è stata eseguita dalle ore 12:11 alle ore 12:31 ottenendo una portata media di circa 19 L/s.

3.4 RISULTATI FINALI

Di seguito si riportano tutti i risultati ottenuti dalle prove nella *Tabella 3.4.1*, dove sono specificate le portate e i dispositivi utilizzati.

N° prova	Luogo e Data	Portate misurate [L/s]	
		Tracciante	Mulinello
1	Vallemiano 02/03/2022	8 L/s	10 L/s
2	Vallemiano 27/05/2022	2,14 L/s	-
3	Scaricalasino 27/05/2022	-	19 L/s
4	Betelico	0*	0*

Tabella 3.4.1 Risultati finali delle misure di portata con specificati il numero della prova, il luogo e la data e la tipologia di metodo utilizzato, le portate sono riportate con l'unità di misura L/s

Legenda:

*: portata uguale a zero per mancanza di acqua nel corso d'acqua

-: portata non misurabile o valore non valido

4.DISCUSSIONE

I dati raccolti hanno evidenziato come la portata dei corsi d'acqua analizzati sia stata influenzata dall'importante siccità riscontrata in Italia nel corso del 2022.

I grafici riportati nella sezione 2.3, ovvero quelli dell'andamento del livello idrometrico e della portata di due stazioni pluviometriche situate nel bacino del fiume Aspio, esplicano molto bene questo periodo di secca, interrotto solamente da alcuni eventi meteorici, talvolta molto importanti (come quelli datati 09/06/2022, 07/07/2022, 19/08/2022, 16/09/2022).

La mancanza di acqua ha influito notevolmente sulle prove effettuate, tanto che non è stato possibile prendere nessun dato utile nel periodo estivo. In generale è possibile affermare che il metodo con l'utilizzo del tracciante NaCl si adatta meglio alle condizioni attuali dei corsi d'acqua, mentre il mulinello idrometrico ad induzione ha una più difficile gestione a causa di limiti strutturali (necessità di una portata minima per effettuare la misurazione).

Di seguito si analizzano le varie misure di portata effettuate:

1) Vallemiano 02/03/2022

La prova ha riportato risultati validi sia per il metodo del tracciante sia per quello del mulinello idrometrico ad induzione.

Nel primo caso sono state effettuate le misure con 200 grammi di tracciante NaCl immessi e a distanza di due minuti dall'inserimento la conducibilità elettrica rilevata dal conducimetro ha un aumento di circa 0,3 mS/cm (da 1,39 a 1,72), indicando il passaggio del sale. Allo stesso tempo è possibile vedere che la concentrazione aumenta all'aumentare della conducibilità elettrica in modo lineare: da qui, perciò, è stata calcolata la portata che risulta di circa 10,9 L/s. Il tempo effettivo impiegato per la preparazione ed esecuzione della prova è stato di circa 30 minuti.

Nel secondo caso invece sono state fatte 10 misurazioni (con l'iniziale e la finale ovviamente nulle, perché, essendo stato canalizzato, il

torrente Miano ha una sezione trapezoidale con le pareti laterali oblique), con distanza di 10 cm l'una dall'altra: la profondità media risulta essere di circa 0,048 metri e la velocità media risulta pari a circa 0,180 m/s. Da qui è stato possibile calcolare la portata media, avendo l'area e la velocità del flusso, che è uguale a 8 L/s. La prova è durata in tutto circa 15 minuti.

Comparando i due risultati ottenuti, si ha una differenza di 2 L/s.

2) Vallemiano 27/05/2022

La prova ha riportato risultati validi con il metodo del tracciante, non validi con il mulinello idrometrico ad induzione.

La prima prova effettuata con il tracciante non ha riscontrato alcuna variazione della conducibilità elettrica, di conseguenza non è stata riportata nei risultati: ciò è accaduto a causa della crescita algale dovuta al periodo primaverile, rimossa successivamente. Difatti il fenomeno in questione ha impedito al sale immesso di arrivare fino alla sonda del conducimetro, venendo intrappolato lungo il percorso. Per la seconda prova sono stati inseriti 144,7 grammi di NaCl e sono stati ottenuti i seguenti risultati: si possono evidenziare le crescite di conducibilità elettrica (da 1,41 a 1,9 mS/cm) e concentrazione al passaggio del sale a circa un minuto dall'immissione del tracciante in acqua e la portata calcolata è stata di 2,14 L/s (un notevole cambiamento rispetto a quella della prova precedente).

Nonostante l'alveo del fiume sia stato ripulito, non è stato possibile effettuare la misurazione con il mulinello idrometrico a causa della poca quantità di flusso d'acqua, come riportato in *Figura 3.2.1.2*.

3) Scaricalasino 27/05/2022

La prova ha riportato risultati validi con il metodo del mulinello idrometrico ad induzione, non validi con il tracciante.

Per la misura effettuata con il tracciante, sono stati immessi 200 grammi di NaCl, il conducimetro ha riportato un innalzamento della

conducibilità elettrica di circa 0,07 mS/cm (da 0,93 a 1,002 mS/cm) e un conseguente aumento della concentrazione. La portata calcolata è stata di 198,2 L/s, dato non valido in quanto il punto di immissione e quello di misurazione erano troppo vicini e la quantità di tracciante scelta era troppo bassa rispetto alla larghezza della sezione e alla portata del corso d'acqua; dato inoltre il tempo della prova molto breve, è intuibile che molto tracciante si sia fermato nel fiume a causa della vegetazione o di altre correnti presenti, non essendosi incanalato correttamente verso il punto di misura.

La misurazione con il mulinello idrometrico ad induzione invece è stata eseguita su una sezione di 3,2 metri con 17 punti verticali di misura a distanza di 20 cm l'uno dall'altro: sono state rilevate una profondità media di circa 0,09 metri e una velocità media di 0,074 m/s. Successivamente è stato possibile calcolare la portata media, avendo l'area e la velocità del flusso, che è pari a 19 L/s. La prova è stata eseguita in circa 30 minuti.

La portata ricavata tramite il mulinello idrometrico si può paragonare anche ai dati ricavati dalle due stazioni pluviometriche analizzate (Aspio terme e Crocette), delle quali si evidenziano i valori registrati in data 27/05/2022 nel capitolo 2.3 del presente lavoro.

4) Betelico

Era stata programmata anche una misura di portata presso il torrente del Betelico, nel comune di Camerano, ma non è stato possibile effettuarla a causa della mancanza d'acqua nello stesso. Si è ipotizzato che, nonostante il Betelico sia un torrente che si rigenera solo in presenza di grandi eventi meteorici, la mancanza di precipitazioni ha portato anche ad un abbassamento della falda che alimenta il corso d'acqua. Quest'ultimo, quindi, non si ricarica perché le uniche piogge che sono cadute sono state assorbite dalle piante o sono andate in ruscellamento, non sono state recepite dalle falde né tanto meno dai fiumi.

5. CONCLUSIONI

L'obiettivo di questo elaborato era confrontare diverse metodologie di misura delle portate dei corsi d'acqua, quali la misura con il tracciante chimico NaCl e con il mulinello idrometrico ad induzione, e individuare come le stesse siano influenzate dalla siccità del 2022.

Le analisi portate a termine hanno evidenziato limiti e punti di forza della strumentazione utilizzata: una nota dolente è stata la constatazione dei danni che la siccità del 2022 ha causato nei piccoli torrenti come il Betelico. Tali danni sono stati visti tramite i grafici dei livelli idrometrici delle due stazioni pluviometriche circostanti la zona scelta per le misure di portata: dai grafici è stato possibile risalire alle portate registrate grazie all'ausilio delle scale di deflusso che, insieme agli altri dati, sono stati forniti dal sito Sirmip online della Protezione Civile regionale. Esse hanno evidenziato una mancanza di precipitazioni importante, intervallata solamente da rari e intensi eventi di pioggia (nei mesi estivi solo quattro), che hanno contribuito al prosciugamento dei più piccoli corsi d'acqua.

I risultati ottenuti da entrambe le metodologie di misura non sono spesso concordanti tra di loro oppure non possono essere confrontati causa mancata misurazione: l'unica misura completa è quella del 02/03/2022 del torrente Miano. Le altre invece hanno evidenziato molte difficoltà nell'applicazione dei vari metodi con le attuali condizioni ambientali e climatiche: in particolare il mulinello idrometrico ad induzione non ha campionato se non in presenza di una minima quantità di portata nell'alveo; al contempo, è una caratterizzazione più precisa della sezione scelta, in quanto più verticali si misurano, più l'area è analizzata. Del tracciante NaCl invece sono stati validati tutti i risultati, tranne l'ultimo: l'errore in questo caso è stato di valutazione preliminare, poiché la sezione e la portata erano troppo grandi e discontinue (più flussi nello stesso corso d'acqua) rispetto alla quantità di sale immesso. Nonostante la facile reperibilità del materiale utilizzato, la preparazione e l'esecuzione della prova hanno maggiore durata rispetto a quelle del mulinello idrometrico, che al contrario necessita di una strumentazione più specifica.

In conclusione, entrambe le metodologie, messe in correlazione con i grafici degli eventi meteorici, campionano una portata molto al di sotto della media stagionale: da sottolineare il campionamento nello stesso torrente Miano da inizio marzo a fine maggio che riporta una differenza di portata di circa 8 L/s, indice alquanto importante della crisi idrica e ambientale che l'Italia sta vivendo.

BIBLIOGRAFIA

- Aringoli, D., Gentili, B., Materazzi, M., Pambianchi, G., & Farabollini, P. (2014). Il ruolo della gravità nell'evoluzione geomorfologica di un'area di falesia: il caso del Monte Conero (Mare Adriatico, Italia centrale). *Studi costieri*, 22, 19-32.
- Bolognesi, A. (2006). *INDAGINE SPERIMENTALE SULLE MISURE DI PORTATA MEDIANTE TRACCIANTE NELLE CORRENTI A PELO LIBERO ED APPLICAZIONI INGEGNERISTICHE AI SISTEMI FOGNARI*.
- Calamita, F., Centamore, E., Deiana, G., & Micarelli, A. (1986). Evoluzione tettonico-sedimentaria dell'area umbro-marchigiana dal Trias al Pleistocene.
- CoLTORTI, M. D. M., NANNI, T., & ML, R. DI UN PIANO PAESISTICO: L'ESEMPIO DEI. MONTE CONERO (MARCHE).
- CROCERI, L. (2021). utilizzo di una banca dati, in un bacino attrezzato, per la valutazione del rischio idrogeologico.
- CROCKETTI, A. (2021). Caratterizzazione geomeccanica delle coperture e proprietà geologiche dei terreni in zona Ancona.
- Di Lena, B., & Giuliani, D. GEANNIO 2022-ANALISI DELLA SICCAITA'AGRICOLA E IDROLOGICA IN ALCUNI AREALI DELLA REGIONE ABRUZZO MEDIANTE L'IMPIEGO DELL'INDICE SPI.
- GOBBI, G., & NANNI, T. (1978). CARATTERISTICHE IDROCHIMICHE DELLE ACQUE DEL SUBALVEO DEL FIUME ASPIO (ANCONA).
- MARIANETTI, A. (2022). Analisi del trasporto solido fluviale in piccoli bacini idrografici.
- Mazzarella, A., Tranfaglia, G., & Di Donna, G. (1999). Il contributo della geometria frattale alla stima del deficit risolutivo di una rete di pluviometri e del rischio di piogge intense. *Bollettino Geofisico*, 61-71.
- Nanni, T. (1986). Inquadramento idrogeologico ed influenza della tettonica sugli acquiferi di subalveo delle pianure marchigiane.
- Rusi, S., Alberti, L., Da Pelo, S., De Filippis, G., Di Curzio, D., Forte, G., ... & Vincenzi, V. (2022). Is there a solution to the drought? Recurrent water

crises and the role of groundwater. *ACQUE SOTTERRANEE*, 11(2), 67-68.

- SILVI, G. (2021). Indagini idrogeologiche nelle sorgenti captate di Foce, Pescara e Capodacqua appartenenti al Massiccio dei Monti Sibillini: metodologie per le misure di portata.
- Tazioli A. (2019) - Corso di Geologia applicata, elementi di geologia, slide
- Tazioli, A. (2011). Experimental methods for river discharge measurements: comparison among tracers and current meter. *Hydrological Sciences Journal*, 56(7), 1314-1324.

SITOGRAFIA

- www.d-maps.com
- www.regione.marche.it
- www.stella-alpina-com
- www.didalms.it
- www.scubla.it
- www.ott.com
- www.supsi.ch
- www.app.protezionecivile.marche.it
- www.maps.it