



Committente

tecnici

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI BOLZANO
Dr. Ing. WALTER GOSTNER
Nr. 7191
INGENIEURKAMMER
DER PROVINZ BOZEN

Progetto definitivo

RUOTI ENERGIA S.r.l.
Piazza del Grano 3
I-39100 Bolzano (BZ)

committente

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Mandra Moretta" e relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei Comuni di Ruoti, Avigliano, Potenza, Pietragalla, Cancellara e Vaglio Basilicata (PZ)

progetto

contenuto Relazione sulle variazioni microclimatiche attese

redatto	modificato	scala	elaborato n.
cl 12.09.2023	a		PD-R.3.2
Controllato	b		
wag 28.09.2023	c		
pagine 19	n. progetto 11-213	11_213_PSKW_Ruoti\leintr1\leintr\text\Integrazioni_2023\PD-R.3.2_variazioni_microclimatiche_04.docx	



Studio di Geologia e GeolIngegneria
Dott. Geol. Antonio De Carlo

Dott. Geol. Antonio De Carlo
Via del Seminario 35 – 85100 Potenza (PZ)
tel. +39 0971 180 0373
studiogeopotenza@libero.it



BETTIOL ING. LINO SRL
Società di Ingegneria

S.L.: Via G. Marconi 7 - 31027 Spresiano (TV)
S.O.: Via Panà 56ter - 35027 Noventa Padovana (PD)
Tel. 049 7332277 - Fax. 049 7332273
E-mail: bettiolinglinosrl@legalmail.it

patzschepartner

ENGINEERS

Ingegneri Patzschneider & Partner S.r.l.
i-39024 mals/malles (bz) - glurnserstraße 5/k via glorenza
i-39100 bozen/bolzano - negrellistraße 13/c via negrelli
a-6130 schwaz - mindelheimerstraße 6
tel. +39 0473 83 05 05 – fax +39 0473 83 53 01
info@ipp.bz.it – www.patzschneiderpartner.it

Indice

1. Introduzione	2
1.1 Committente	2
1.2 Progettisti incaricati	2
1.3 Oggetto del documento	3
2. Inquadramento dell'area di studio.....	4
2.1 Generalità.....	4
2.2 Gli ambienti fluviali delle fiumare.....	4
2.3 Contesto idromorfologico di indagine.....	4
2.4 L'area di Mandra Moretta	6
3. Valutazione delle variazioni microclimatiche attese	6
3.1 Premessa	6
3.2 Effetti indotti sul regime delle temperature.....	7
3.2.1 Generalità	7
3.2.2 Dati di base	7
3.2.3 Approccio di calcolo	8
3.2.4 Effetti attesi per l'invaso di valle	8
3.2.5 Effetti attesi per l'invaso di monte.....	10
3.3 Effetti indotti sulle peculiarità ecologiche e pedologiche delle aree.....	12
3.3.1 Premessa.....	12
3.3.2 Casi di studio	12
3.3.2.1 Indici consultati.....	12
3.3.2.2 Effetto dei grandi invasi	13
3.3.2.3 Alterazioni indotte da invasi di piccole dimensioni.....	15
3.3.3 Possibili interferenze dei nuovi invasi.....	17
3.3.3.1 Generalità.....	17
3.3.3.2 Invaso di valle.....	17
3.3.3.3 Invaso di monte	18
3.4 Effetti sulla formazione del ghiaccio sulle strade	18
4. Conclusioni	18

1. Introduzione

1.1 Committente

RUOTI ENERGIA S.r.l.

Piazza del Grano 3

I-39100 Bolzano (RM)

1.2 Progettisti incaricati

Coordinatore di progetto:

Dr. Ing. Walter Gostner

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.

Opere civili ed idrauliche

Ingegneri Patscheider & Partner Srl

Via Glorencia 5/K

39024 Malles (BZ)

Responsabile opere idrauliche:

Responsabile opere civili:

Coordinamento interno:

Progettisti:

Via Negrelli 13/C

39100 Bolzano (BZ)

Dr. Ing. Walter Gostner

Dr. Ing. Ronald Patscheider

Dr. Ing. Corrado Lucarelli

Dr. Ing. Marco Demattè

MSc ETH Alex Balzarini

Dr. For. Giulia Bisoffi

Tecn. Alexander Gambetta

Geom. Marion Stecher

Geom. Stefania Fontanella

Per. Agr. Luciano Fiozzi

Geologia e geotecnica

Consulenti specialistici:

Dr. Geol. Antonio De Carlo

Studio di Geologia e Geoingegneria

Via del Seminario 35

85100 Potenza (PZ)

Archeologia

Consulenti specialistici:

Dr.ssa Miriam Susini

Via San Luca 5

85100 Potenza (PZ)

Acustica

Consulenti specialistici:

Dr. Ing. Filippo Continisio

Acusticambiente

Via Marecchia 40

70022 Altamura (BA)

Biologia, botanica, pedo-agronomia

Consulenti specialistici:

Dr.ssa Antonella Pellegrino

Dr. PhD. Applied Biology, Environmental Advisor

Via Gran Bretagna 37

81055 S. Maria C. V. (CE)

<https://www.ingesp.it>

Opere elettriche – Impianto Utanza per la Connessione

Progettista e consulente specialista:

Bettiol Ing. Lino S.r.l.

Dr.ssa Ing. Giulia Bettiol

Società di Ingegneria

Via G. Marconi 7

I-31027 Spresiano (TV)

Inserimento paesaggistico delle opere di impianto e di utanza

Consulenti:

Architettura Energia Paesaggio

Dr. Arch. Daniela Moderini

Dr. Arch. Giovanni Selano

Santa Croce 1387

I-30135 Venezia (VE)

1.3 **Oggetto del documento**

Come richiesto dalla Commissione Tecnica PNRR – PNIEC del Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica nella comunicazione inoltrata al Proponente nel maggio 2022 (CTVA. REGISTRO UFFICIALE U. 0005742.16-05-2023) in merito alle integrazioni alla documentazione presentata per l’istanza di avvio del procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale

relativa all'”Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato “Mandra Moretta” e relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei Comuni di Ruoti, Avigliano, Potenza, Pietragalla, Cancellara e Vaglio Basilicata (PZ)”, si redige il presente documento con l'obiettivo di indagare le possibili modificazioni indotte al microclima locale nel Comune di Ruoti in seguito alla realizzazione delle opere di invaso. Data la complessità di tali valutazioni e la completa assenza di dati pregressi e di serie storiche note relative alle varie componenti ambientali che caratterizzano le aree oggetto di intervento, tutte le valutazioni di cui al presente documento saranno opportunamente aggiornate e/o calibrate in dettaglio unicamente con l'avvio della fase di monitoraggio dei parametri meteorologici della zona e delle componenti ecologiche e vegetazionali. Ad oggi è stato realizzato esclusivamente un monitoraggio ex ante in un contesto che non ospita invasi artificiali se non il piccolo Lago della Moretta in zona Mandra Moretta, che non verrà inficiato dalla realizzazione del nuovo invaso di monte.

2. Inquadramento dell'area di studio

2.1 Generalità

La realizzazione dei due invasi è prevista nel comune amministrativo di Ruoti (PZ) che dista circa 14,5 km dal capoluogo lucano in direzione nord-ovest. Il centro del paese si trova ad una quota di 751 m s.l.m. sulle coordinate 40°43'8,40"N e 15°40'47,28"E. Il territorio comunale si estende su una superficie di ca. 55,1 km² ed ospita le frazioni di Acqua Bianca, Avriola, Bosco Grande, Caivano, Cesine, Croce, Faggeta, Incasciature, Micele, Porcile, San Giovanni, Serra di Pepe, Toppo di Scioscio, Valle dell'Olmo e Valle in Casa. Il Comune di Ruoti confina direttamente con i Comuni di Avigliano, Potenza, Bella, Baragiano e Picerno. Per un inquadramento geografico si rimanda direttamente alla corografia ed alle planimetrie di progetto.

2.2 Gli ambienti fluviali delle fiumare

2.3 Contesto idromorfologico di indagine

La Fiumara di Ruoti oggetto di indagine presenta un regime idrologico altamente intermittente, con massimo di portata invernale molto spiccato, nettamente prevalente sul minimo estivo. Tale aspetto si traduce quindi in portate abbondanti da novembre a marzo (spesso sotto forma di piene importanti e con spiccati fenomeni di instabilità degli alvei fluviali) e decisamente scarse in piena estate, con contributi specifici quasi sempre di molto inferiori a 0,5 l/s/km², comportamento tipico delle fiumare. Si tratta di una condizione generalmente sfavorevole per le cenosi acquatiche ed in particolare per l'ittiofauna, tenuto conto anche della forte acclività dell'alveo laterali (che limita fortemente la risalita naturale verso monte dei pesci) e della presenza di

imponenti opere trasversali lungo gli alvei di fondovalle che risultano inesorabilmente invalicabili per i pesci. Il corso d'acqua allo stato attuale è caratterizzato da letti fortemente ghiaiosi e ciottolosi con una colmatazione di materiali fino generalmente elevata, nelle stagioni estive si presenta praticamente asciutta e non risulta sostanzialmente mai idonei alla vita per la maggior parte delle specie ittiche.



Figura 1. La tipica conformazione idrologica della Fiumara di Ruoti nei mesi invernali (A) e nei mesi estivi (B).

Lungo la Fiumara di Ruoti il fondo ed i banchi di ghiaia affioranti risultano coperti da un'ampia matrice sabbiosa ed il substrato ghiaioso si presentava colmato di sabbia fine e di limo.



Figura 2. Pozze e cascate presenti lungo il corso medio della Fiumara di Ruoti e, a destra, uno dei tratti più diversificati da un punto di vista morfologico con un buon grado di ombreggiamento.

Nei tratti non ombreggiati della fiumara pertanto sono da attendersi le medesime dinamiche estive di impoverimento degli habitat ittici. Anche in questo caso, tali fluttuazioni stagionali nella costituzioni dei substrati del corso d'acqua testimoniano come tali ambienti non siano adatti alla frega dei pesci. Lungo la Fiumara di Ruoti sono presenti brevi tratti di morfologia a pozze e cascate. Se nella stagione invernale questi rappresentano dei potenziali habitat per la fauna ittica, in assenza di portata estiva tali elementi non vengono di fatto alimentati, le temperature

dell'acqua diventano torride e si determina proliferazione algale che di fatto rende completamente anossici questi ambienti. Anche nei tratti morfologicamente più diversificati, l'assenza di deflusso dei mesi estivi garantisce una lama d'acqua stagnante di pochi centimetri che di fatto non consente la sopravvivenza di nessuna specie ittica.

2.4 L'area di Mandra Moretta

Nell'area dove è prevista la realizzazione del bacino di monte è presente un laghetto, alimentato probabilmente da una piccola sorgente sotterranea, che occupa una superficie di ca. 4.700 m². Il lago della Moretta (anche detto Lago Scuro) è inserito in una conca naturale chiusa sul lato nord da un argine realizzato in anni recenti (Figura 3). Non risultano allo stato attuale interventi di impermeabilizzazione o di gestione delle acque superficiali nella zona del laghetto. A valle dell'argine si estende una zona pianeggiante ad oggi incolta. Non sono state eseguite analisi idrologiche specifiche per quanto riguarda il bacino di monte in quanto esso non sarà alimentato direttamente da corsi d'acqua e non sono previste sinergie nemmeno con sorgenti o rivi secondari in zona. Il riempimento del sistema chiuso dell'impianto di pompaggio avverrà infatti unicamente prelevando acqua dalla Fiumara di Ruoti come illustrato nei paragrafi successivi.



Figura 3. Alcune immagini del Lago della Moretta.

3. Valutazione delle variazioni microclimatiche attese

3.1 Premessa

Con il termine “*microclima*” in climatologia si indica il clima di una zona geografica locale in cui i parametri atmosferici medi differiscono in modo caratteristico e significativo da quelli delle zone circostanti a causa di peculiarità topografiche, orografiche, geomorfologiche e ambientali. I microclimi locali sono quindi alla base di differenze meteo-atmosferiche che si registrano localmente su un'ampia fetta di territorio. È noto che la presenza di uno specchio d'acqua determina

l'insorgenza di un microclima particolare, contribuendo a raffreddare o mitigare l'atmosfera circostante. La presenza di un invaso influenza il microclima dei territori circostanti a causa della grande massa d'acqua che si raccoglie. L'acqua ha infatti un'elevata capacità termica, un parametro che indica la quantità di calore necessaria ad innalzare di 1°C la temperatura di un corpo, l'acqua in sostanza per riscaldarsi assorbe calore prelevandolo dall'atmosfera. Nei mesi più freddi avviene l'inverso, con l'acqua che per raffreddarsi cede molto calore all'atmosfera. Generalmente nei pressi dei bacini artificiali la temperatura atmosferica risulta più bassa di quella dei territori circostanti nei mesi caldi, proprio perché l'acqua sottrae calore all'aria. In merito agli effetti degli invasi artificiali sul microclima locale, esistono numerosi studi in letteratura (si veda ad es. Wang et al., 2018). Nel caso specifico di un impianto di accumulo tramite pompaggio è risaputo che l'ambiente ecologico circostante è molto sensibile alle variazioni di livello e di superficie dello specchio d'acqua, pertanto risulta prioritario regolare le attività ed i cicli di pompaggio e di generazione sull'esigenze ambientali del contesto in cui si opera. È altresì noto che l'intensità delle variazioni microclimatiche indotte dalla presenza degli invasi artificiali dipendono dalla collocazione geografica degli invasi e dalle caratteristiche morfologiche del contesto di prossimità. Nelle regioni montuose infatti gli effetti indotti sul microclima locale sono molto più contenuti rispetto a quelli censiti nelle aree di pianura. Generalmente nei contesti di pianura si determinano variazioni di temperatura degli ambienti circostanti molto contenute (dell'ordine massimo di 1°C) dopo la realizzazione di un invaso. Tali variazioni in prossimità degli invasi sono più contenute nella stagione arida che in quella piovosa.

3.2 Effetti indotti sul regime delle temperature

3.2.1 Generalità

Nel caso di specie il territorio non è caratterizzato da invasi esistenti ma da un fondovalle che ospita una fiumara, classico corso d'acqua intermittente che presenta deflusso elevati nella stagione invernale e risulta invece asciutto nei mesi estivi, portando acqua esclusivamente in caso di precipitazioni abbondanti. Presso Mandra Moretta è presente un laghetto creatosi con la realizzazione di un argine artificiale che non verrà interessato dai lavori ed un'area di coltivo caratterizzata da una elevata impermeabilità superficiale.

3.2.2 Dati di base

Al fine di valutare gli impatti sul microclima locale indotti dalla realizzazione dei nuovi invasi lungo la Fiumara di Ruoti e presso Mandra Moretta si è applicata la metodologia proposta da Wang et. al (2018), assumendo quanto segue:

- I dati relativi alla temperatura dell'acqua di un invaso esistente sono stati tratti dal portale dell'ARPA Basilicata (<https://monitoraggio.arpab.it/>) considerando invasi e località simili a quelli che saranno realizzati, assumendoli come dati di progetto per valutare la temperatura dell'acqua dei nuovi invasi nella stagione piovosa (mese di gennaio) ed in quella secca (mese di giugno);
- I dati relativi alla temperatura dell'aria al suolo sono stati tratti sempre dal portate di ARPA Basilicata e sono stati utilizzati per la caratterizzazione termica degli ambienti di Mandra Moretta e della Fiumara di Ruoti nello stato attuale ed in quello di progetto.

3.2.3 Approccio di calcolo

Al fine di stimare le differenze di temperatura al suolo e presso lo specchio d'acqua, si determina un coefficiente TD così definito:

$$TD = LST - LST_{EA}$$

Dove TD rappresenta la differenza di temperatura (°C), LST rappresenta la temperatura al suolo e LST_{EA} rappresenta la temperatura nelle immediate vicinanze dello specchio d'acqua, assunta uguale alla temperatura dello specchio d'acqua. Allo stato attuale i parametri LST e LST_{EA} sono uguali, in quanto non esiste un invaso nelle immediate vicinanze del sito di intervento. Nello stato di progetto LST è assunto pari alla temperatura del suolo mentre LST_{EA} è assunto pari alla temperatura dell'acqua registrata da ARPA Basilicata nell'invaso di Acerenza, il più vicino al sito di indagine tra quelli monitorati. Nei mesi invernali si determina una temperatura media dell'acqua di ca. 10 °C, mentre nei mesi caldi ed aridi la temperatura dell'acqua arriva anche a 28-30 °C in superficie. Per quantificare l'impatto derivante dalla realizzazione del nuovo invaso è definito un indice RECI (*Reservoir Effect Change Intensity*) definito come segue:

$$RECI = TD_L - TD_F$$

dove RECI quantifica le differenze in termini di variazione di temperatura (°C) mentre con TD_F e TD_L si indicano le differenze di temperatura tra i siti di analisi prima (F) e dopo (L) la realizzazione dell'invaso. Per l'analisi qui proposta si intuisce come il parametro TD_F risulti sempre nullo, in quanto allo stato attuale non esiste un invaso.

3.2.4 Effetti attesi per l'invaso di valle

In Figura 4 è riportato l'andamento medio per fascia oraria del parametro TDL nella stagione umida (gennaio) e nella stagione arida (giugno) per il bacino di valle. Si nota che tale parametro restituisce valori positivi nei mesi invernali contribuendo pertanto ad un generale effetto di mitigazione delle temperature delle aree perifluviali e perilacuali nel fondovalle della Fiumara di Ruoti. Di fatto l'invaso di valle cede il calore accumulato dalle acque all'ambiente circostante.

Nei mesi estivi invece la situazione rimane sostanzialmente invariata nelle ore notturne mentre si determinano valori leggermente negativi nelle ore diurne. Si determina in questo caso un effetto di lieve raffreddamento durante il giorno.

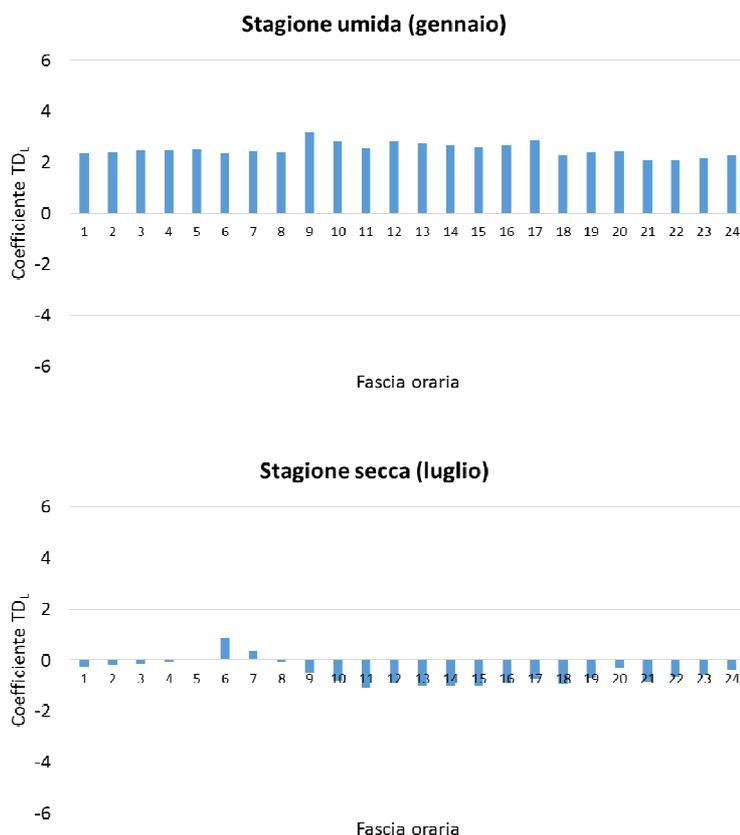


Figura 4. Indice TDL nella stagione umida (gennaio) e nella stagione secca (giugno).

Al fine di rappresentare meglio il risultato del calcolo effettuato si è utilizzata anche la standardizzazione degli indici proposta dagli autori e di seguito illustrata:

$$NTD = (TD - TD_{MIN}) / (TD_{MAX} - TD_{MIN})$$

$$NRECI = (RECI - RECI_{MIN}) / (RECI_{MAX} - RECI_{MIN})$$

Grade	NTD's Range	Grade	NRECI's Range
Lowest	0.0~0.2	Weakest	0.0~0.2
Lower	0.2~0.4	Weaker	0.2~0.4
Transition	0.4~0.6	Middle	0.4~0.6
Higher	0.6~0.8	Stronger	0.6~0.8
Highest	0.8~1.0	Strongest	0.8~1.0

Tabella 1. Livelli di classificazione dei due indici standardizzati.

Stagione	NRECI
Umida (gennaio)	0,39
Arida (giugno)	0,31

Tabella 2. Risultati dell'analisi condotta.

Dall'analisi dei risultati sopra riportati si intuisce quanto segue:

- I valori del coefficiente TDL sono positivi nella stagione umida (effetto di mitigazione delle temperature) e negativi nella stagione arida (effetto di raffreddamento);
- In base ai valori del coefficiente NRECI, l'intensità del riscaldamento invernale e del raffreddamento estivo è media (rispettivamente 0,39 e 0,31).

Da quanto sopra riportato emerge quindi uno spiccato effetto di raffreddamento dei territori latitanti al nuovo invaso lungo la Fiumara di Ruoti, l'ordine di grandezza della variazione media di temperatura indotta è di 0,5 C°. In tale scenario non solo non si determinano effetti negativi sulle specie di fauna e flora che popolano l'area, ma si configura anche un generale beneficio per le aree circostanti.

3.2.5 Effetti attesi per l'invaso di monte

In Figura 4 è riportato l'andamento medio per fascia oraria del parametro TDL nella stagione umida (gennaio) e nella stagione arida (giugno) per il bacino di monte. Si nota che mediamente tale parametro restituisce sempre valori negativi contribuendo pertanto ad un generale raffreddamento delle aree perifluviali e perilacuali in tutte le stagioni. Di fatto l'invaso di valle cede il calore accumulato dalle acque all'ambiente circostante.

Stagione	NRECI
Umida (gennaio)	0,37
Arida (giugno)	0,51

Tabella 3. Risultati dell'analisi condotta.

Dall'analisi dei risultati sopra riportati si intuisce quanto segue:

- I valori del coefficiente TDL sono sempre negativi, il che suggerisce come ci si debba probabilmente attendere un effetto di raffreddamento (*cooling*) delle aree limitrofe al nuovo invaso di monte nell'area di Mandra Moretta.

- Tale effetto è presente in entrambi gli scenari stagionali ed è più marcato nelle ore serali di entrambi gli scenari. In base ai valori del coefficiente NRECI, l'intensità del raffrescamento è bassa nella stagione umida (0,37) ed è media (0,51) nella stagione arida ed estiva.

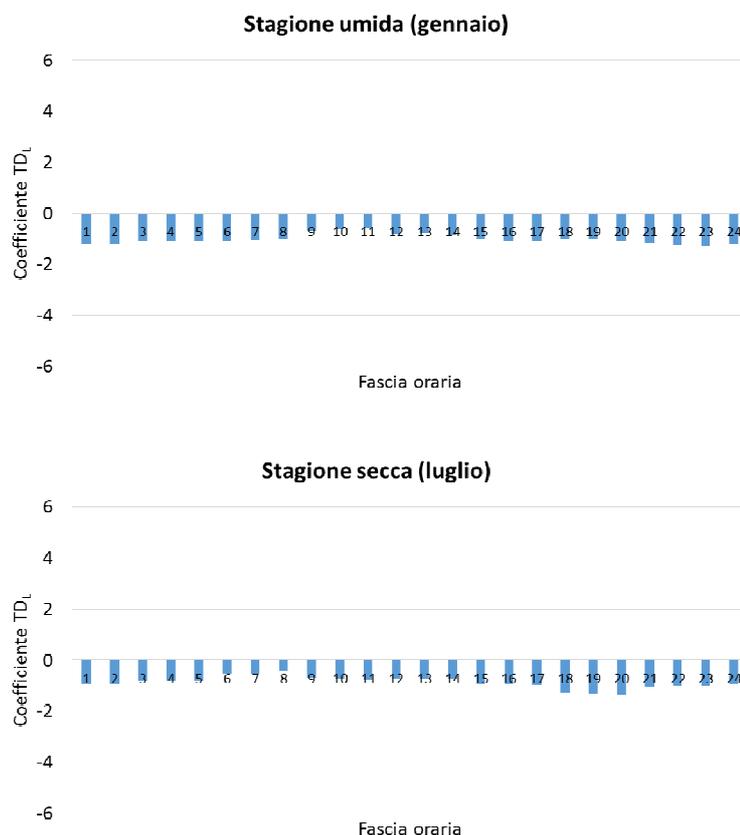


Figura 5. Indice TDL nella stagione umida (gennaio) e nella stagione secca (giugno).

Da quanto sopra riportato emerge quindi un effetto di raffreddamento dei territori latitanti al nuovo invaso di Mandra Moretta, l'ordine di grandezza della variazione media di temperatura indotta è di 0,5 – 1 °C. In tali scenari non solo non si determinano effetti negativi sulle specie di fauna e flora che popolano l'area, ma si configura anche un generale beneficio per le aree circostanti. Negli ultimi decenni infatti le temperature medie dei territori coinvolti sono progressivamente aumentate a causa degli evidenti cambiamenti climatici in corso. Il raffrescamento atteso dell'area gioverà anche alle dinamiche dell'esistente lago della Moretta che non verrà interessato dalle opere in progetto. Si potrà pertanto attendere una ripercussione positiva per gli habitat spondali ed umidi che circondano il lago, inoltre anche il riscaldamento delle acque invase nei mesi estivi potrà essere leggermente mitigato. Pertanto un leggero raffrescamento del territorio non può che giovare. Non si configurano effetti negativi da questo punto di vista.

3.3 Effetti indotti sulle peculiarità ecologiche e pedologiche delle aree

3.3.1 Premessa

Ad oggi non risulta possibile prevedere con certezza scientifica gli effetti che la realizzazione dei nuovi invasi a servizio dell'impianto di pompaggio in progetto eserciteranno sulle popolazioni vegetali ed animali e sulle proprietà dei suoli in un stretto intorno delle aree di intervento. Sulla scorta dei dati disponibili risulta possibile unicamente comparare le situazioni che potrebbero venirsi a creare con le evidenze emerse dall'analisi dell'evoluzione di queste componenti ambientali in siti in cui precedentemente non esistevano invasi o accumuli idrici. Occorre sottolineare sin da subito che gli effetti generati da uno specchio d'acqua sul territorio circostanze variano, in intensità ed in estensione, in base alle dimensioni degli invasi (superficie e profondità) ed alla collocazione geografica degli stessi. I grandi laghi generalmente si scaldano in estate (quindi assorbono calore) e cedono il calore accumulato nei mesi invernali. Tali effetti sono molto meno evidenti, se non del tutto trascurabili, nel caso di piccoli specchi d'acqua poco profondi. Nel caso in esame si ricorda che entrambi gli invasi presenteranno delle fluttuazioni di livello giornaliera che altereranno sicuramente gli scambi di calore che si determinano invece per i laghi naturali.

Al fine di identificare i possibili impatti derivanti dalla realizzazione dei due invasi e sulla scorta dei dati satellitari e degli indici disponibili, si è provveduto inizialmente a valutare gli effetti indotti al microclima da un grande invaso in una regione arida come l'entroterra turco e parimenti gli effetti di un piccolo invaso irriguo in zona appenninica. I risultati delle analisi comparative condotte sono state poi contestualizzate ai siti ed all'ambito territoriale di intervento.

3.3.2 Casi di studio

3.3.2.1 Indici consultati

Al fine di inquadrare in modo plausibile, data la sostanziale assenza di dati, i possibili effetti sul microclima locale imputabili alla realizzazione delle opere di invaso, si è provveduto ad analizzare le modificazioni indotte dalla realizzazione di dighe ed invasi ad oggi esistenti sul territorio circostante. L'analisi è stata condotta sulla scorta degli indicatori forniti dal browser ufficiale del Programma Copernico della Comunità Europea, di seguito definiti, che consentono di valutare in maniera semi-qualitativa le modificazioni indotte dalla realizzazione delle opere:

- **Indice NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)** che nella sua semplicità risulta efficace per quantificare la presenza di vegetazione verde, intendendo con questa espressione anche la vegetazioni ripariale e le macchie di boschi naturali. Rappresenta di fatto una misura dello stato di salute della vegetazione basata sulle modalità con cui le piante

riflettono la luce per determinate lunghezze d'onda. Il range dell'indice varia da -1 a +1. Valori negativi dell'indice NDVI, prossimi a -1, corrispondono alla presenza di acqua. Valori prossimi allo zero (tra -0,1 e +0,1) rappresentano aree rappresentate dalla presenza di roccia, sabbia o neve. Valori positivi limitati (compresi tra 0,2 e 0,4) sono riconducibili alla presenza di prati, pascoli ed aree coltivate. Valori elevati dell'indice si riferiscono invece a superfici coperte da foreste temperate o, se prossimi a +1, a foreste tropicali in aree dall'elevata precipitazione meteorica.

- Indice NDMI (*Normalized Difference Moisture Index*) utilizzato per la determinazione del contenuto idrico della vegetazione per finalità di monitoraggio. Il range di tale indicatore varia da -1 a +1. Valori negativi dell'indice prossimi a -1 si riferiscono a terreno molto aridi ed improduttivi. Valori prossimi allo zero (tra -0,2 e 0,4) a zone con deficit idrico, mentre valori più elevati indicano aree senza stress idrico e con buona presenza di vegetazione idrofila (ca. da 0,4 a +1).
- Indice SWIR (*Short wave infrared composite*) che consente di stimare quanta acqua è presente nelle piante e nel terreno in funzione dell'intensità di assorbimento delle lunghezze d'onda SWIR dell'acqua. Bande d'onda corte infrarosse risultano utili per distinguere le varie tipologie di nuvole, la neve ed il ghiaccio e tutto quello che generalmente appare bianco nello campo visibile della luce. In quest'ottica la vegetazione viene rappresentata con differenti tonalità di verde, il terreno e le aree edificate con differenti tonalità di marrone mentre l'acqua appare nera.

Le mappature di tutti gli indici ora citati possono essere facilmente reperite in rete consultando i siti tematici disponibili (ad es. www.indexdatabase.de).

3.3.2.2 Effetto dei grandi invasi

Partendo dal presupposto che i due nuovi invasi a servizio dell'impianto a pompaggio hanno entrambi un volume di invaso di 1 Mio m³ e sono classificati entrambi come grandi dighe ai sensi della normativa nazionale, si è verificato dapprima l'impatto esercitato sui territori circostanti da una grande diga, lo sbarramento di Illisu, generato dalla realizzazione di una nuova diga in calcestruzzo con riempimento di roccia sul Tigri in Turchia. Le operazioni di invaso sono iniziate nel luglio 2019 ed il volume di invaso atteso (molto più grande di quelli in trattazione) è stato raggiunto nell'aprile del 2020. In Figura 6 sono forniti degli estratti ortofotografici (fonte: Google Earth) del 2018 (ante realizzazione) e del 2023 con la diga in esercizio.

Dall'analisi dell'evoluzione dell'indice NDVI (Figura 7, a titolo di esempio si riporta la situazione nel mese di maggio) si nota che dopo la costruzione dell'invaso le superficie marcate in verde

scuro sono sensibilmente aumentate, pertanto la presenza dell'invaso ha indotto un sicuro beneficio sulle superficie vegetate di un'area molto ampia intorno ai vari rami dell'invaso.



Figura 6. Sito di realizzazione della diga di Illisu in Turchia. Ante operam (a sinistra, 2018) e post operam (a destra, 2023).

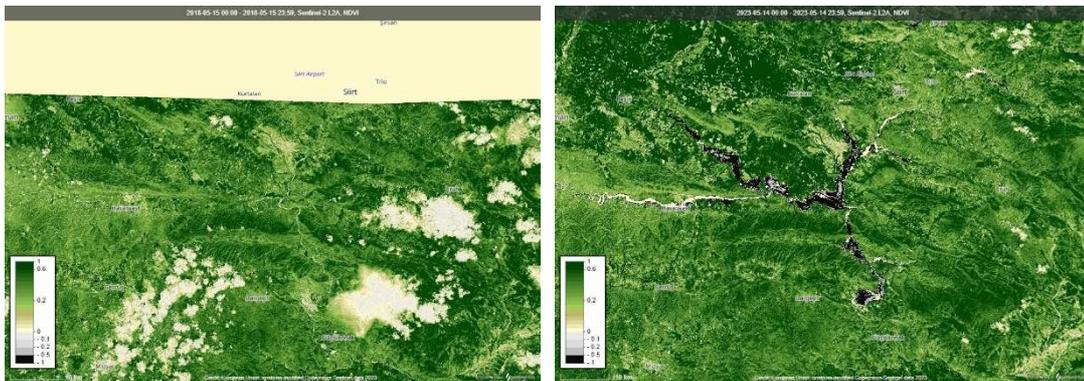


Figura 7. Indice NDVI ante (sinistra) e post realizzazione (destra).

Stando all'evoluzione dell'indice NDMI (Figura 8) la realizzazione dell'invaso ha determinato una riduzione delle aree caratterizzate da stress idrico ed ha consentito lo sviluppo di un migliore tessuto vegetale in un'area ampia numerosi chilometri quadrati.

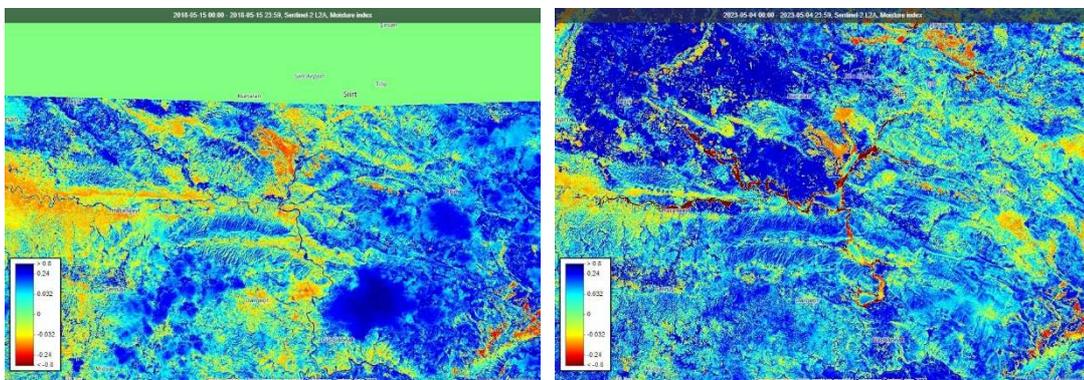


Figura 8. Indice NDMI ante (sinistra) e post realizzazione (destra).

Anche dall'analisi dell'indice SWIR (Figura 9) si intuisce come la presenza di vegetazione sia notevolmente aumentata e che la realizzazione dell'invaso abbia indotto un netto aumento del tasso di umidità dell'aria e dei suoli mitigando nel contempo anche le temperature dell'area.



Figura 9. Indice SWIR ante (sinistra) e post realizzazione (destra).

In un'area storicamente arida pertanto la realizzazione di questo grande invaso, oltre a garantire lo stoccaggio di enormi quantità di risorsa idrica, ha esercitato indubbiamente un effetto positivo mitigando il microclima a vasta scala e contribuendo alla colonizzazione di ampie zone vegetate e migliorando le cenosi dei suoli.

3.3.2.3 Alterazioni indotte da invasi di piccole dimensioni

Se il caso presentato precedentemente appare fuori scala rispetto al target del progetto proposto, si è ritenuto utile considerare anche il caso di un piccolo invaso irriguo (volume di invaso ca. 160.000 m³) realizzato nel Comune di Imola località Rondinella tra il 2021 ed il 2022 nei pressi del fiume Santerno. In Figura 10 è fornito un confronto ortofotografico delle aree interessate prima e dopo la realizzazione dell'opera. Si nota anche il netto cambio culturale operato dopo l'entrata in esercizio del bacino.



Figura 10. Confronto tra l'ortofoto dell'area di intervento nel 2018 e la medesima area dopo la realizzazione dell'opera e la modifica delle colture nelle zone limitrofe.

Anche in questo caso l'analisi degli indici settoriali consultati, relativi sempre ai mesi di maggio 2018 e maggio 2023, mostra come la presenza di vegetazione verde sia aumentata, lo stress idrico sia stato ridotto, contribuendo pertanto ad un miglioramento a scala locale (in un'area di poche centinaia di metri intorno all'invaso) delle qualità stesse dei suoli. Anche in questo caso si determina pertanto un effetto di raffrescamento sicuramente positivo nella stagione calda tardo primaverile ed estiva.



Figura 11. Confronto dell'indice NDVI nel maggio 2018 (ante) e nel maggio 2023 (post).

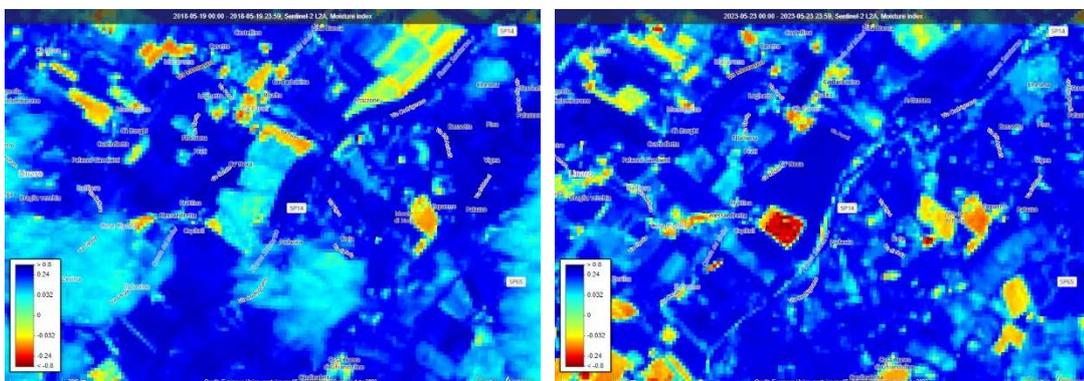


Figura 12. Indice NDVI ante (sinistra) e post realizzazione (destra).



Figura 13. Indice SWIR ante (sinistra) e post realizzazione (destra).

3.3.3 Possibili interferenze dei nuovi invasi

3.3.3.1 Generalità

Sulla scorta delle analisi presentate in precedenza, occorre innanzitutto considerare la conformazione morfologica del territorio in cui verranno realizzati i nuovi invasi in progetto:

- L'invaso di valle verrà realizzato in un fondovalle particolarmente inciso in direzione prevalente E-O, in cui l'alveo è posto ad una quota di molto inferiore ai versanti urbanizzati e coltivati. Pertanto eventuali ripercussioni sono da attendersi lungo tale direttrice.
- L'invaso di monte verrà realizzato in un contesto che morfologicamente si presta molto bene ad ospitare un'opera di questo tipo. Il pianoro di Mandra Moretta presenta infatti una lieve depressione centrale ed è circondato da poggi e versanti boscati che limiteranno notevolmente le circolazioni d'aria e le interferenze del nuovo accumulo idrico.

Si sottolinea inoltre che, per entrambe le opere, sono attese fluttuazioni di livello idrico quotidianamente. Il gradiente di variazione (dh/dt) è comunque molto contenuto, pertanto questa dinamica non indurrà spostamenti d'aria sostanziali nelle aree che ospiteranno gli invasi.

3.3.3.2 Invaso di valle

Per quanto concerne l'invaso di valle, si possono prevedere i seguenti effetti sul microclima della vallata della Fiumara di Ruoti, sottolineando sempre l'estrema sitospecificità delle modificazioni indotte che saranno quindi sempre confinate in uno stretto intorno degli alvei senza interferire con le zone abitate e con le zone ad elevata naturalità esistenti:

- Effetto di leggera mitigazione delle temperature nei mesi invernali che mitigherà il gelo invernale lungo i versanti della Fiumara di Ruoti;
- Sostanziale invarianza nei mesi estivi con un effetto di lieve raffrescamento nelle ore diurne. Gli ambienti di sponda e l'alto corso della Fiumara di Ruoti beneficeranno pertanto di comfort termo-igrometrico sicuramente migliori di quelle odierne, è pertanto da attendersi la persistenza temporale di ambienti umidi negli incisi della Fiumara anche nella stagione arida estiva, che garantiranno di conseguenza la persistenza di ripari e habitat per l'erpetofauna ed i piccoli mammiferi;
- Le variazioni indotte porteranno pertanto ad una leggera riduzione dello stress idrico degli ambienti naturali latitanti il nuovo invaso nei mesi estivi. Ne beneficeranno gli ambienti dei versanti in destra e sinistra orografica, in cui una proliferazione della vegetazione verde porterà indubbi vantaggi anche nella stabilizzazione degli strati più superficiali di terreno contribuendo pertanto alla stabilità idrogeologica del territorio.

3.3.3.3 Invaso di monte

Per quanto riguarda invece l'invaso di monte e gli ambienti limitrofi al pianoro di Mandra Moretta si possono prevedere i seguenti effetti sul microclima:

- Effetto di generale raffrescamento sia nella stagione umida che nella stagione arida in un'area limitata alle depressioni morfologiche tipiche del sito di Mandra Moretta;
- Le aree di Mandra Moretta come dell'intero versante in sponda orografica sinistra della Fiumara di Ruoti hanno vissuto in passato situazioni di grave disboscamento, che negli ultimi decenni si è sostanzialmente arrestato anche grazie alla stringente vincolistica ambientale in essere. L'aumento locale di umidità e l'effetto di raffrescamento indotto dalla presenza del nuovo bacino influirà pertanto in modo positivo sugli habitat boscati garantendo condizioni ideali per una ulteriore proliferazione delle specie arboree e vegetali tipiche della zona. In questo senza l'azione di rimboschimento proposta in termini compensativi indurrà sicuramente ulteriori benefici e sarà supportata dagli effetti ambientali sopra descritti;
- È prevedibile pertanto l'induzione di miglior benessere termico per le specie vegetazioni e faunistiche tipiche dell'area. Un leggero aumento dell'umidità dei suoli non indurrà ad ogni modo una variazione sostanziale nella stabilità idrogeologica del territorio circostante;
- Le variazioni indotte porteranno pertanto ad una leggera riduzione dello stress idrico degli ambienti naturali latitanti il nuovo invasore. Ne beneficerà anche l'esistente Lago della Moretta, che non verrà interessato dai lavori, che vedrà garantita la persistenza delle condizioni microclimatiche attuali.

3.4 Effetti sulla formazione del ghiaccio sulle strade

Da quanto esposto nel capitolo 3.2, la presenza del nuovo invasore di valle determinerà un generale effetto di mitigazione delle temperature delle aree periglaciali e periacquiali nel fondovalle della Fiumara di Ruoti. Di fatto l'invasore di valle cede il calore accumulato dalle acque all'ambiente circostante nei mesi più freddi. Pertanto si può concludere che le rigide temperature invernali saranno leggermente mitigate e che quindi la probabilità di formazione di ghiaccio sulle strade, ed in particolare sulla limitrofa SP ex SS7, risulterà leggermente minore rispetto allo stato attuale. Di fatto quindi non si determinerà un peggioramento sostanziale per la viabilità e per la sicurezza stradale.

4. Conclusioni

Nel contesto oggetto di studio le variazioni del microclima rappresentano il risultato di una variazione del bilancio energetico causata dalla presenza dei nuovi accumuli idrici, che hanno una capacità di scambio termico sicuramente maggiore rispetto al suolo ed assorbono una quota

parte maggiore di flusso termico latente con l'incremento dell'evaporazione. Occorre anche precisare che ad una distanza eccessivamente elevata dai nuovi invasi il verificarsi di variazioni micro- o mesoclimatiche non saranno da imputare alla presenza dei nuovi corpi idrici, di dimensioni comunque relativamente modeste rispetto agli esempi citati nel presente documento, ma al cambiamento climatico generale che non dipende dalla realizzazione delle nuove opere.

Gli unici effetti imputabili alla presenza dei due nuovi invasi sono rappresentati da una lieve variazione delle temperature rispetto allo stato attuale, che si traduce comunque in un beneficio per gli ambienti trofici limitrofi agli invasi. Si evince infatti come la presenza dei due nuovi invasi andrà ad alterare positivamente il microclima locale, generando effetti di raffrescamento della stagione arida ed aumentando l'umidità senza alterare la velocità ed i ricambi di aria nelle zone di intervento, con un atteso miglioramento della qualità dei suoli, soprattutto nella zona di Mandra Moretta, in cui i boschi necessitano di ambienti relativamente umidi che difficilmente si innescano nei periodi estivi di forte calore.

Si può quindi concludere che non sono da attendersi variazioni significative del microclima locale sia nella vallata della Fiumara di Ruoti che negli ambienti montani di Mandra Moretta. Le leggere variazioni attese dei parametri meteorologici (temperatura, umidità) genereranno dei benefici per la vegetazione locale che godrà di condizioni vitali migliorative rispetto allo stato attuale. Tale circostanza sarà inevitabilmente un fattore positivo anche per le specie faunistiche che popolano la zona.

Malles, Bolzano, li 28.09.2023

Il Tecnico

Dr. Ing. Walter Gostner

