

Applicazioni per l'utilizzo sostenibile delle risorse idriche

E. Baldovin, A. De Paola, G. L. Morelli, M. Mura

Geotecnica Progetti S.r.l.

SOMMARIO: Il rapido progredire dei mutamenti climatici e gli sforzi decisi a livello europeo per mitigare la deriva verso un deciso incremento termico, spingono l'Italia verso azioni volte ad accumulare la risorsa idrica ed a laminare le piene, ed a valorizzare i pompaggi idroelettrici come possibile immagazzinamento dei cascami delle energie rinnovabili non regolabili nell'ambito del processo di decarbonizzazione.

Entrambe queste esigenze richiedono di ristudiare l'utilizzo del territorio in modo equilibrato, privilegiando gli usi multipli dei serbatoi esistenti, e ricercando eventuali ubicazioni ottimali di nuovi serbatoi di medie dimensioni in contesti favorevoli.

In questa fase di ricerca matura le tecnologie informatiche consentono di disporre di strumenti efficaci per impostare gli studi valorizzando al meglio i database topografici ormai ampiamente disponibili per tutto il territorio nazionale ed il lavoro di classificazione geologico-geotecnica ed ambientale realizzato negli ultimi decenni mediante la creazione di apposite banche dati.

In particolare l'utilizzo dei software GIS, unitamente alle informazioni caratterizzanti i territori, permette di scartare a priori soluzioni ricadenti in aree inidonee sotto i profili idrogeologico ed ambientale e di individuare opportunità ottimali sotto questi aspetti da sottoporre ad una successiva istruttoria di dettaglio.

A questo riguardo vengono presentate alcune applicazioni pratiche finalizzate al perseguimento degli obiettivi sopra evidenziati.

Keywords: Geologia, GIS, Nuovi invasi, Pompaggio idroelettrico, Vincoli ambientali

1 PREMESSA

L'annata 2017 è stata caratterizzata da fenomeni di siccità estrema nelle principali regioni italiane, con pesanti ricadute sulle produzioni agricole di pregio ed allarmi diffusi sulla tenuta dei sistemi di approvvigionamento potabile.

Contestualmente si vanno moltiplicando gli eventi alluvionali estremi, in zone geografiche diverse del territorio nazionale, caratterizzati da intensità di pioggia eccezionali.

La risposta politica a queste criticità si va configurando con Piani Operativi contro il Dissesto Idrogeologico e Piani degli Invasi, finalizzati alla messa in sicurezza di aree a rischio ed al completamento ed alla promozione di opere di accumulo idrico e di laminazione (Figura 1).

Nello stesso tempo alcune amministrazioni virtuose, in particolare Consorzi di Bonifica, Enti Acquedottistici ed Aziende Energetiche, hanno iniziato a lavorare a studi mirati ad individuare

potenzialità inevase di bacini idrici diffusi lungo corsi d'acqua non ancora regimentati.

In un contesto più generalizzato, i fenomeni sopra evocati si manifestano in parallelo ad un tendenziale aumento delle temperature atmosferiche, il che configura generalizzati mutamenti climatici.

A questo riguardo già al *Summit della Terra* tenutosi a Rio de Janeiro nel 1992, l'Italia ha assunto degli impegni internazionali, rinnovati con la sottoscrizione dell'*Accordo di Parigi sul Clima* alla Cop 21 del 2015, di contribuire a mantenere l'innalzamento della temperatura sotto i 2°C rispetto ai livelli pre-industriali.

In tal senso, più recentemente nel Dicembre 2019, su impulso dell'Unione Europea, è stato varato, congiuntamente dai Ministeri dello Sviluppo Economico, dell'Ambiente e delle Infrastrutture, il Piano Nazionale Integrato per l'Energia ed il Clima, a conclusione di un'ampia consultazione delle parti sociali, economiche e politiche.



Figura 1. Invaso di accumulo idrico

Esso configura una graduale decarbonizzazione del sistema energetico italiano, con un impulso allo sviluppo delle energie rinnovabili in particolare nelle regioni del Centro e del Sud, climaticamente favorevoli, reso appetibile dalla contestuale realizzazione di capacità di accumulo mediante impianti idroelettrici di pompaggio.

Questi ultimi potrebbero valorizzare gli innumerevoli serbatoi artificiali esistenti, prevalentemente ad uso irriguo, previa interconnessione o, in mancanza di combinazioni valide, mediante la costruzione di una vasca in abbinamento a quota e di volume idonei.

Nel seguito sono sinteticamente illustrati alcuni esempi di utilizzo dei software GIS nell'ambito di studi preliminari di ricerca di aree da utilizzare per la realizzazione di nuovi invasi di ritenuta nei differenti contesti applicativi fin qui evocati.

2 RICERCA PRELIMINARE DI AREE IDONEE PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI INVASI: ESEMPI APPLICATIVI

Gli esempi che vengono sinteticamente richiamati si riferiscono, rispettivamente, a due tipologie di analisi, che hanno riguardato:

- la ricerca di una sezione idonea per la realizzazione di una nuova opera di sbarramento e relativo serbatoio ad uso irriguo/idroelettrico lungo il corso di un dato torrente appenninico;
- l'individuazione di un'area idonea per la costruzione di un serbatoio artificiale da accoppiare ad un invaso preesistente per formare un sistema di pompaggio idroelettrico.

Per le analisi si è utilizzato il software QGIS, applicazione desktop GIS di tipo open source libe-

ramente scaricabile dal web, per mezzo del quale sono state eseguite varie elaborazioni su database geografici in formato vettoriale e raster.

2.1 Ricerca di una sezione di sbarramento idonea per la realizzazione di un nuovo serbatoio lungo il corso di un torrente appenninico

In base alle "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)" di cui al DM 26 Giugno 2014, gli elementi considerati sicuramente ostativi (criteri di esclusione) per la realizzazione di un'opera di sbarramento lungo un corso fluviale riguardano principalmente le condizioni geologiche e di stabilità della sezione valliva scelta per l'ubicazione dello sbarramento. In particolare, il Regolamento Dighe recita che *"È esclusa la fattibilità di nuove dighe di calcestruzzo qualora siano presenti nella stretta di sbarramento strutture sismogenetiche in grado di produrre una accertata fagliazione di superficie."*

È esclusa la fattibilità di dighe di materiali sciolti se nel volume significativo sono presenti terreni liquefacibili o solubili, argille di elevata sensibilità, cavità, che non possano essere efficacemente consolidati".

E ancora *"È esclusa la fattibilità di dighe di qualsiasi tipo se sulle spalle dell'opera di sbarramento, anche a quote superiori al coronamento della diga, esistono condizioni di prevedibile pericolo di frane tali da costituire pregiudizio per la sicurezza del serbatoio. È parimenti esclusa la fattibilità, se le sponde del serbatoio siano interessate da frane non stabilizzate o preventivamente stabilizzabili, i cui effetti possano causare il raggiungi-*

mento di uno degli stati limite indicati al cap. C.6. (n.d.r. dello stesso Regolamento)”.
 Tali elementi geologico-geotecnici sono sintetizzabili, nell'ambito di una fase preliminare di ricerca (screening) di nuovi siti di sbarramento, attraverso la definizione di criteri di esclusione implementabili in ambiente GIS e gestibili attraverso le comuni funzionalità dei sistemi informativi geografici, che permettono la rappresentazione spaziale dei databases georeferenziati di specifico interesse (es. mappe digitali geologiche, litologiche geomorfologiche, idrogeologiche, mappe dei dissesti, uso del suolo, mappe dei vincoli ambientali, ecc.).

Tra i citati criteri di esclusione, volti al soddisfacimento dei requisiti normativi in una fase di screening, si può considerare senza dubbio la presenza, nell'area di interesse, di alcuni elementi geologici, quali:

- dissesti franosi in corrispondenza o superiormente alle spalle della sezione di sbarramento;
- contatti geologici tra formazioni di diversa natura litologica o elementi tettonici principali (faglie, sovrascorrimenti, ecc.);
- formazioni geologiche di natura carsica, che non assicurino la tenuta della sezione di sbarramento e dell'invaso a monte;
- formazioni geologiche non lapidee (terreni sciolti) che non assicurino idonea portanza ed impermeabilità alla sezione di imposta della struttura di sbarramento e/o che siano potenzialmente suscettibili a fenomeni di liquefazione durante eventi sismici.

Oltre ai suddetti criteri “geologici” di esclusione deve essere considerata, nella prima fase di ricerca, anche la sussistenza di ulteriori condizioni limitative alla realizzazione di uno sbarramento lungo un fondovalle fluviale, riconducibili alla compatibilità ambientale delle aree oggetto della ricerca.

L'analisi della presenza di tali ulteriori elementi di esclusione, definibili di tipo “ambientale” per distinguerli da quelli “geologici” precedentemente descritti, è anch'essa eseguibile in ambiente GIS discriminando le aree caratterizzate dalla presenza di:

- vincoli ambientali (es. Parchi Nazionali, aree naturali protette, Zone Umide, Siti di Interesse Comunitario SIC, Zone a Protezione Speciale ZPS);
- zone urbanizzate o insediamenti produttivi;
- infrastrutture viarie importanti interferenti con le nuove opere.
- vincolo idrogeologico (R.D. 1923);
- vincoli sociali-paesaggistici e archeologici.

Esempi di elaborazioni geografiche sviluppate in ambiente GIS a supporto delle analisi geologiche e ambientali propedeutiche alla ricerca di sezioni di sbarramento idonee, sono illustrati nelle seguenti Figure 2÷5.

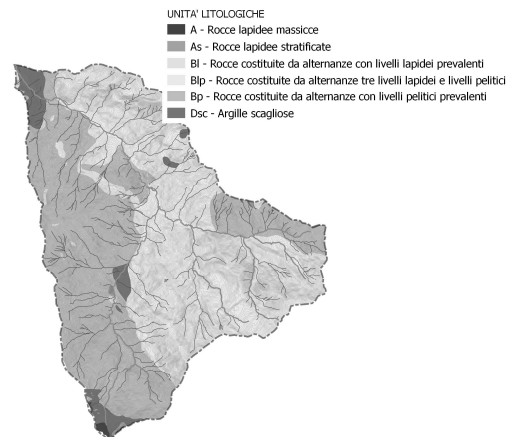


Figura 2 . Esempio di mappatura geolitologica sviluppata in ambiente GIS relativa ad un bacino idrografico di studio

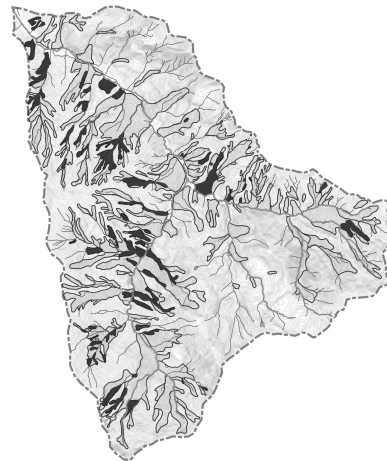


Figura 3 . Esempio di mappatura delle aree di dissesto presenti nel bacino in studio



Figura 4 . Esempio di mappatura degli elementi tettonici principali presenti

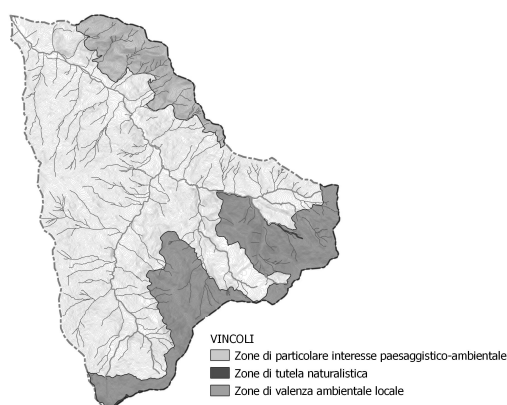


Figura 5 . Esempio di mappatura delle zone del bacino sottoposte a vincoli ambientali

Mediante le funzionalità di elaborazione spaziale dei software GIS, è possibile eliminare le aree che presentano gli elementi di esclusione menzionati in precedenza, e, conseguentemente, ottenere, per differenza, la rappresentazione delle aree che risulterebbero idonee per ospitare una nuova sezione di sbarramento.

Un esempio di risultato finale di una ricerca di questo tipo, effettuata per l'asta fluviale principale di un bacino appenninico, è mostrato nella seguente Figura 6. Le aree grigie prossime al corso d'acqua principale rappresentano, di fatto, siti potenzialmente idonei, sotto il profilo geologico, geomorfologico e ambientale, per l'ubicazione di un'ipotetica diga e relativo invaso.



Figura 6. Mappatura delle aree "idonee" per l'ubicazione di un nuovo sbarramento lungo un corso d'acqua definite mediante elaborazioni GIS

Invero, detta ricerca deve essere condotta considerando anche altre importanti caratteristiche dei siti, che sono da ritenere informazioni imprescindibili per orientare fattivamente la ricerca delle aree "idonee".

Ci si riferisce, in particolare, alla disponibilità idrica del bacino idrografico che deve essere rapportata alla capacità volumetrica richiesta per il nuovo invaso, quest'ultima relazionata agli ipotetici utilizzi previsti per il serbatoio, che rappresentano quindi un dato di input necessario per l'avvio della ricerca.

La valutazione della disponibilità idrica del bacino idrografico viene fatta analizzando diverse sezioni di chiusura, posizionate a differenti quote lungo il corso dell'asta principale, per arrivare a definire, attraverso la conoscenza del contributo idrologico specifico del bacino stesso (in $\text{m}^3/\text{s} \times \text{km}^2$), la "sezione limite di chiusura" a monte della quale la disponibilità idrica non risulterebbe sufficiente per soddisfare la richiesta volumetrica di accumulo d'acqua nel nuovo invaso.

È dunque a valle di detta sezione "limite" che viene concentrata la successiva ricerca dei siti potenzialmente idonei per l'ubicazione una nuova sezione di sbarramento che soddisfino i criteri geologici ed ambientali menzionati in precedenza.

Tale analisi di tipo "idrologico" viene anch'essa effettuata sfruttando appieno le potenzialità offerte dagli applicativi implementati nei software GIS, che consentono di automatizzare la perimetrazione delle varie porzioni di bacino sottese da ipotetiche sezioni di chiusura dislocate lungo il corso fluviale.

2.2 Ricerca di un'area idonea per la realizzazione di un bacino di pompaggio idroelettrico

Per la ricerca di aree idonee alla localizzazione di un nuovo bacino per il pompaggio in accoppiamento ad un invaso esistente devono essere inizialmente scartate, nell'ambito di una zona di ricerca circolare di raggio definito centrata sulla diga esistente (generalmente 10 km o 20 km) (Figura 7), le aree di territorio soggette a particolari vincoli ambientali (es. Parchi Nazionali, Aree naturali protette, Zone Umide, SIC, ZPS, zone urbanizzate, zone industriali, zone a sviluppo agricolo, ecc.), nonché quelle con elevata pendenza del terreno (es. pendii con inclinazione $> 30^\circ$) o interessate da rischio idraulico (esondazione) e geomorfologico (frane).

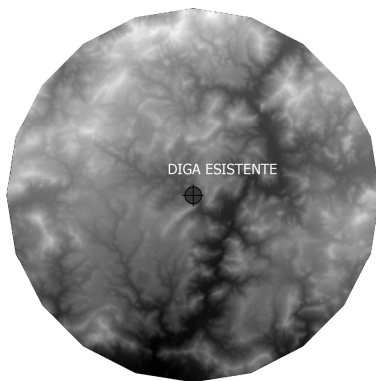


Figura 7. Definizione di una zona di ricerca circolare (raggio $R=10$ km) centrata su una diga esistente

Tale operazione può essere efficacemente eseguita mediante i software GIS, che consentono di effettuare varie operazioni tra i databases geografici disponibili per il territorio in studio riguardanti, in particolare, la geologia, la geomorfologia, i vincoli ambientali, le infrastrutture esistenti, l'uso del suolo, ecc..

Eliminando all'interno dell'area circolare di ricerca, mediante operazioni di sottrazione tra layers vettoriali, le zone interessate dai suddetti vincoli, è possibile individuare, per differenza, le aree considerate "idonee" all'ubicazione di un nuovo bacino, visualizzabili come in Figura 8.

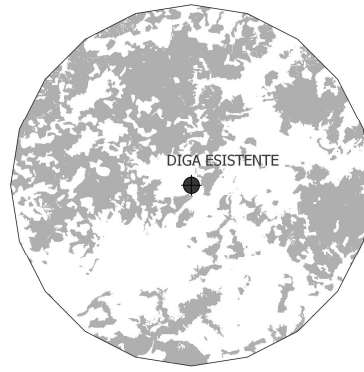


Figura 8. Esempio di rappresentazione di aree "idonee" per l'ubicazione di un nuovo bacino nell'intorno di una diga esistente

Le possibili ubicazioni di un nuovo bacino di pompaggio associato ad un invaso esistente vengono quindi successivamente ricercate all'interno delle suddette aree "idonee".

A questo scopo viene elaborata una base raster costituita da una griglia di punti (pixel) ciascuno caratterizzato da un valore indice rappresentativo scelto allo scopo (es. dislivello rispetto all'invaso esistente, rapporto dislivello/distanza). Le migliori ubicazioni per un nuovo bacino sono generalmente scelte in coincidenza con i pixels aventi i massimi valori di tale indice.

In tal modo vengono selezionate le possibili posizioni del nuovo bacino che possano costituire, in accoppiamento ad una diga esistente, un sistema di pompaggio che massimizzi il rapporto tra energia producibile e costi di realizzazione.

La costruzione di una tale base raster, indispensabile per impostare la ricerca secondo i criteri sopra descritti, richiede l'utilizzo delle funzionalità GIS che consentono operazioni matematiche tra i raster della topografia del terreno per ottenere mappe del dislivello e della distanza di ciascuna cella (pixel) rispetto alla posizione planimetrica della diga esistente presa a riferimento.

Ai fini dell'utilizzo per il pompaggio è necessario, inoltre, escludere da detta ricerca le aree idonee che presentano un dislivello rispetto alla diga esistente inferiore ad un dato valore limite (generalmente fissato in 100÷200m), usualmente considerato un minimo per l'accettabilità ai fini della sostenibilità di un impianto di pompaggio idroelettrico.

A titolo di esempio, la Figura 9 illustra l'elaborazione di una mappa raster in cui è rappre-

sentato l'andamento spaziale del rapporto (Δ/D), con Δ dislivello (> 100 m) e D distanza rispetto ad un invaso esistente.

Un'operazione di confronto tra le varie opportunità individuate consente di operare una selezione preventiva sulla base di criteri da definire in funzione degli obiettivi perseguiti, in modo da poter passare ad un esame più approfondito delle sole ipotesi più valide.

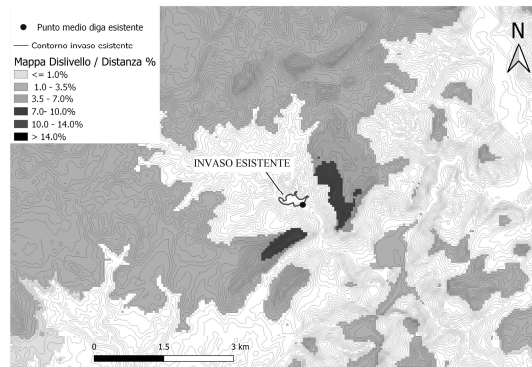


Figura 9. Esempio di mappa raster con rappresentazione del rapporto Δ/D calcolato rispetto ad un invaso esistente

3 CENNI ALLE BANCHE DATI TERRITORIALI UTILIZZABILI

Base dati fondamentale per tutte le elaborazioni geografiche sopra descritte è quella relativa alla topografia digitale del terreno del territorio oggetto di studio.

Per disporre di tale base, risultano disponibili in modalità gratuita varie banche dati georeferenziate relative all'intero territorio nazionale italiano, reperibili presso diverse fonti. Tra queste si cita, come esempio, il modello digitale del terreno fornito dalla NASA, denominato STRM Shuttle Radar Topography Mission, costituito da una maglia regolare di celle elementari di estensione di 3" x 3" di arco (corrispondente indicativamente a una cella 90 m x 90 m), ed il modello DEM con risoluzione 20m messo a disposizione da ISPRA, oltre a varie banche dati distribuite, in modalità vettoriale, raster e tabellare, dai siti web regionali.

I database geologici, litologici e geomorfologici in formato vettoriale sono generalmente messi a disposizione gratuitamente dagli uffici cartografici delle varie Regioni, attraverso l'accesso libero a geoportali che forniscono servizi di consultazione e download. Invero, l'omogeneità dei contenuti di tali dataset risulta ancora abbastanza variabile da re-

gione a regione, in termini di completezza e risoluzione del dato disponibile, ancorché, in generale, in graduale aggiornamento.

Attualmente alcune regioni mettono, infatti, a disposizione database geologici georeferenziati ottenuti per digitalizzazione di carte geologiche prodotte a scale di elevato dettaglio, (es. 1:10.000÷1:25.000), mentre altre forniscono dataset geologici a scale minori (1:50.000÷1:100.000 o inferiori).

A livello nazionale sono resi disponibili, a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, anche i dati vettoriali ed i metadati relativi all'uso del suolo e ai vincoli ambientali.

Tra questi si fa generalmente riferimento, ai fini della ricerca di nuovi invasi, ai dataset riguardanti le Aree Naturali Protette (EUAP), i Siti di Interesse Comunitario (SIC), le Zone Speciali di Conservazione (ZSC), le Aree Umide (RAMSAR) e le Zone di Protezione Speciale (ZPS).

Per l'uso del suolo è, infine, disponibile il database CORINE (COoRdination de l'INformation sur l'Environnement) Land Cover (CLC), prodotto nell'ambito di un programma di monitoraggio europeo della copertura del suolo, il cui ultimo aggiornamento completo disponibile per l'Italia è relativo all'anno 2012.

4 CONCLUSIONI

In relazione a problematiche emergenti connesse ai cambiamenti climatici in corso, l'articolo sinteticamente illustra i contenuti di alcuni studi di natura idrologica, geologica, geomorfologica e geotecnica recentemente condotti sul territorio nazionale al fine di individuare, in diversi ambiti territoriali, aree potenzialmente idonee per l'ubicazione di nuovi invasi idrici con varie destinazioni d'uso.

Gli studi preliminari di screening svolti allo scopo sono stati sviluppati mediante metodologie di ricerca basate sull'utilizzo intensivo dei software GIS, le cui potenzialità di elaborazione rappresentano, ad oggi, un aiuto essenziale ed indispensabile in questo tipo di studi.

Ciò grazie soprattutto alla fruibilità di numerosi tools applicativi, implementati in detti software, che costituiscono indispensabili strumenti per la gestione e l'elaborazione di grandi volumi di dati territoriali, come richiesto in tali tipologie di analisi geografiche a vocazione prettamente multidisciplinare ed alla crescente disponibilità di banche dati territoriali utilizzabili.

Un particolare riguardo è rivolto allo stato dei database geologici, litologici e geomorfologici, messi generalmente a disposizione dalle varie Regioni, ed ambientali, forniti a livello nazionale dal

BIBLIOGRAFIA

DTM SRTM Shuttle Radar Topography Mission
(www2.jpl.nasa.gov/srtm/)
GEOPORTALE NAZIONALE
(<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizi-di-scaricamento/>)
QGIS (ver. 3.10) 2019. GIS desktop open-source
(<https://www.qgis.org/it/site/>)

ABSTRACT

APPLICATIONS FOR THE SUSTAINABLE USE OF WATER RESOURCES

The rapid progress of climate changes and the determined efforts at European level to mitigate the drift towards a decisive increase in temperature, push Italy towards actions aimed at accumulating the water resource and reducing the floods effects and to enhance hydroelectric pumping plants as a possible storage capacity of non-adjustable renewable energy.

Such priorities require to plan the use of the land in a balanced way, favouring the multiple uses of existing reservoirs, and seeking possible optimal locations for new medium-sized impounds in favourable contexts.

In the present paper the information technologies needed to provide effective tools for setting up dedicated studies are illustrated, together with the topographical databases now widely available throughout the national territory and the geological-geotechnical classification work to create specific databases.

In particular the use of GIS software, associated with the characterizing information of the territories, allows to reject a priori solutions falling into areas unsuitable under the hydrogeological and environmental profiles and to identify valid opportunities according to the selected themes, to be subjected to a subsequent investigation of detail.

In this regard, some practical applications are presented aimed at achieving the objectives above expressed.