

Capitolo 5

La progettazione del Distretto Tecnologico: verso una *Silicon Valley* della new-soft-green economy

Abbiamo inteso il “Distretto Tecnologico” declinando letteralmente i termini new, soft e green – come principi ispiratori – e valutando l’attrattiva della regione Tiberina in almeno due direzioni: territorio adatto a investimenti e interventi sostenibili (per caratteristiche geo-climatiche, idrauliche, etc) e territorio sede d’innovazione. Il primo contributo, ad esempio, potrebbe tranquillamente ricadere nel precedente Capitolo, ma è qui collocato in quanto si riferisce ad una progettazione di infrastrutture (culturalmente improntata); il penultimo è quasi un omologo tecnologico dell’ultimo sul “Distretto Culturale”; quello sulle ITC e sulla comunicazione comprende al proprio interno gli elementi del “Distretto Biologico” quanto a produzioni da valorizzare. Proprio l’informatica suggerisce un ulteriore doppio filone di pensiero: se sono materie tecniche sia quelle sull’hardware sia quelle sul software, allora la creatività del territorio – paragonabile a un nuovo software – può ben tradursi in soluzioni economiche ed ecologiche suscettibili di dar luogo a produzioni e realizzazioni distinte da quelle agrarie o culturali in senso stretto. Il “Distretto Tecnologico” diviene dunque residuale ma solo nei termini di complementarietà e – anche in questo caso – di identità territoriale.

La creatività quale motore di sviluppo sostenibile per gli interventi infrastrutturali nella regione Tiberina

Assunta Martone, Marichela Sepe

IRAT-CNR, Istituto di Ricerche sulle Attività Terziarie del Consiglio Nazionale delle Ricerche

Creatività, cultura e sviluppo sostenibile

Negli anni Ottanta è iniziata una fase di trasformazione urbana che sta modificando, attraverso la dismissione di aree industriali, impianti portuali e linee ferroviarie, l'aspetto di molti territori italiani ed europei. Il recupero di queste aree si inserisce nell'ambito delle complesse operazioni creative, dalla rigenerazione della regione della Ruhr in Germania alla riqualificazione della confluenza tra il Rodano e la Saonna a Lione, che stanno diventando oggi i nuovi elementi di attrazione dei territori e dei paesaggi.

Le esperienze di distretti creativi si possono ricondurre alla promozione di aree che basano la loro competitività sulle specificità locali. Tali aree diventano veri e propri "cluster creativi", risultato di iniziative economiche e strutturali innovative implementate all'interno di adeguate strategie di sviluppo locale basate sulle qualità e le eccellenze territoriali (Carta, 2004; Florida, 2005; Landry, 2000).

Non si tratta infatti solo di far crescere le economie della cultura, ma di produrre nuove economie avendo come punto di partenza il capitale culturale, inteso quale elemento di massima sintesi della identità tangibile e intangibile dei luoghi, e di metterlo a sistema insieme con gli altri capitali urbani (Carta, 2004; Carta, 2007, Sepe, 2009).

La creatività non si presenta solo nelle caratteristiche classiche dello spirito imprenditoriale, ma anche sotto forme quali la diffusione di comportamenti favorevoli allo scambio culturale e alla valorizzazione della diversità di stili di vita. La creazione di un ambiente urbano favorevole all'insediamento di attività innovative richiede di

fatto la costruzione a livello locale di un sistema produttivo specializzato e la predisposizione di un ambiente urbano in grado di appoggiare la sperimentazione di pratiche consensuali di governo del territorio. In questo contesto, vanno considerate nuove ed alternative politiche e strategie urbane. Le tradizionali politiche di recupero urbano fondate principalmente sul combattere l'esclusione sociale e costruite soprattutto su interventi fisici si stanno oggi modificando in politiche che tengono in considerazione che le città non sono solo edifici e strutture materiali, ma anche persone, reti ed elementi intangibili, quali la memoria, la storia, le relazioni sociali, le esperienze emozionali, le identità culturali (Landry, 2008; Scott, 2006; Sepe, 2010 a).

In linea con questi concetti, i progetti di riqualificazione di aree portuali, sponde dei fiumi o argini sono tesi a creare ambienti attrattivi in grado di generare nuove economie. Tali processi di trasformazione stanno conducendo queste aree a sostituire le funzioni produttive dismesse con funzioni culturali, residenziali, commerciali e terziarie, e ad integrare le diverse modalità di attuazione degli interventi per far fronte alla complessità delle operazioni da realizzare. Consentendo di creare spazi pubblici, questi progetti favoriscono di fatto la riappropriazione di tali luoghi da parte dei cittadini, modificando e costruendo nuovi paesaggi urbani (Sepe, 2010 b).

Lo sviluppo di un distretto creativo non può prescindere da uno sviluppo sostenibile inteso in senso economico, sociale e ambientale, condizioni ugualmente importanti e interdipendenti per la sostenibilità (Nijkamp and Perrels, 1994; Ferilli, Pedrini, 2007).

La sostenibilità economica può essere

definita come "la capacità di generare reddito, profitti e lavoro in un sistema di pari opportunità per tutti gli elementi della società, in un modello che valorizzi e aumenti le risorse del territorio, e che altresì non produca un depauperamento in termini qualitativi e quantitativi dello stesso".

Le caratteristiche del territorio, inteso come sistema complesso dove le risorse culturali tangibili ed intangibili divengono elementi della catena di valore aggiunto, assumono un ruolo chiave per lo sviluppo del sistema locale. In questo modo, il distretto, partendo dagli elementi del territorio e dalla loro valorizzazione e promozione, presenterà caratteristiche di sostenibilità economica nel lungo periodo.

La sostenibilità sociale è la "capacità di garantire condizioni di benessere e opportunità di crescita equamente distribuite nella società". L'impostazione di un modello di sviluppo fondato sulla valorizzazione della cultura favorisce la riqualificazione sociale del territorio, generando nelle persone una percezione di appartenenza.

La produzione e la fruizione culturale svolgono funzioni di generazione e di diffusione di pensiero creativo e forniscono strumenti per la crescita di opportunità individuali creando un processo di sviluppo del territorio socialmente sostenibile (Ferilli, Pedrini, 2007; Zukin, 1995).

Riguardo alla sostenibilità ambientale, il territorio va inteso nelle sue molteplici valenze storiche e culturali, e nei suoi capitali tangibili (risorse materiali) ed intangibili (le risorse immateriali). Il territorio è infatti caratterizzato da entrambi i capitali e la sua identità non può prescindere da essi.

Tuttavia anche se sono note le conseguenze dell'esaurimento delle risorse materiali sulla natura del territorio,

quelle sul depauperamento di quelle immateriali sono meno evidenti, nonostante siano altrettanto importanti e anzi garantiscano il mantenimento di quelle materiali.

È quindi necessario creare una stretta relazione tra sistemi di produzione e territorio centrale facendo sì che le imprese facciano interagire nella catena del valore i processi che generano valore per il territorio (Sacco, Tavano Bles-si, 2005; Comunian 2010).

Partendo da tali premesse, la proposta per la regione Tiberina riguarda l'individuazione di un'area di eccellenza al fine di una rigenerazione creativa. A tal fine si illustra il caso di Bordeaux Les deus Rives che ha posto particolare attenzione alla riqualificazione del fiume Garonna al fine di una rigenerazione del territorio bordelose.

La rigenerazione creativa del fiume Garonna

Il porto fluviale di Bordeaux, posto a 50 chilometri dal mare, negli anni quaranta era uno scalo commerciale. Oggi, il traffico commerciale è stato dirottato a Le Verdon e gli hangar sono stati smantellati per dare vita ad una serie di spazi pubblici sul lungofiume e valorizzare la vista degli edifici dalla banchina, mentre il porto si è trasformato in sbarco crocieristico in continuità con lo sviluppo turistico a cui la città sta puntando.

Il progetto principale è "Bordeaux les deux rives", teso alla integrazione, allo sviluppo e alla rivitalizzazione del territorio e del paesaggio delle due rive del fiume Garonna.

Le azioni riguardano il patrimonio tangibile e intangibile ed includono interventi quali: la riqualificazione del sistema degli spazi aperti, il ricongiungimento della città storica e contemporanea con l'ambito fluviale, il Plan lumière, il restauro di monumenti e facciate storiche, gli interventi sul patrimonio edilizio (Matteini, 2008, Sachet, 2000, Tsiomis, Ziegler, 2007). Particolare attenzione è stata posta al risanamento ambientale delle rive della Garonna, alla creazione di una rete di mobilità sostenibile per ottenere la più adeguata accessibilità alle diverse parti del territorio interessato dalla trasformazione,

alla creazione o valorizzazione di attività atte a garantire una elevata ricezione turistica tutto l'anno con eventi culturali legati ai luoghi - come la Fête du Vin e Fête du Fleuve - e alla partecipazione della popolazione. Il programma ha previsto altresì la realizzazione di attrezzature e alloggi per un nuovo centro abitativo situato nella zona della Bastide, ed una vasta area di attrezzature pubbliche tra cui il Giardino Botanico e il Parco degli Argini, aree per lo sport e le aree per i giochi e per il tempo libero (Carta, 2007).

Riguardo alla mobilità sono stati individuati i nuovi assi e nodi di sviluppo per riorganizzare il traffico pedonale, piste ciclabili, automobilistiche, e un ampio sistema tranviario.

Quest'ultimo, in particolare è realizzato per supportare il processo di trasformazione bordelose costituendo la trama lungo la quale vengono effettuati interventi di composizione degli spazi aperti e inserimenti di opere di arte contemporanea e allo stesso tempo il sostegno lineare sul quale agganciare le reti ecologiche (CUB, 2000).

Delle nuove linee tranviarie, una passa parallela al sistema dei boulevard esterni e l'altra procede lungo la Garonna, per servire i quais per un totale di ventitre chilometri. La percezione degli spazi pubblici, per la riqualificazione del contesto urbano circostante, in questo modo è stata notevolmente modificata. Il prolungamento delle linee previsto per ulteriori venti chilometri supporterà gli otto parchi in realizzazione.

Per i progetti degli spazi aperti, un importante riferimento è costituito dalla Charte des Paysages di Bordeaux, documento essenziale del Plan Vert della città approvato nel 2000, alla cui redazione ha collaborato il paesaggista Michel Desvigne.

Gli spazi sono realizzati reinterpretando la tradizione bordelose - attraverso la scelta di materiali, arredi, specie botaniche temi e oggetti d'arte contemporanei in linea con l'identità dello specifico luogo - o ricreandone una diversa, ma in sintonia con le caratteristiche del contesto. L'asse tematico fondamentale per la realizzazione di Bordeaux les deux rives è il sistema di spazi aperti storici sulla riva sinistra che, con la dismissione delle

aree industriali del porto fluviale, sono stati interessati da un totale ridisegno realizzato ad opera del paesaggista Co-rajoud.

Tra gli altri progetti nell'ambito del PPU Bordeaux les deux rives, il progetto ZAC des Chartrons ha messo in atto la riqualificazione di un'area industriale dismessa in stato di degrado e consentito la creazione di un nuovo quartiere costituito da case e locali commerciali, avendo un effetto a catena su tutta l'area tra il centro Storico e la Base navale sottomarina a nord della Città.

Grazie anche al ruolo di promozione e di leva per il progetto urbanistico complessivo intrapreso dal Comune di Bordeaux svolto dal PPU Bordeaux les deux rives, Bordeaux ottiene per il periodo 2001-2007 i finanziamenti europei per il PIC (Programma di iniziativa comunitaria) Urban 2 "Unicités" (Farinella, 2003).

Questo programma, realizzato in continuità con il PPU, mantiene un approccio trasversale e integrato al territorio ponendosi quale priorità quella di realizzare un "progetto globale che permette lo sviluppo sostenibile dell'insieme dei quartieri intorno al fiume e alle sue rive", e fare emergere un vero e proprio centro di agglomerazione (CI, 2011).

Il territorio di Urban2-Unicités, situato su entrambi i lati della Garonna, comprende i 3 Comuni di Bordeaux, Cenon e Floirac; era caratterizzato, anche per la presenza di barriere fisiche (fiumi, ferrovie, autostrade), da problemi di riduzione demografica, declino economico, elevata disoccupazione e precarie situazioni sociali.

La strategia adottata dal programma è basata su una doppia sfida: da una parte sviluppare questo territorio, di notevole interesse per il suo patrimonio architettonico e naturalistico, per dare l'attrattiva e la competitività di un importante centro urbano, dall'altra salvaguardare e rafforzare l'identità dei luoghi di vita. L'obiettivo è quello di riuscire a combinare "centralità" (scala di agglomerazione) e "prossimità" (la vita di quartiere), "apertura" e "coesione".

Il programma si è focalizzato su tre assi: 1) il miglioramento dell'ambiente urbano e della mobilità - con navette elettriche, piazze, percorsi pedonali, piattaforme galleggianti sulla Garonna -; 2) l'integrazione e il sostegno alla

creazione di attività economiche - con realizzazione di un incubatore di imprese artigiane e di servizi, prestati per l'auto impiego, inserimento dei non residenti; 3) servizi di sostegno e strutture locali per soddisfare le esigenze di una popolazione in crescita con la realizzazione di asili, centri di accoglienza prima infanzia, laboratori multimediali, attività culturali.

Il progetto di trasformazione ha coinvolto la popolazione in diverse tappe e a diversi livelli. Bordeaux si è dotata a riguardo di una serie di strumenti, per l'orientamento e la gestione integrata delle operazioni di trasformazione, prodotti attraverso un processo di negoziazione e concertazione con i diversi attori coinvolti (politici, esperti, imprese, abitanti, commercianti, comitati ed associazioni).

La riconfigurazione del sistema degli spazi aperti è stata pensata per essere in armonia con l'identità del luogo. Sono state a questo scopo realizzate diverse modalità di confronto con la popolazione, cercando di coinvolgerla attraverso un codice di comportamento in grado di coniugare linee guida comuni con progetti di qualità tesi ad interpretare gli elementi simbolici e la cultura urbana di Bordeaux. Ogni spazio è valorizzato o trasformato negli usi, inserendo di volta in volta elementi di comunicazione per rendere chiaro il senso dell'operazione. Sono inoltre stati messi a punto atelier di lavoro aperti condotti da un gruppo costituito dai rappresentanti degli attori coinvolti e che accompagna lo svolgimento del progetto in tutte le sue fasi.

Sono state inoltre organizzate diverse manifestazioni e operazioni simboliche, quali l'illuminazione del ponte di pietra, che hanno avuto lo scopo di comunicare il progetto in corso e coinvolgere ulteriormente gli abitanti.

La costruzione di ogni tratto del tram è preceduta da un tavolo di concertazione dove partecipano tutte le parti interessate, mentre l'esecuzione è accompagnata dalla comunicazione delle modificazioni che apporta il progetto e dall'individuazione di un referente per eventuali questioni di carattere pratico e gestionale che possono presentarsi.

Si intersecano con il progetto di trasformazione urbana molti progetti mi-

trati a realizzare organizzazioni multilivello e distretti creativi. Tra questi il Progetto Darwin, che, nell'attuare i suoi obiettivi di imprenditorialità "colaborativa e sostenibile", con il supporto della società Presqu'île, mette in atto una regolare consultazione con il quartiere, la popolazione e le associazioni interessate.

Anche la costruzione della La Charte de la construction durable va nella direzione della partecipazione. Tra gli obiettivi, il rispetto per il valore simbolico del sito e dei suoi edifici, nonché delle abitudini, dell'ambiente di vita e della privacy dei residenti sono pensati per essere realizzati con la consultazione degli abitanti, per far sì che ogni nuovo intervento sia messo in opera in sintonia con il volere della popolazione, considerando che il contesto non è costituito solo dal tessuto edilizio, ma anche e soprattutto dal tessuto sociale (Martone A., Sepe M., 2011; Martone A., Sepe M., 2012).

La proposta per la regione Tiberina

Il caso di Bordeaux Les deux Rives è esemplificativo di una modalità di interpretare il territorio fondato sul capitale identitario al fine di uno sviluppo sostenibile. Allo scopo di individuare e proporre buone pratiche, saranno approfonditi ulteriori casi di rigenerazione in corso in Europa, che propongono interventi caratterizzati da forte attenzione per l'identità dei luoghi, la sostenibilità e la partecipazione.

Si intende pervenire all'individuazione di un'area (o più aree) di eccellenza per la realizzazione di un distretto creativo, effettuata con adeguati metodi di analisi e progettazione delle risorse identitarie quali ad esempio il PlaceMaker (Sepe, 2013)¹. Temi di progetto importanti da individuare riguardano la riqualificazione paesaggistica delle sponde del Tevere, la valorizzazione dei luoghi storici, culturali e simbolici, la realizzazione di spazi pubblici, il tutto anche in un'ottica di turismo sostenibile.

Tale studio sarà coadiuvato dalla ricerca di opportuni strumenti di finanziamento e dalla individuazione di adeguate modalità di partecipazione, ne-

cessarie al fine del successo dell'operazione e il radicamento dei risultati sul territorio.

Note

¹In merito al metodo PlaceMaker si rimanda ad un contributo specifico presente in questo Rapporto.

Bibliografia

- Carta, M. (2004) *Next City: culture city*, Roma, Meltemi, 2004.
- Carta, M. (2007) *Creative city* (Barcelona, LIST).
- CI (2011), *Bordeaux seeks to draw businesses*, Commerce international, no.74, www.actu-cci.com/article/3891
- Communauté Urbaine de Bordeaux, (2000) *Plans de Déplacements Urbains*
- Comunian, R. (2010) "Rethinking the Creative City: The Role of Complexity, Networks and Interactions in the Urban Creative Economy", *Urban Studies*, n. 6
- Farinella R. (2003) "Lione e Bordeaux. Strategie e progetti urbani per due città fluviali." in "Paesaggio urbano", March-April, pagg. 36-46.
- Ferilli G., Pedrini S., (2007), "Il distretto culturale evoluto alla base dello sviluppo sostenibile del territorio", Pre Proc. of XII Convegno Internazionale Interdisciplinare Volontà, libertà e necessità nella creazione del mosaico paesistico-culturale, Cividale del Friuli - UD, 25-26 October 2007.
- Florida R., (2005) *Cities and the Creative Class*, Routledge London, New York
- Landry, C. (2000) *The Creative City: A Toolkit for Urban Innovators* (London, Earthscan).
- Landry, C. (2008), 'The creative city: its origins and futures', *Urban Design Journal*, Spring, n.106, pp.14-16
- Martone A., Sepe M. (2011) *The revitalization project on the banks of the Garonne: a case of urban, economic and social regeneration* Il progetto di rivitalizzazione delle rive della Garonna: un caso di rigenerazione urbana, economica e sociale, Urbanistica n. 148.
- Martone A., Sepe M. (2012) *Creativity, urban regeneration and sustainability: the Bordeaux case study*, Journal

- of Urban Regeneration and Renewal, vol. 5, p. 164-183.
- Matteini, T. (2008) *Complessità, integrazione e diversità nel paesaggio urbano di Bordeaux*, Ri-Vista Ricerche per la progettazione del paesaggio, Università di Firenze
 - Nijkamp P., Perrels A.H. (1994), *Sustainable Cities in Europe*, Earthscan, London.
 - Sacco P.L., Tavano Blessi G. (2005), "Distretto culturale e aree urbane", *Economia della cultura* n. 14 (2), 153-166.
 - Sachet, S. (2000) "Bordeaux. Un exercice obligé à l'heure de l'élaboration du projet d'agglomération", in Offner J.M. (sous la direction de) *OP4 : Observation des processus de production politique des PDU*, LATTTS, PREDIT 2.
 - Scott A. J. (2006), "Creative cities: conceptual issues and policy questions", *Journal of Urban Affairs*, 28 (1).
 - Sepe, M. (2009), "Creative Urban Regeneration between Innovation, Identity and Sustainability", *International Journal of Sustainable development*, 12 (2-3-4).
 - Sepe M. (2010a) "Urban policies, place identity and creative regeneration: the Arabianranta case study", *Proc. of 2010 14th International Planning History Society Conference*, Istanbul
 - Sepe, M. (2010b) 'Sustainable urban transformations in the contemporary city: a case of creative regeneration', in *Proc. of Inhabiting the future*, Napoli, December 2010.
 - Sepe, M. (2013) *Planning and Place in the City. Mapping Place Identity*. London, New York: Routledge
 - Tsiomis Y., Ziegler V., (2007) *Anatomie de projets urbains. Bordeaux, Lyon, Rennes, Strasbourg*, Editions de la Villette, Paris.
 - Zukin S, 1995 *The cultures of cities* (Blackwell, Cambridge, MA)

Valutazione delle potenzialità energetiche residue dei Sottobacini idrografici del Paglia e del Chiascio nel contesto del Bacino del Tevere

Antonio Geracitano, Francesca Menichini
Esperti

Abstract

L'Italia è stato uno dei primi Paesi che ha rivolto l'attenzione all'utilizzo dell'energia idroelettrica. Fino agli anni '50 la disponibilità di salti idraulici ci ha consentito di disporre di energia pulita e a basso costo. L'energia idroelettrica al momento copre circa il 70% delle rinnovabili italiane. Tale percentuale è in continua diminuzione data la costante crescita di domanda di energia contro le potenzialità dei grandi impianti idroelettrici già completamente sfruttate. Tuttavia una possibile soluzione ricade nell'installazione dei piccoli impianti idroelettrici che, secondo la normativa vigente, hanno un massimo di potenza installata pari a 1 MW e che, lavorando con salti geodetici limitati e ridottissime portate (anche 1 l/s), permettono applicazioni economicamente convenienti non solo in ambito energetico ma anche in termini di difesa del suolo in territori montani grazie alle opere di sistemazione idraulica forestale effettuate per la creazione delle centrali. Nel presente lavoro si propone una applicazione energetica da fonte idraulica nel Bacino Idrografico del Tevere, già parzialmente sfruttato nei suoi sub-bacini maggior (del Nera e dell'Aniene), più precisamente nei Sottobacini del Paglia e del Chiascio. È stato allo scopo condotto uno studio geomorfologico e idrologico, con l'aiuto del Software GIS, Geographic Information System, e con i dati pluviometrici e idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano, per l'individuazione della risorsa idraulica ancora non sfruttata e per l'elaborazione di un parametro di riferimento che possa dare una prima quantificazione della convenienza di un possibile sfruttamento energetico. A verifica di quanto dedotto dallo studio topografico e idrologico, è stato poi eseguito uno studio di fattibilità di

primo livello. Partendo dai dati ottenuti e dallo schema funzionale dell'impianto, lo studio è stato in grado di verificare la bontà del parametro individuato dando anche una prima valutazione economica dell'investimento.

Analisi preliminare

Ogni due anni il GSE, Gestore dei Servizi Energetici, elabora i dati statistici sulla produzione energetica da fonti rinnovabili in Italia. In particolare nel "L'Idrico – Dati Statistici 2008" si sottolinea il fatto che il grande idroelettrico in Italia è ormai saturo avendo già sfruttato i maggiori dislivelli a disposizione. L'unica soluzione ad un incremento della potenza installata ricade quindi nei piccoli impianti (mini $P < 100\text{ kW}$, micro $100\text{ kW} < P < 1\text{ MW}$, piccoli $1\text{ MW} < P < 10\text{ MW}$) che funzionano con dislivelli e portate minori [1].

Il Bacino idrografico del Tevere è un bacino che ad oggi è parzialmente sfruttato per fini energetici. Nel "Primo Rapporto Annuale del Consorzio Tiberina" è riportato lo studio "Rinnovabili e paesaggio. Usi multipli della risorsa idraulica. Valutazione delle potenzialità energetiche residue del Bacino Idrografico del Tevere" [2] che affronta l'analisi della disponibilità di energia idraulica del Bacino del Tevere attraverso due coefficienti: l'Indice di sfruttamento energetico I_S e l'Indice di residualità energetica I_R così definiti [3]:

$$\begin{aligned} I_S &= E/E_t \\ I_R &= 1 - I_S \\ I_S &= E/p_m * C_{\text{defl}} * S * d_{\text{olm}} * (g * p / 3600) \end{aligned}$$

Con I_S pari al rapporto tra l'energia idroelettrica prodotta E in kWh/anno e quella teorica producibile E_t sempre in kWh/anno. L'energia teoricamente producibile viene calcolata considerando la piovosità media p_m in mm/anno corretta dal coefficiente di deflusso C_{defl} e multi-

plicata per i km^2 di superficie S , per il dislivello orografico logaritmico medio d_{olm} della macroarea considerata espresso in metri e per la densità dell'acqua ρ pari a 1000 kg/m^3 . Dato che questo rapporto, più che in termini assoluti, ha utilità in termini relativi quale indicatore di massima dell'attuale intensità d'uso, nella pratica si considera I_R [3].

Per il Bacino del Tevere I_R vale 0,65, valore che ha dato spunto ad uno studio approfondito dei sottobacini idrografici e della loro disponibilità energetica da fonte idraulica ancora non sfruttata. Lo studio di cui sopra ha riportato anche il coefficiente I_R dei maggiori sottobacini del Tevere, i sottobacini dell'Aniene, del Nera e del Paglia, concludendo che il sottobacino del Paglia è l'unico a non avere impianti idroelettrici. La successiva elaborazione dei dati pluviometrici secondo quanto fatto nello studio menzionato ha condotto ad un valore del coefficiente di residualità energetica pari a 0,97 per il sottobacino del Chiascio [2].

Questo valore, diverso dall'unità ma più grande di zero segnala, in prima analisi, la possibilità di intervenire con nuovi impianti idroelettrici data la presenza di energia idraulica residua nel bacino considerato. Il fatto che I_R sia minore di uno è dovuto alla presenza della Diga di Casanova in funzione nel Comune di Valfabbrica. Le caratteristiche di questo grande invaso sono [6]:

- Potenza installata: 1200 kW
- Energia elettrica prodotta: 6.000.000 kWh/anno
- Capacità del serbatoio: 160.000.000 m^3

Dati questi risultati si è pensato di sfruttare i sottobacini del Paglia e del Chiascio elaborando una metodologia di studio che porti alla valutazione di un parametro di riferimento per altri studi e in grado di

quantificare il reale possibile sfruttamento energetico del Bacino analizzato. Tale sfruttamento sarà poi confermato con uno studio di fattibilità di possibili impianti nei siti che sembrano più convenienti.

computerizzato che permette l'acquisizione, la registrazione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di informazioni derivanti da dati geografici (geo-referenzati). Partendo dalle coordinate cartografiche dell'area studiata, il GIS è in grado, tra le

essere condotta, in assenza di dati idrometrici rilevati alla sezione di sbarramento, utilizzando i dati pluviometrici in stazioni di monitoraggio prossime al bacino di interesse. La stima della portata del fiume è corretta se si considerano i dati di almeno 30 anni. I dati pluviometrici a disposizione sono numerosi; si suddividono in base alle stazioni di monitoraggio pluviometrico prossime al bacino di interesse e sono sia giornalieri che mensili. Per ogni stazione si provvede ad elaborare statisticamente i relativi dati pervenendo a determinare i valori degli afflussi piovosi per l'anno medio (ogni valore annuale è debitamente disaggregato nelle sue dodici componenti mensili). Dai valori lordi degli afflussi piovosi, elaborati nelle varie stazioni, si risale agli afflussi netti tramite l'utilizzo di un opportuno coefficiente riduttivo, coefficiente di deflusso, che tiene conto delle perdite per infiltrazione nel terreno, evaporazione e dispersioni varie. A tal fine devono essere analizzati i coefficienti di deflusso riportati negli annali su una media di lungo periodo delle osservazioni condotte alle stazioni idrometriche limitrofe al bacino in esame [5]. Sono stati analizzati vari sub-Bacini del Bacino del Tevere, ma, ai fini del prosieguo del lavoro di analisi, si è focalizzata l'attenzione su due in particolare. Per ovvie ragioni di sintesi, vengono riportati i dati relativi agli stessi.

Le stazioni selezionate sono [5]:

Chiascio a Torgiano: Area ~ 1956 km² (anni 1936 – 1996 con dati discontinui);

Paglia a Ponte dell'Adunata: Area ~ 1320 km² (anni 1930 – 1996 con dati discontinui);

I risultati dell'analisi degli annali delle stazioni idrometriche riportano come coefficiente di deflusso 0,29 per il Paglia e 0,34 per il Chiascio [5].

Per il calcolo delle risorse idriche disponibili è stata svolta un'elaborazione dei dati pluviometrici al fine di individuare le caratteristiche del regime pluviometrico della zona in esame. Quest'analisi pluviometrica può essere schematizzata in due passaggi:

1. Elaborazione statistica delle serie di pioggia per ricavare, per ciascun mese e per ogni stazione pluviometrica, il valore medio di pioggia totale mensile ed annua;
2. Individuazione di una correlazione tra le componenti mensili delle precipitazioni ed i valori medi annui per ricavare una legge di distribuzione temporale delle precipita-

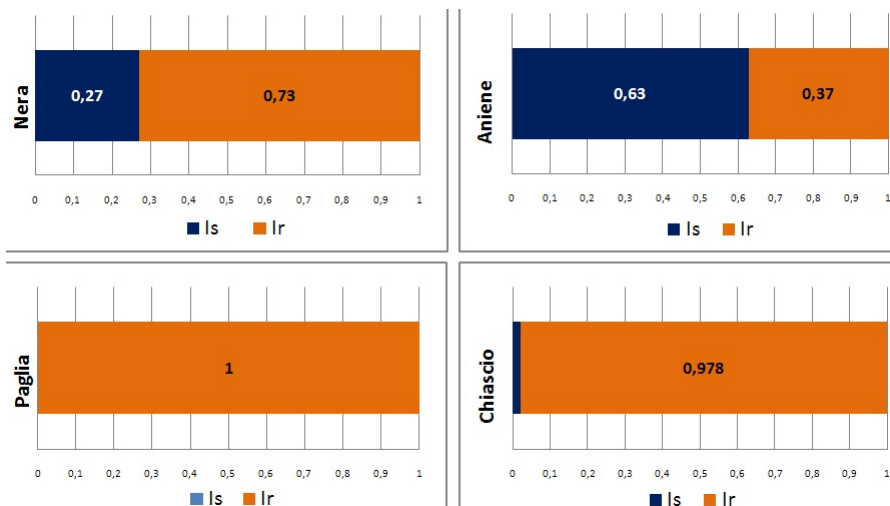


Fig. 1 - Indice di sfruttamento energetico (Is) e residualità energetica (Ix)

Metodologia di studio e analisi del territorio

La potenza di un impianto idroelettrico è funzione del salto utile e della portata d'acqua a disposizione secondo la seguente relazione:

$$P_e = \rho g H_u Q \quad [\text{kW}]$$

Valutare la disponibilità di questi due fattori è il primo passo per poter valutare il potenziale di energia idraulica di un sito. Lo studio quindi consisterà in una prima analisi geomorfologica e una seconda idrologica. L'individuazione e l'utilizzazione della risorsa idrica ancora disponibile in natura deve però essere accessibile quindi, nel rispetto delle Direttive europee, le prime indagini geomorfologiche e idrologiche sono volte a ridurre l'area di interesse che sarà poi indagata con sopralluoghi e rilievi necessari al completamento dello studio. Per prima cosa si devono escludere i tratti già utilizzati a scopo energetico, industriale, irriguo e acquedottistico procedendo per bacini idrografici prescindendo dai confini amministrativi delle Regioni e dei Comuni interessati.

Lo studio geomorfologico del territorio del Bacino scelto è stato svolto con l'ausilio del Software GIS, Geographic Information System i cui output verranno inseriti in un foglio di calcolo Excel insieme ai dati idrografici elaborati nella seconda parte del lavoro.

Il Software GIS è un sistema informativo

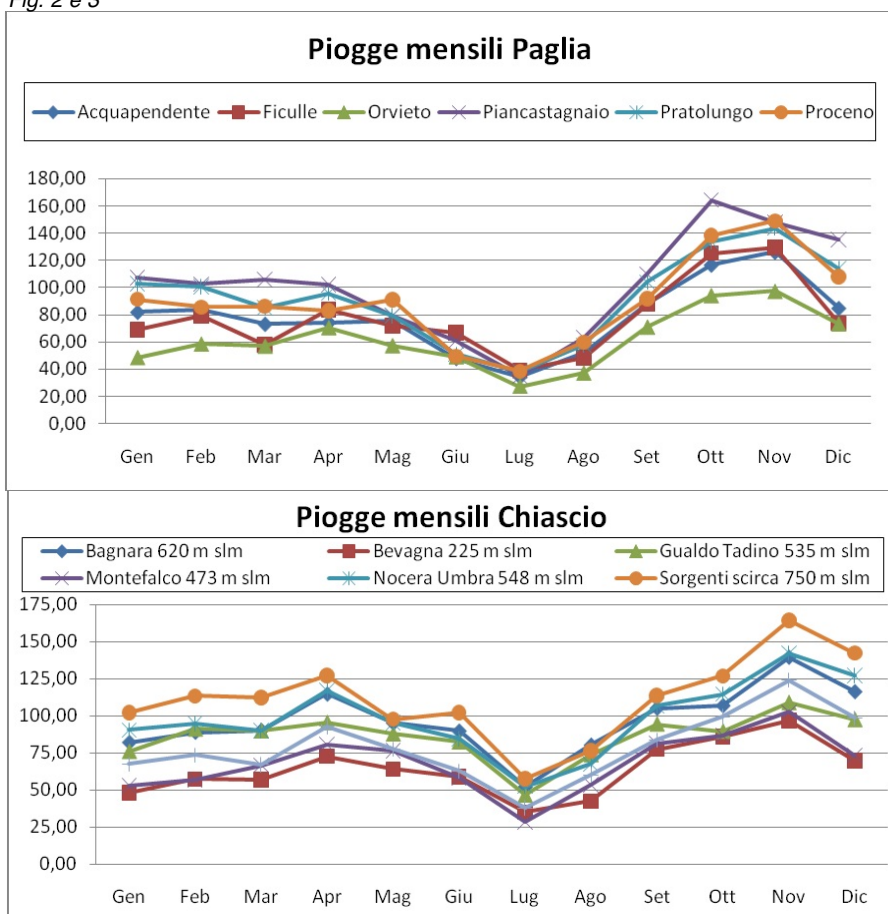
varie cose, di riprodurre il profilo del corso d'acqua e dare informazioni circa la quota, l'area interessata e la progressione dell'asta fluviale. Una volta a disposizione questi output, si è in grado di quantificare i possibili salti geodetici sfruttabili.

Il secondo passo è l'analisi idrologica per quantificare la disponibilità idrica. Per la quantificazione degli afflussi meteorici sono stati utilizzati i dati pluviometrici disponibili dagli annali del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano, assumendo come anno base di osservazione il 1934. Per la valutazione dei deflussi, si sono utilizzati i dati di portata misurati nelle stazioni idrometriche del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano nello stesso periodo, adottando sempre lo stesso coefficiente di deflusso medio preso negli stessi annali idrometrici. Ipotizzato il coefficiente di deflusso è possibile calcolare la portata media d'acqua e quindi, in prima approssimazione, la potenza teorica nominale, l'energia prodotta attraverso le ore di utilizzazione e il potenziale energetico: parametro scelto come indicatore di bontà di un sito per un'eventuale utilizzazione energetica il cui andamento viene sovrapposto al profilo del fiume così da individuare i picchi di produzione sul fiume stesso.

Studio idrologico

La stima dell'entità delle risorse potenzialmente disponibile deve necessariamente

Fig. 2 e 3



zioni.

L'elaborazione successiva consiste nell'individuazione di una legge di variazione temporale delle precipitazioni nell'arco dell'anno; tale operazione è stata eseguita rapportando per ogni stazione il coefficiente di forma ossia i valori medi mensili delle precipitazioni nel periodo di riferimento con il valore medio annuo della precipitazione mensile, come di seguito riportato:

$$K_j = \sum_{i=1}^n P_{i,j} / n; \quad P_m = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} P_{i,j} / 12 * n$$

Coefficiente di forma e pioggia media per stazione

dove il pedice $i = 1, 2, \dots, n$ rappresenta il numero di anni di misura disponibili ed il pedice $j = 1, 2, \dots, 12$ rappresenta il j -esimo mese dell'anno (gennaio, febbraio, ..., dicembre). Inoltre è stato calcolato l'andamento medio riferito a tutte le stazioni di misura su cui è stata calcolata la distribuzione temporale delle precipitazioni.

Da questa analisi è emerso nuovamente come esista una distribuzione delle precipitazioni nell'arco dell'anno simile tra tutte le stazioni prese in esame. Per ricavare la legge di distribuzione temporale delle precipitazioni in funzione della quota si è passati per il Log_{10} delle piogge totali. I

valori ottenuti sono stati poi graficati in funzione della quota così da estrarre la linea di tendenza.

Per la linea di tendenza è stata scelta una

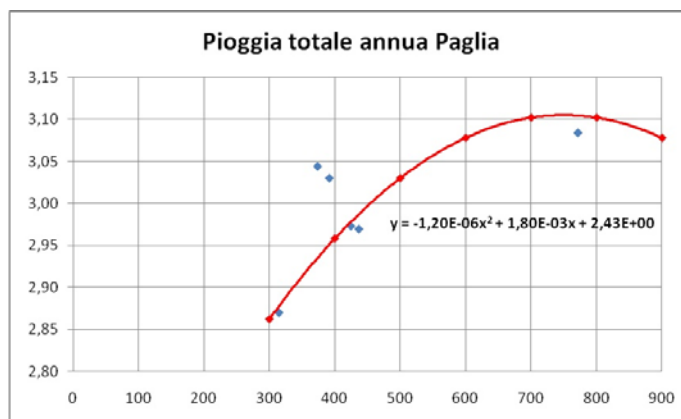
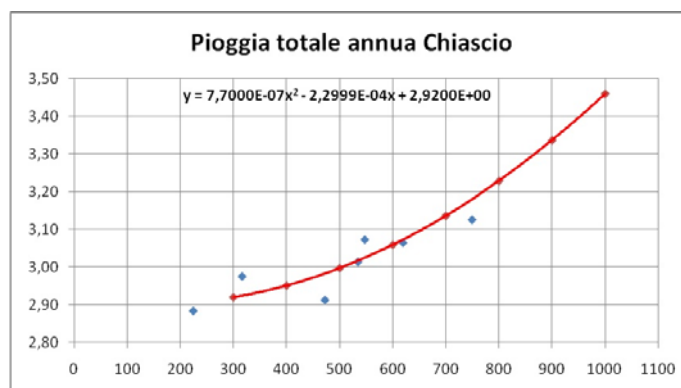


Fig. 4 e 5



polinomiale del secondo ordine che verranno utilizzate nel calcolo della portata disponibile.

Paglia:

$$\text{Log}_{10}(\text{pioggia}) =$$

$$-0,0000012 * \text{quota}^2 + 0,0018 * \text{quota} + 2,43$$

Chiascio:

$$\text{Log}_{10}(\text{pioggia}) =$$

$$-0,0000077 * \text{quota}^2 - 0,00022999 * \text{quota} + 2,92$$

Studio energetico dei sottobacini

Il passaggio finale del lavoro è stato quello di unire quanto ottenuto dallo studio geomorfologico con quello ottenuto dallo studio idrologico, sovrapponendo sul profilo del fiume l'istogramma del parametro introdotto così da individuare subito la reale potenzialità della risorsa idrica scelta.

Per l'individuazione del parametro è stato elaborato un foglio excel in cui gli input sono dati geomorfologici e idrologici.

Gli input geomorfologici sono:

- Progressive dell'asta fluviale;
- Quote sul livello del mare;
- Superficie bacino idrografico.

I dati idrologici sono:

- Polinomiale delle piogge;
- Coefficiente di deflusso;
- Portata massima.

L'obiettivo è fare un primo studio della possibile energia ricavabile dall'utilizzazione dei corsi d'acqua considerati. Si fa quindi un calcolo di potenza e di energia di prima approssimazione considerando ogni intervallo tra coordinate successive

come un dislivello. Una volta emersi i punti più sfruttabili energeticamente, si ipotizza il posizionamento di impianti a valle dei salti corrispondenti, lungo il tratto di fiume. Le relazioni utilizzate sono [7]:

$$P = g * Q_{\max} * H * \eta_{\text{turb}}$$

(Potenza nominale in kW di prima approssimazione)

$$E = g * Q_{\text{media}} * H * \eta_{\text{imp}} * h$$

(Energia in kWh di prima approssimazione)

$$Q_{\text{media}} = \text{Pioggia} * S * C_{\text{defl}} * [1000 / (24 * 365 * 3600)]$$

(Portata volumetrica media)

$$Q_{\max} = Q_{\text{media}} * C_{\text{curva di durata}}$$

(Relazione tra portata volumetrica max e media)

$$\text{Potenziale} = E / (S * L)$$

(Potenziale energetico in kWh/(km²*m) di prima approssimazione)

dove:

-g [m/s²] accelerazione di gravità pari a 9,81 m/s²;

-Q_{max} [m³/s] portata volumetrica massima di acqua;

-Q_{media} [m³/s] portata volumetrica media di acqua;

-H [m] salto geodetico;

-S [km²] superficie del bacino;

-C_{defl} coefficiente di deflusso medio preso dagli annali idrologici del bacino;

-C_{curva di durata} coefficiente caratteristico della curva di durata;

-Pioggia [mm/anno] polinomiale in funzione della quota ottenuta dallo studio idrologico;

-L [m] lunghezza dell'asta fluviale;

-η_{turb} rendimento della turbina pari a 0,87 [7];

-η_{imp} rendimento totale dell'impianto pari a 0,80 [7];

-h ore di utilizzazione dell'impianto in un anno pari a 24 ore per 250 giorni.

I rendimenti e le ore di utilizzazione sono comuni ad entrambi i bacini considerati.

Con lo studio idrologico è stato possibile definire l'afflusso meteorico totale annuo nei Bacini del Paglia e del Chiascio. Per valutare la disponibilità idrica, questo valore di portata, che rappresenta l'afflusso lordo sul bacino, è stato depurato delle perdite per infiltrazione nel terreno, evaporazione, invaso nei bacini di modulazione, prelievi acquedottistici ed irrigui attraverso il Coefficiente di Deflusso ottenendo così il deflusso medio annuo e la Curva di durata il cui andamento viene generalmente assunto a rappresentare il regime idrologico o fluviale del corso d'acqua nella sezione considerata: regime alpino (o glaciale), regime appenninico e suoi sottogruppi (a bacino permeabile o impermeabile). Nel caso in esame non disponendo di tali misurazioni idrometriche dirette si è cercato di definire la forma della curva di durata

relativa alle portate medie giornaliere defluenti attraverso la sezione di sbarramento ipotizzando che la curva abbia la stessa forma della curva delle durate relativa ad una stazione di idrometrica riferimento.

Per quanto riguarda il potenziale, la scelta è stata dettata dalla necessità di avere un parametro il più possibile adimensionale che fosse in grado di quantificare la bontà di un sito in maniera del tutto indipendente da quota, superficie e portata. Il parametro scelto non rispetta appieno questa richiesta, infatti il potenziale non è adimensionale, ma già prescinde dalla lunghezza di asta fluviale e dalla superficie di bacino nel punto di presa. Il fatto che sia stata considerata l'area nel punto di derivazione è stata una decisione successiva; inizialmente si pensava al potenziale come ad energia producibile su superficie di bacino nel punto di restituzione dell'acqua così da considerare anche la lunghezza dell'asta fluviale e quindi delle condotte forzate. In questo modo, però, si ottenevano dei valori non corretti perché considerare la superficie nel punto di adduzione, più grande di quella alla presa, portava a dei valori minori del potenziale dato che l'energia producibile, funzione della portata che a sua volta è funzione della superficie di bacino, considerava invece la superficie del bacino nel punto di presa. Per uniformare il tutto allora si è deciso di considerare per entrambi i calcoli (portata volumetrica media di acqua e potenziale) l'area del bacino nel punto di presa e tenere conto della lunghezza dell'asta fluviale dividendo il potenziale stesso per i metri di condotta for-

zata che separano il punto di derivazione da quello di adduzione. Si potrebbe fare un ulteriore passaggio dividendo il potenziale anche per la portata volumetrica.

Gli output di questa ricerca, basata su successivi screening selettivi, sono i profili altimetrici (quota in funzione delle progressive) dei fiumi considerati con sovrapposti gli istogrammi del potenziale energetico calcolato per ogni dislivello presente sul corso d'acqua. Si evidenziano i punti potenzialmente adatti ad un'utilizzazione energetica dove l'andamento del potenziale presenta dei picchi (questo perché anche il potenziale è rappresentato in funzione della lunghezza dell'asta fluviale quindi i due andamenti sono perfettamente sovrapposti). Quanto descritto consiste nello studio di prima approssimazione. Nella seconda e ultima fase si passa a considerare dei veri e propri salti individuati lungo il profilo del fiume. Un ipotetico impianto idroelettrico va posizionato ai piedi di un dislivello geodetico ma non tutti i salti sono adatti ad uno sfruttamento energetico; il calcolo del potenziale e il suo andamento fanno sì che i salti selezionati in questa fase siano gli unici per cui valga la pena fare calcoli aggiuntivi.

Di seguito si riportano i grafici ottenuti per i soli fiumi Paglia e Chiascio, senza considerare singolarmente i rispettivi affluenti. Il tratto in blu rappresenta il profilo altimetrico del fiume; l'andamento rosso rappresenta, invece, il potenziale calcolato.

Come si può vedere dai due grafici, ci sono delle possibilità di intervento più o meno buone. È stato preso come riferi-

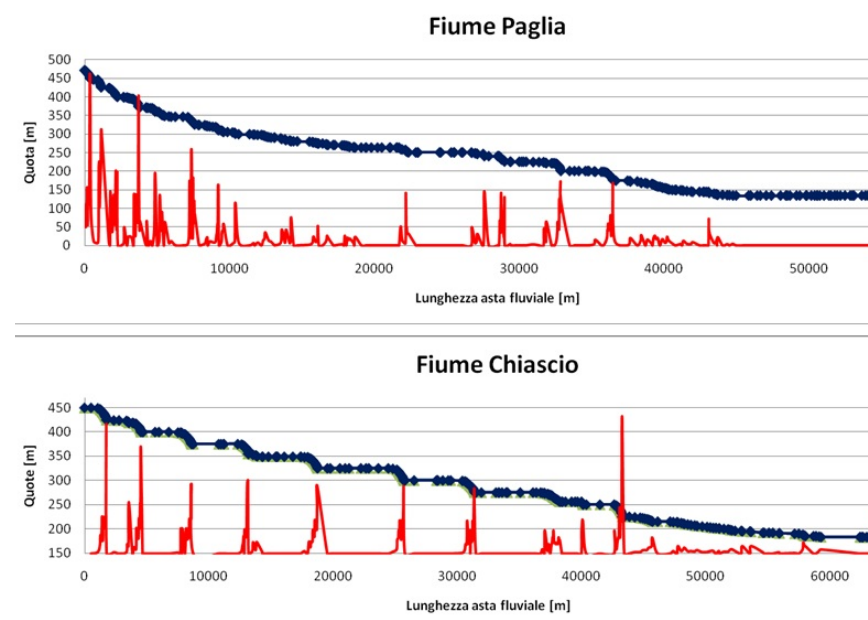


Fig. 6 - Profili altimetrici dei fiumi Paglia e Chiascio con i rispettivi andamenti del potenziale

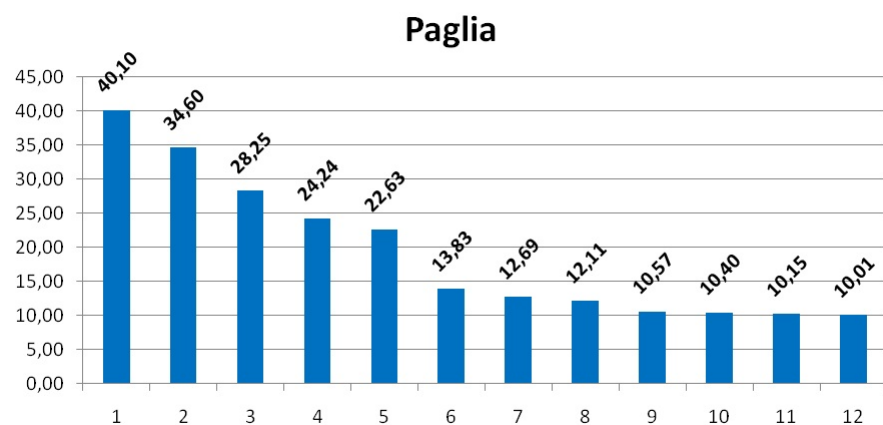


Fig. 7 - Andamento del potenziale dei salti selezionati nel bacino del Paglia

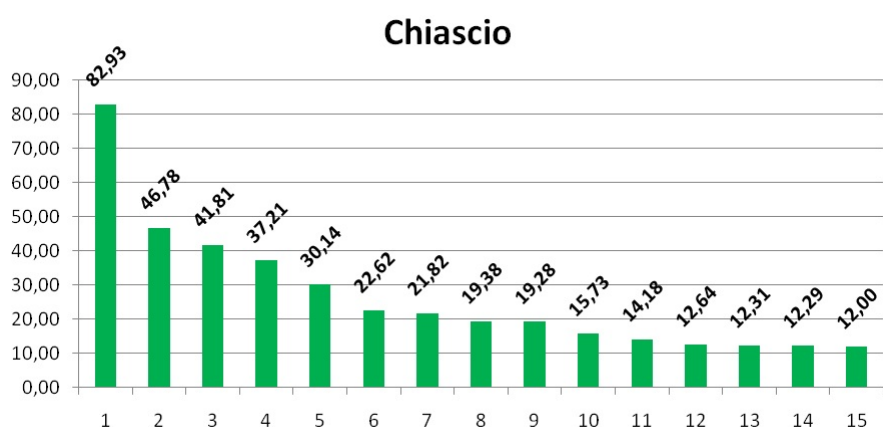


Fig. 8 - Andamento del potenziale dei salti selezionati nel bacino del Chiasco

mento minimo un potenziale di 10 kWh/(km²*m).

Criteri generali del modello di analisi definitivo

La scelta dello schema funzionale dell'impianto è stata effettuata costruendo un modello di analisi per confrontare le diverse scelte progettuali con il criterio dell'analisi costi/benefici al fine di evidenziare lo schema economicamente vantaggioso. Questo modello di analisi, partendo dallo schema geometrico dell'impianto e dalla portata massima derivabile, definisce i costi di realizzazione, la produzione e la potenza installata dell'impianto per ogni valore dei parametri sopra citati. Sebbene il dimensionamento sia influenzato da diversi fattori, nel modello è stata presa la portata massima derivabile come parametro di riferimento¹. Per l'analisi economica, per verificare la redditività dell'impianto è stato scelto come termine di confronto un parametro sintetico² definito come il rapporto tra il costo di investimento inizia-

le e la produttività media annua dell'impianto, definito in euro/kWh che rappresenta un indice univoco e di semplice interpretazione per confrontare le diverse soluzioni tecniche.

Portate disponibili

La portata calcolata attraverso la curva di durata non è ancora la portata utile ai fini energetici perché la vigente normativa pre-

vede il rilascio nel fiume di una quantità d'acqua per la salvaguardia degli ecosistemi naturali a valle delle opere di derivazione ossia, bisogna garantire il Deflusso Minimo Vitale. Questa portata è stata calcolata pari a 2 l/s² per km². Calcolato il DMV, la Curva di durata "effettiva", utile ai fini energetici, è stata calcolata sottraendo ai valori delle portate naturali il valore di deflusso ambientale e discretizzando i valori di portata in intervalli regolari di 30 gg. I valori ottenuti sono stati riassunti in Tabella 1 in cui la colonna "Days" contiene i valori dei giorni della durata, "Natural discharge" i valori di portata naturale defluente nei fiumi, "Available discharge" i valori di portata disponibile per la produzione, ossia sottratta del rilascio ambientale. Mantenendo una portata minima vitale di 60 l/s per il fiume Senna e 105 l/s per il fiume Tescio si prevedono 160 giorni di funzionamento in un anno per il Senna e 245 per il Tescio.

Schema funzionale degli impianti

L'impianto per la produzione di energia elettrica è per entrambi i torrenti ad acqua fluente sviluppato lungo il torrente stesso. Per il fiume Senna, la quota di derivazione è circa 364 m s.l.m. e quella di restituzione a quota 340 m s.l.m.; per il Tescio, la quota di derivazione è circa 340 m s.l.m. e quella di restituzione a quota 292 m s.l.m.. Il manufatto di derivazione è costituito da una piccola opera di sbarramento, detta traversa, e da un'opera di presa realizzata sulla sponda sinistra di detto sbarramento per il Senna e sulla sponda destra per il Tescio. I manufatti descritti sono stati dimensionati per derivare per il Senna una portata pari a

	BACINO PAGLIA		BACINO CHIASCIO	
Days	Discharge (m³/s)	Available (m³/s)	Discharge (m³/s)	Available (m³/s)
10	0,68	0,618	1,25	1,141
30	0,53	0,474	1,06	0,956
60	0,37	0,314	0,83	0,727
90	0,26	0,202	0,65	0,549
120	0,18	0,124	0,51	0,409
150	0,13	0,069	0,40	0,299
180	0,09	0,030	0,32	0,212
210	0,06	0,003	0,25	0,144
240	0,04	-0,016	0,20	0,091
270	0,03	-0,029	0,15	0,049
300	0,02	-0,038	0,12	0,016
330	0,02	-0,045	0,09	0,010
365	0,01	-0,050	0,07	0,030

Tabella 1: Portate naturale ed effettive per entrambi i Bacini idrografici

510 l/s, corrispondente alla portata che dura mediamente 25 gg all'anno e ad una portata media annua di 120 l/s, consentendo in ogni caso un deflusso minimo vitale pari a 60 l/s; per il Tescio una portata pari a 800 l/s, corrispondente alla portata che dura mediamente 50 gg all'anno e ad una portata media annua di 300 l/s, consentendo in ogni caso un DMV pari a 105 l/s.

Le opere di presa sono costituite da due vasche di dissabbiamento e da una camera di carico della condotta di adduzione; l'acqua attraverso una bocca a battente, corredata da uno sgrigliatore oleodinamico, si immette in una vasca di calma dove deposita il materiale solido grossolano che inevitabilmente porta con sé. Dalla prima vasca l'acqua sfiora nel dissabbiatore dove deposita il materiale più fine, il dissabbiatore è stato dimensionato per far depositare particelle di dimensioni pari a 0,5 mm. Un altro sfioro immette l'acqua, ormai priva di materiale trasportato in sospensione, nella camera di carico della condotta di adduzione che conduce la portata derivata alla centrale. La portata derivata viene convogliata tramite un canale di derivazione in PRFV (Vetroresina rinforzata con fibre di vetro), di diametro DN 600 e lunghezza pari a 1150 m per il Senna, di diametro DN 800 e lunghezza³ pari a 2100 m per il Tescio, in un manufatto di interconnessione tra condotta forzata e pozzo piezometrico⁴. Le condotte, interrate ad una profondità di circa 2 m dal piano campagna, saranno posate in asse con la pista di servizio di nuova realizzazione mentre il pozzo piezometrico è alimentato da una tubazione di acciaio DN 600 e DN 800 rispettivamente per i due fiumi che si sviluppa a partire dalla interconnessione tra condotta forzata e condotta di adduzione e termina in corrispondenza della vasca di espansione del pozzo. La vasca verrà realizzata in calcestruzzo armato ed avrà capacità utile pari a circa 10 m³. A partire dal manufatto di interconnessione si svilupperà la condotta forzata costituita da una tubazione in acciaio, di qualità Fe510B (S355JR) e con rivestimento interno in resine epossidiche ed esterno bituminoso pesante, di diametro DN 600 e lunghezza pari a L = 180 m per il Senna e di diametro DN 800 e lunghezza pari a L=50 m per il Tescio, che assicurerà il carico idraulico alla centrale posta sulla sponda sinistra del Torrente. L'edificio della centrale, di dimensioni pari a circa 100 mq, sarà costituito da un locale mac-

chine, dove saranno alloggiate le apparecchiature elettromeccaniche, da un locale quadri, contenente tutte le apparecchiature elettriche (quadri, sistemi di protezione, etc) ed il sistema di telecontrollo. Al di sotto della centrale verrà realizzato il canale di scarico delle portate turbinate, detto canale, realizzato in calcestruzzo, sarà posizionato ad una quota superiore alla massima piena del torrente in modo da impedire il rigurgito delle portate all'interno del canale stesso. Gli impianti idroelettrici così configurati sono caratterizzati da una Potenza nominale pari a 35 kW per l'impianto sul Senna e 177 kW per quello sul Tescio, definite come:

$$P_n = \Delta h * Q_{media} * g$$

(Potenza nominale dell'impianto)

dove:

- Δh è il salto nominale (24 m per il Senna e 48 m per il Tescio);

- Q_{media} è la portata media annua derivabile (150 l/s per il Senna e 370 l/s per il Tescio);

- g è l'accelerazione di gravità.

La potenza installata, ossia la massima potenza erogabile dall'impianto, è di 89 kW per l'impianto sul Senna e 321 kW per quello sul Tescio, definite come:

$$P_n = \Delta h * Q_{media} * g * \eta$$

(Potenza installata sull'impianto)

dove:

- Q_{max} è la portata massima derivabile (510 l/s per il Senna e 800 l/s per il Tescio);

- η è il rendimento medio annuo (88,2% per il Senna e 89,3% per il Tescio) dei gruppi di produzione che erogano rispettivamente le seguenti potenze di 59 kW e 30 kW (due turbine sul Senna) e 214 kW e 107 kW (due turbine sul Tescio).

La produzione media annua attesa dell'impianto è definita da:

$$E_{media} = \Delta h * Q_{media} * g * \eta * 24 * gg$$

(Produzione media annua dell'impianto)

Dove (24*gg) sono le ore di funzionamento nell'anno dell'impianto (160 giorni di funzionamento per l'impianto sul Senna e 245 per quello sul Tescio), quindi la produzione media annua sarà pari a 168.427 kWh per il Senna e di 995.721 kWh per il Tescio.

Dimensionamento impianto

Nei seguenti paragrafi verranno sinteticamente descritte le metodologie di calcolo adottate per il dimensionamento dei componenti dell'impianto (dalle condotte di adduzione fino al tratto terminale della

condotta forzata che arriva in centrale) le cui dimensioni sono influenzate dalla variazione della portata derivata e che comportano una variazione consistente nel costo di realizzazione dell'impianto.

Verranno descritte le formule generali di calcolo idraulico per il dimensionamento dei componenti dell'impianto solo al fine di evidenziare la correlazione esistente tra la portata massima derivata e le dimensioni degli stessi componenti. Inoltre verranno descritte le scelte progettuali adottate nel dimensionamento dei componenti per ridurre al minimo le perdite di carico e quindi per massimizzare l'energia prodotta e la potenza installata delle turbine idrauliche.

Calcolo del diametro delle tubazioni

La scelta dei diametri delle tubazioni è stata effettuata con il criterio di ridurre al minimo le perdite di carico e quindi per massimizzare l'energia prodotta e la potenza installata delle turbine idrauliche.

In questo caso bisogna però tenere in considerazione alcuni ulteriori fattori che influiscono in maniera decisiva sulla scelta del diametro della tubazione; infatti, se all'aumentare del diametro diminuiscono le perdite di carico è anche vero che aumentano notevolmente le quantità di acciaio e le difficoltà di realizzazione di tubazioni di diametri molto grandi, quindi i costi relativi alla realizzazione delle tubazioni stesse. Per contenere i costi delle tubazioni e per ridurre a valori accettabili le perdite di carico è stato adottato il criterio di contenere la velocità all'interno della condotta a valori inferiori a 2,0 m/s; questa scelta in impianti già realizzati si è dimostrata quella economicamente più vantaggiosa.

Il calcolo del diametro delle tubazioni è stato quindi effettuato utilizzando la nota Formula del moto uniforme di Chezy (Steady Flow):

$$V = X \sqrt{R * J}$$

(Velocità media dell'acqua)

$$Q = V * A = A * X \sqrt{R * J}$$

(Portata transitante)

$$X = K * R^{1/6}$$

(Coefficiente di scabrezza della sezione fluviale)

dove:

- Q è la portata transitante in m³/s;

- R è il raggio idraulico in m definito come Area bagnata/perimetro bagnato;

- J è la pendenza del pelo libero dell'acqua (nel moto uniforme è la pendenza del

	n° turbina	Livello massimo funzionamento	Livello minimo funzionamento
n° 1 turbina	1ª turbina	100,0% Q_{imp}	30,0% Q_{imp}
n° 2 turbine	1ª turbina 2ª turbina	66,6% Q_{imp} 33,3% Q_{imp}	22,2% Q_{imp} 11,1% Q_{imp}
n° 3 turbine	1ª turbina 2ª turbina 3ª turbina	50,0% Q_{imp} 33,3% Q_{imp} 16,6% Q_{imp}	16,6% Q_{imp} 11,1% Q_{imp} 5,5% Q_{imp}

Tabella 2: Ripartizione nelle tre turbine della portata massima derivata

fondo);

-v è la velocità media dell'acqua in m/s;

-X è il coefficiente di scabrezza della sezione fluviale;

-K è la scabrezza di Strickler pari a 66 m^{1/3}/s.

Combinando le tre formule sopra riportate ed imponendo che la velocità dell'acqua non sia maggiore di 2,0 m/s, si otterrà il diametro teorico della tubazione; confrontando questo valore con i diametri che vengono commercialmente realizzati viene univocamente definito il diametro ottimale per ogni portata di progetto. Per il calcolo del diametro della galleria è stata ipotizzata la realizzazione di una sola galleria indipendentemente dalla portata d'acqua transitante perché, a differenza delle tubazioni, aumentando il diametro della galleria, il costo specifico rapportato al diametro stesso decresce. Per la scelta del diametro ottimale della galleria è stato sempre utilizzato il criterio adottato per le tubazioni ossia velocità interna minore di 2,0 m/s.

Scelta e dimensionamento delle turbine

La scelta della Turbina idraulica da installare in un impianto idroelettrico è influenzata dal salto a disposizione H e dalla portata massima derivata Q_{max} . Per ognuno degli impianti previsti dal presente progetto, in base alle caratteristiche di salto e portata, sono state scelte due turbine Kaplan per entrambi gli impianti in progetto. L'analisi per il dimensionamento delle turbine è stata svolta prendendo in esame tre scenari caratterizzati da tre turbine nominate "1", "2", "3". La scelta di più di una turbina comporta che, a parità di portata massima dell'impianto, la portata specifica di ogni turbina sarà inferiore allo scenario con una sola turbina garantendo quindi il funzionamento a buoni rendimenti anche

per le portate minime del fiume, ossia nei mesi estivi dove il fiume è in magra.

Nell'analisi svolta per la scelta del numero di turbine da installare, nell'ottica di ottimizzare la produzione, è stata imposta una regola di gestione delle turbine, Turbine's Management Rules al fine di garantire il funzionamento nelle migliori condizioni delle turbine installate. Tale regola di gestione impone il fermo di una turbina quando scende al di sotto di un certo livello di funzionamento per cui, nel caso di una sola turbina, l'impianto si fermerà perché al di sotto di un certo livello di funzionamento le perdite energetiche ed il costo di gestione sono maggiori dei benefici ottenuti dalla produzione.

Se si utilizzano due o più turbine, quando una macchina, partendo da quella di dimensioni maggiori, scende al di sotto del 30% del livello di funzionamento, si ferma e si attiva la seconda turbina finché non arriva anch'essa alla soglia del 30% del livello di funzionamento, e si procede fino alla turbina più piccola che quando arriva alla sua soglia del 30% di funzionamento l'impianto si fermerà.

In questo caso con più di una turbina, ovviamente, ogni macchina avrà la capacità di scendere al di sotto del livello massimo di funzionamento della turbina successiva in modo che in caso di guasto di una macchina le perdite di produzione dovute al fermo siano minime.

Alla luce della regola di gestione adottata è stato necessario anche creare una ripartizione delle portate, e quindi delle potenze, in modo da garantire che le macchine in funzione siano sempre in condizioni di avere un rendimento buono.

Per garantire questo livello di funzionamento è stata scelta una ripartizione delle portate tra le turbine come di seguito riportato:

dove Q_{imp} è la massima portata derivabile

dall'impianto.

La potenza installata, ossia la massima potenza erogabile da una turbina, è definita come:

$$P_i = \Delta h * Q_{max} * g * \eta$$

(Potenza installata sull'impianto)

dove:

- Δh è il salto netto in m;

- Q_{max} è la massima portata derivabile (510 l/s per il Senna e 800 l/s per il Tescio);

-g è l'accelerazione di gravità pari a 9,81 m/s²;

- η è il rendimento massimo della turbina (88,2% per il Senna e 89,3% per il Tescio).

Calcolo della produzione media annua

Per ognuno degli impianti progettati viene valutata la produzione media annua applicando alle curve di durata sopra riportate le regole di gestione presentate nel paragrafo precedente. Nelle tabelle specifiche di seguito riportate sono riassunti i risultati del calcolo delle portate utilizzate da ogni turbina, il livello di funzionamento, il rendimento delle macchine e la produzione relativa agli intervalli regolari di 5 gg in cui è stata scomposta la curva di durata. La discretizzazione della curva di durata è stata effettuata in modo da ottenere intervalli di integrazione abbastanza piccoli per il calcolo della produzione e ridurre al minimo le approssimazioni del calcolo.

Nella prime due colonne sono riportati rispettivamente i valori delle durate e delle portate disponibili, mentre nelle successive colonne sono riportati rispettivamente:

- Q_{der1} : Portata utilizzata dalla prima turbina;

- Q_1/Q_{max1} : livello di funzionamento della prima turbina;

-Rend1: rendimento della prima turbina per il livello di funzionamento;

-Prod1: produzione attesa per l'intervallo temporale e il rendimento.

Dall'analisi dei risultati delle simulazioni è possibile notare come la regola di gestione vada ad influenzare l'attivazione delle macchine, infatti per le portate fino ad una certa durata, tutte le macchine vengono tenute in funzione perché la portata disponibile permette di produrre un buon rendimento.

Dopo, la seconda e terza macchina si fermano per lasciar produrre la macchina più potente con buoni rendimenti fino al livello minimo di funzionamento im-

PREVENTIVO SPESA	IMPIANTO SENNA		IMPIANTO TESCOIO	
Descrizione	n° 1	n° 2	n° 1	n° 2
Allestimento cantiere	5.907		8.435	
TOTALE Allestimento cantiere	5.907		8.435	
Opere di presa				
Opera di presa	125.958	0	87.317	0
TOTALE Opere di presa	125.958		87.317	
Condotte di avvicinamento				
Apertura piste condotte in pressione	83.413	0	152.320	0
Opere di regimazione/bonifica e attraversamenti/interferenze	57.500	0	63.000	0
Fornitura tubazioni	93.543	0	250.532	0
Posa in opera tubazioni	40.250	0	52.500	0
Saldature tubazioni	19.259	0	46.891	0
TOTALE Condotte di avvicinamento	293.965		565.243	
Condotte forzate				
Apertura piste condotte forzate	0	18.644	0	5.179
Opere di regimazione/bonifica e attraversamenti/interferenze	0	1.620	0	600
Fornitura tubazioni	0	20.025	0	8.526
Posa in opera tubazioni	0	16.416	0	5.330
Saldature tubazioni	0	3.014	0	1.116
Galleria	0		0	
TOTALE Condotte forzate	59.719		20.951	
Turbine	155.41	133.700	225.531	176.000
TOTALE Turbine	289.113		425.293	
Strumentazioni e pezzi speciali	16.825	2.054	25.012	789
TOTALE Strumentazioni e pezzi speciali	18.879		25.801	
Centrale	96.744		128.053	
Elettrodotto	57.000		85.000	
Strade di accesso	0		0	
Espropri ed occupazione temporanea	26.094		29.780	
Ingegneria (6%)	47.258		67.476	
TOTALE	1.020.638		1.443.333	

Tabella 3: Tabella riassuntiva delle spese associate ai due impianti, valori in euro

sto al 50%. Dopo questo giorno si riattivano le altre turbine fino alle portate minime dell'anno.

Lo schema di calcolo della produzione mostra come le regole di gestione delle turbine consentano di funzionare l'impianto per la maggior parte dell'anno riducendo al minimo i periodi di impianto fermo, in modo da sfruttare al massimo le potenzialità idriche del fiume.

Preventivo di spesa

Il calcolo del costo di realizzazione di ognuno degli scenari analizzati è stato

effettuato prendendo in considerazione i prezzi di mercato attualmente in uso.

La quantità dei lavori da eseguire sono stati calcolati in base alle specifiche caratteristiche di ogni simulazione effettuata facendo variare la portata massima derivabile, e quindi facendo variare le dimensioni di tutte le opere connesse con il trasporto dell'acqua, quali canali di derivazione, tubazioni del sifone, numero e diametro delle condotte forzate, diametro della galleria e dimensioni della centrale. Per quanto riguarda le condotte il calcolo del costo è stato effettuato

sulle effettive quantità di acciaio necessarie per le tubazioni tenendo in considerazione le pressioni massime di esercizio e le sovrappressioni dovute alle manovre in centrale, perché al variare della pressione deve necessariamente variare lo spessore delle tubazioni, quindi il costo di realizzazione. Per l'installazione delle condotte è stata prevista la realizzazione di una platea di base e di selle di appoggio, in cemento armato, per l'appoggio delle condotte al fine di semplificare le operazioni di posa delle tubazioni e consentire un facile accesso alle stesse in caso di manutenzione. Per quanto riguarda la voce relativa alle apparecchiature elettromeccaniche (turbine) è stata calcolata considerando il costo relativo alla realizzazione della turbina idraulica, del generatore, della valvola di sicurezza, dei quadri di potenza e del sistema di telegestione e telecontrollo per la regolazione e supervisione del funzionamento della turbina.

Il calcolo del costo delle apparecchiature elettromeccaniche è stato effettuato tenendo in considerazione la tipologia della turbina e la potenza installata, inoltre è stata tenuta in considerazione la variabilità del numero di turbine da installare in centrale, in quanto a parità di potenza massima erogata l'installazione di più di una turbina comporta un numero maggiore di apparecchiature di regolazione, di quadri di controllo e di tutte le strumentazioni necessarie al corretto funzionamento delle stesse, e quindi comporta necessariamente un costo maggiore. Anche per la centrale i criteri di dimensionamento sono strettamente legati al numero ed alla dimensione delle turbine dato che con questi parametri varia la dimensione del canale di scarico, lo spazio necessario per l'alloggiamento dei quadri di potenza e le dimensioni del blocco di ancoraggio delle turbine.

Il numero di simulazioni effettuato è dipeso da due fattori principali: la discretizzazione dell'intervallo di portata ed il numero massimo di turbine potenzialmente installabili; quindi sono state eseguite 30 simulazioni per entrambi gli impianti in progetto. Il termine di confronto per verificare la redditività dell'impianto, come detto, è un parametro definito come il rapporto tra il costo di investimento iniziale e la produttività media annua dell'impianto, espresso in euro/kWh.

Dati generali	Nome impianto	SENNA	TESCIO
	Bacino idrografico	Paglia	Chiascio
	Sottobacino idrografico	Senna	Tescio
	Tipologia impianto	Acqua fluente	Acqua fluente
Dati geomorfologici	Area sottesa bacino (km ²)	24,00	42,00
	Lunghezza asta principale bacino (km)	6,80	9,00
	Lunghezza fluviale tra presa e restituzione bacino (km)	0,95	1,70
	Quota massima bacino (m slm)	1041	1286
	Quota minima bacino (m slm)	364	340
	Quota media bacino (m slm)	689	635
	Bacino sotteso totale (km ²)	24,00	42,00
	Quota massima bacini (m slm)	1041	1286
	Quota minima bacini (m slm)	364	340
Dati idrologici	Afflusso meteorico annuo bacino (mm)	1169	1168
	Volume afflussi bacino (m ³)	28.064.008	49.071.299
	Coefficiente di deflusso medio annuo	0,26	0,34
	Portata media annua naturale bacino (m ³ /s)	0,17	0,40
	Portata media derivata bacino (m ³ /s)	0,15	0,37
	Portata massima derivata bacino (m ³ /s)	0,51	0,80
	DMV bacino (m ³ /s)	0,06	0,11
Dati progetto	Quota opera di presa (m slm)	364	340
	Numero tubazioni condotta adduzione	1	1
	Diametro tubazioni condotta adduzione (mm)	600	800
	Lunghezza condotta adduzione (m)	1150	2100
	Numero tubazioni condotta forzata	1	1
	Diametro condotta (mm)	600	800
	Lunghezza condotte (m)	180	50
	Massima pressione di esercizio (bar)	2,40	4,80
	Quota restituzione (m slm)	340	292
Dati macchinari	Salto lordo (m)	24,00	48,00
	Perdite quota canali (m)	4,55	4,44
	Perdite carico condotte (m)	0,48	0,07
	Salto netto (m)	18,97	43,49
	Numero turbine	2	2
	Tipologia turbine	Kaplan	Kaplan
	Portata massima turbina n°1 (m ³ /s)	0,34	0,53
	Portata massima turbina n°2 (m ³ /s)	0,17	0,27
	portata massima turbina n°3 (m ³ /s)	0,00	0,00
	Potenza installata turbina n°1 (kW)	59	214
	Potenza installata turbina n°2 (kW)	30	107
	Potenza installata turbina n°3 (kW)	-	-
	Potenza installata totale (kW)	89	321
Produzione	Produzione media annua (kWh/anno)	168.427	995.721
	Giorni di funzionamento (gg)	160	245
	Rendimento medio annuo dei gruppi di produzione (%)	88,2%	89,3%
	Rendimento medio annuo impianto (%)	64,4%	72,6%
	Coeff. utilizzazione risorse idriche (%)	68,1%	68,1%

Tabella 4 riassuntiva con le caratteristiche dei due impianti in progetto

Conclusioni

Il presente lavoro ha proposto un parametro di riferimento attraverso cui individuare a priori una risorsa idraulica che valga la pena sfruttare da un punto di vista energetico. Lo studio ha come base gli indici di sfruttamento energetico I_S e di residualità I_R introdotti nel 3° Congresso Nazionale AIGE nel 2009; indici che permettono una prima valutazione del potenziale energetico di un Bacino idrografico attraverso il rapporto della producibilità effettiva e quella teorica. Questi indici sono stati calcolati per il Bacino del Tevere e successivamente per i suoi sub-bacini meno sfrut-

tati quali il Bacino del Paglia e Il Bacino del Chiascio. È stata fatta una suddivisione preliminare in base ai due Bacini seguita dall'analisi dei singoli affluenti. Per ognuno di questi sono stati considerati solo i punti più energeticamente validi con le principali caratteristiche: salto utile, portata disponibile e lunghezza dell'asta fluviale. Per ogni punto è stata calcolata potenza installabile e l'energia producibile considerando 6000 ore di funzionamento in un anno (il 30% dell'anno l'impianto non funziona per manutenzione e interruzioni straordinarie). Obiettivo preliminare è stata l'introduzione del potenziale energe-

tico della risorsa (calcolato come il rapporto tra energia producibile e superficie del bacino e lunghezza dell'asta fluviale) con cui si identifica la producibilità specifica di ogni impianto selezionato. I potenziali più interessanti sono quelli con un valore numerico maggiore di 10 kWh/(km²*m) fino al massimo ottenuto pari a circa 83 kWh/(km²*m). Già confrontando le Figure 7 e 8 nelle quali sia il potenziale minimo che quello massimo del Fiume Chiascio [83 kWh/(km²*m) e 12 kWh/(km²*m)] superano i corrispettivi potenziali del Fiume Paglia [40,10 kWh/(km²*m) e 10,01 kWh/(km²*m)], si vede come il primo presenti una potenzialità maggiore rispetto al secondo. Il massimo valore di potenziale ottenuto, da cui ci si aspetta un certo guadagno nella realizzazione dell'impianto, è associato al Torrente Tescio, affluente del Chiascio, che arriva fino a circa 83 kWh/(km²*m) (24 m di salto in 124 m di lunghezza dell'asta fluviale con una portata di 1,197 m³/s e una producibilità di 462.723 kWh/anno con potenza installabile di 251 kW) mentre, il caso peggiore risulta essere il Torrente Senna nel Bacino del Paglia con 10,01 kWh/(km²*m) (24 m di salto in 975 m di lunghezza dell'asta fluviale con una portata di 0,307 m³/s e una producibilità di 244.042 kWh/anno con potenza installabile di circa 70 kW). Questi due impianti, il migliore e il peggiore caso studiato, sono stai poi oggetto di uno studio di fattibilità di primo livello a verifica di quanto concluso a priori dalla quantificazione dei due potenziali, in particolare per il Torrente

Senna che ha un potenziale al limite della prima selezione.

I risultati ottenuti da questo studio di fattibilità confermano quanto ci si aspettava: un riscontro economico positivo per il primo e uno altamente negativo per il secondo. Nel dettaglio, l'impianto scelto sul Tescio presenta, con un salto utile pari a 43,51 m e una portata massima derivabile pari a 800 l/s, una potenza installata di 321 kW e una producibilità annua pari a 995.721 kWh/anno per 245 gg di funzionamento in un anno.

Per quantificare il guadagno effettivo dell'impianto è stata considerata una vita media dell'impianto di 30 anni di cui 15 coperti con la tariffa onnicomprensiva (che prevede una retribuzione per 15 anni di 0,22 a kWh prodotto) e 15 nei quali è stato previsto un ricavo a kWh prodotto pari a 0,07 euro. Il ricavo totale quindi è di euro 4.331.386 contro euro 1.443.333 di investimento che rende la realizzazione

dell'impianto economicamente vantaggiosa. Al contrario, l'impianto sul Senna, che già nella prima analisi è sembrato un investimento rischioso, si è rivelato tale anche nello studio di fattibilità.

Procedendo allo stesso modo sul torrente Senna, l'impianto prevede un investimento minore e pari a euro 1.020.638 ma con una producibilità di 168.427 kWh/anno il ricavo è molto ridotto: euro 732.658. Per lo scarto negativo che si ottiene, l'impianto sul Senna identificato inizialmente con un potenziale minimo di 10,01 kWh/(km²*m) (potenza installata di 89 kW per 160 gg di funzionamento con una portata massima derivabile di 510 l/s e un salto netto pari a circa 19 m), non risulta assolutamente realizzabile mentre quello sul Tescio, che presentava un potenziale di circa 83 kWh/(km²*m), è economicamente vantaggioso tanto che la sua realizzazione potrà essere un possibile prossimo sviluppo del presente lavoro.

dal salto) ed il costo (dipendente dalle dimensioni dell'impianto) sono necessariamente variabili in funzione della portata massima derivabile.

² Questo valore è in bibliografia un valore di riferimento che viene usato quando non esistono studi specifici di caratterizzazione ambientale dei fiumi ed analisi sulla specifica fauna acquatica anche perché il metodo proposto dall'Autorità di Bacino del Tevere non è ufficializzato e quindi non usato.

³ Nel realizzare un impianto si cerca di massimizzare il salto disponibile facendo percorrere alla condotta forzata, nei limiti delle possibilità del terreno da attraversare (l'impianto deve essere necessariamente accessibile), il tracciato più breve che renda minime le perdite di carico; questa è la ragione per cui la lunghezza delle condotte non sempre si avvicina a quella della lunghezza fluviale considerata; se a questo fattore si aggiunge l'errore di DEM che è uno strumento fallace, si raggiungono lunghezze molto diverse come nel caso in esame.

⁴ Il pozzo piezometrico, collocato in corrispondenza dell'interconnessione tra condotta di avvicinamento e forzata, assolve il compito di proteggere dai fenomeni di moto vario, detti "colpi d'ariete" la condotta di avvicinamento situata a monte del manufatto.

Bibliografia

- [1] GSE, "L'idrico - Dati Statistici 2008", Roma, 2009
- [2] Spena A., Geracitano A., "Rinnovabili e paesaggio. Usi multipli della risorsa idraulica. Valutazione delle potenzialità energetiche residue del Bacino Idrografico del Tevere", Primo Rapporto Consorzio Tiberina, Roma, 2010
- [3] Geracitano A., Spena A., "Valutazione delle Potenzialità Producenti Energetiche in Italia da Fonti Rinnovabili", Tesi di Laurea A.A. 2008/2009
- [4] Annali pluviometrici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano
- [5] Annali idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano
- [6] Ente irriguo Umbro Toscano - Sito web
- [7] Della Volpe R. "Macchine", Napoli, 1994

Note

¹ La scelta è stata suggerita dal fatto che tutti i componenti dell'impianto hanno una correlazione più o meno diretta con questo parametro (si pensi alle perdite di carico che sono fortemente influenzate dalla relazione tra portata e diametro delle tubazioni; si pensi alle dimensioni del dissabbiatore, dei canali di derivazione, delle turbine e del canale di scarico che sono sempre legate alla massima portata derivabile). Quindi in definitiva la produzione e la potenza installata (dipendenti dalle portate e

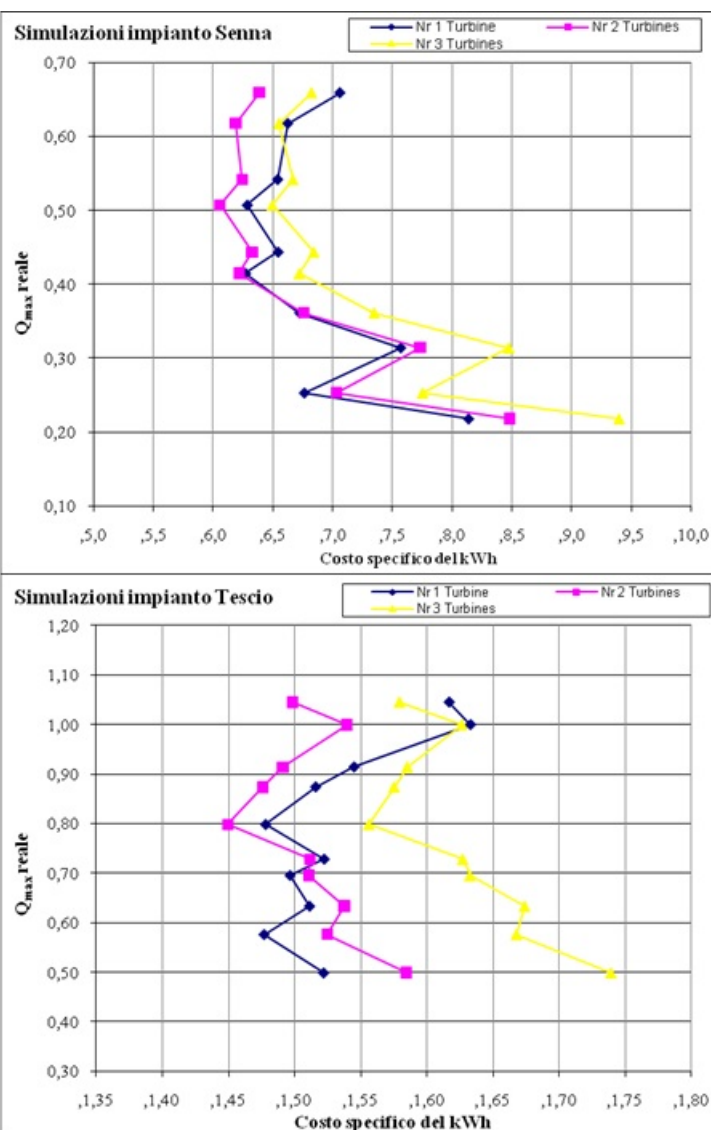


Fig. 9 - Schematizzazione del costo specifico del Kwh per l'impianto

ENERGAID: una tecnologia energetica idonea al clima e agli elementi (aria, acqua, terra, sole) della regione Tiberina

Franco Venturini
Esperto, ideatore

L'innovativa tecnologia ENERGAID (ENERgy-Gain Active-Insulation Device), frutto di una trentennale esperienza termotecnica, trova in questo periodo una prima concreta applicazione: un progetto pilota in avanzata realizzazione di una struttura di stagionatura alimentare che utilizza energia non rinnovabile in quantità tendente allo zero per mantenere la temperatura ambiente costante in tutti i giorni dell'anno.

L'impianto pilota è situato in Lombardia, dove ha superato positivamente i collaudi di funzionamento invernali.

La cella, operativamente, prevede il mantenimento dell'aria ambiente per tutti i 365 giorni dell'anno alla temperatura di 17°C. Per il collaudo invernale si sono volute individuare le presta-

zioni massime, ottenendo la temperatura interna superiore ai 19°C.

Le attività proseguiranno con un ciclo di stagionatura sul prodotto allo scopo di valutare l'efficacia complessiva.

La tecnologia presentata, sviluppata al momento a livello sperimentale, si dimostra – in base alle simulazioni – particolarmente adatta all'ambiente della regione Tiberina, conformandosi altresì agli elementi di sostenibilità ambientale e “naturalità” oggi sempre più valorizzati.

L'obiettivo è riuscire a utilizzare fonti di energia caratterizzate da temperature medie/equivalenti prossime a quelle degli ambienti interni di riferimento, fonti come il terreno e gli acquiferi, coadiuvati dall'irraggiamento solare.

Descrizione del funzionamento

Il progetto ENERGAID nasce con l'obiettivo di favorire l'utilizzazione di sistemi a bassa entalpia. In particolare si desidera consentire lo sfruttamento economicamente vantaggioso sia dell'energia rinnovabile, come l'energia solare e la geotermica, sia di una larga parte di sorgenti termiche esistenti. Confrontando un esempio di sistema tradizionale (Fig. 1) con il sistema proposto con ENERGAID (Fig. 2), risulta evidente che:

- la sorgente termica ipotizzata come disponibile a 20°C per ENERGAID non sarebbe utilizzabile da sistemi tradizionali a bassa temperatura, se non indirettamente, tramite l'ausilio di pompe di calore, con conseguente impiego di energia pregiata, tipicamente elettrica;
- le dispersioni Q_a [W] del sistema di Fig. 1 vengono totalmente compensate con apporto di pari potenza all'interno degli ambienti climatizzati, tramite sistemi terminali di scambio termico; pur utilizzando terminali ad elevata efficienza di scambio termico, la strategia di apportare calore all'ambiente climatizzato necessita di $T_{ma} > T_{ra} > T_a$.

Per perseguire l'obiettivo di ridurre la necessità di apportare energia nell'ambiente climatizzato, al fine di consentire la drastica riduzione della temperatura della sorgente termica, il sistema prevede di:

- fornire l'energia nel punto indicato come Q_{b_E} [W] in Fig. 2;
- ottimizzare l'impiego dell'energia in Q_{b_E} [W];
- ridurre T_{rb} [K] per ampliare la casistica applicativa;
- limitare drasticamente la potenza Q_b [W].

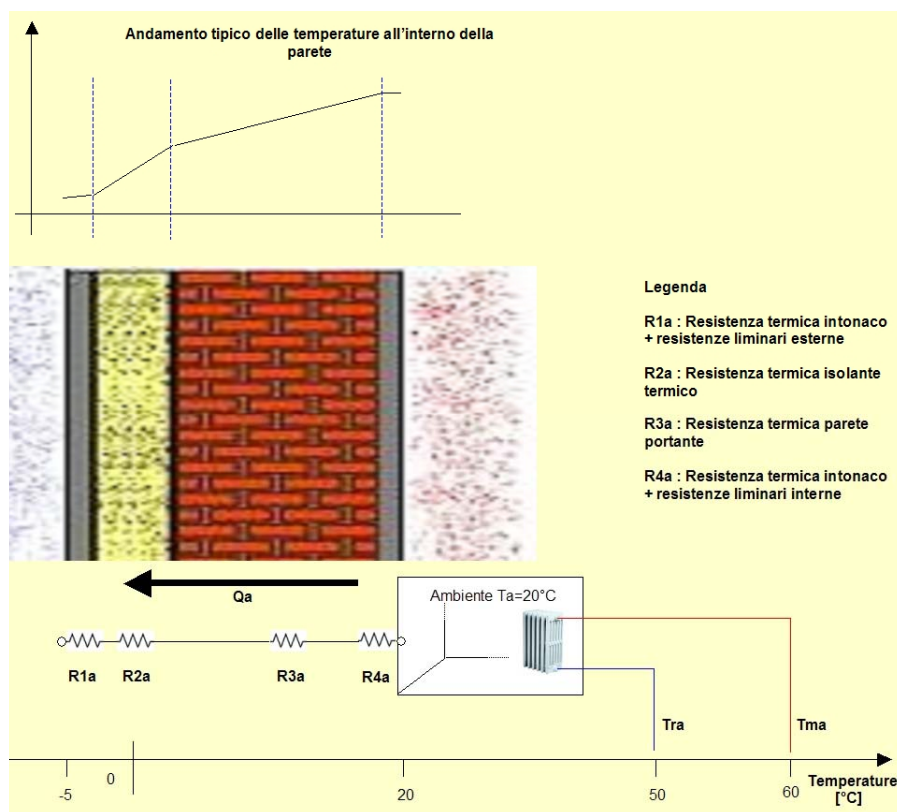


Figura 1

Date le premesse, la soluzione tecnologica ENERGAID è di far scorrere all'interno dello strato isolante della parete il fluido termovettore, con lo scopo di mantenere sufficientemente elevata la temperatura nel punto indicato con T_{i_E} [K].

Così facendo

$$Q_b = f(T_a - T_{i_E}) [W]$$

in quanto R_{3b} e R_{4b} risultano pressoché irrilevanti quando $(T_a - T_{i_E})$ tende a zero.

Allo stato dell'arte, autorevoli ricerche

alle condizioni di funzionamento indicate in Fig. 2.

Per ragioni di brevità, in questa sede non vengono trattati gli aspetti particolari ed estremamente vantaggiosi di funzionamento nel regime estivo e in regime dinamico. Quanto a comfort per le persone, è da sottolineare che la tecnologia condiziona direttamente la temperatura superficiale interna delle pareti dell'involucro dell'edificio; la temperatura operante ambiente dà luogo ad un livello di comfort annuale elevatissimo.

15 ed i 22°C, consentono dei grandi vantaggi per l'utilizzo di questa tecnologia, sia in estate sia in inverno.

Le simulazioni evidenziano una grande sostenibilità ambientale a livello di macro bilancio energetico, in quanto il calore prelevato dal terreno/acquifero in stagione invernale è analogo a quanto reintegrato in estate.

A titolo esemplificativo, i maggiori vantaggi, a partire dal tempo di ritorno dell'investimento, si ottengono in occasione di disponibilità di acquifero ad una temperatura prossima/coincidente a quella richiesta per gli ambienti nel funzionamento invernale.

Le attuali tecnologie passive sono poco performanti per l'estate e poco adatte per le riqualificazioni; la tecnologia ENERGAID è caratterizzata dal funzionamento attivo, pertanto controllabile; i vantaggi sul controllo della temperatura dell'ambiente interno sono determinanti anche per il funzionamento estivo; per le riqualificazioni, ad oggi, risulta particolarmente vantaggioso poter progettare per ottenere degli edifici passivi intervenendo sull'involucro con spessori dell'ordine dei 100 mm.

Applicabilità industriale su scala locale

La regione Tiberina è caratterizzata da un'irraggiamento solare tipico della latitudine; le temperature degli acquiferi e del terreno a profondità dai 20 ai 400 m sono varie ed interessanti.

Di conseguenza, ai tipici valori di irraggiamento e di temperatura, l'applicabilità di maggior interesse in termini di ROI atteso per questa regione, previa valutazione del singolo sito, è per i comparti:

- 1) building (abitazioni, industrie, centri commerciali, impianti sportivi, scuole, etc);
- 2) stagionature alimentari.

Si evidenzia una potenzialità di eccellenza applicativa per il building nella città di Roma per la presenza di un acquifero idealmente parallelo e sottostante di livello rispetto al corso del Tevere, molto più largo del fiume superficiale; la risorsa può essere sfruttata per il solo scambio termico, quindi senza consumo di acqua, a costi ridotti, data

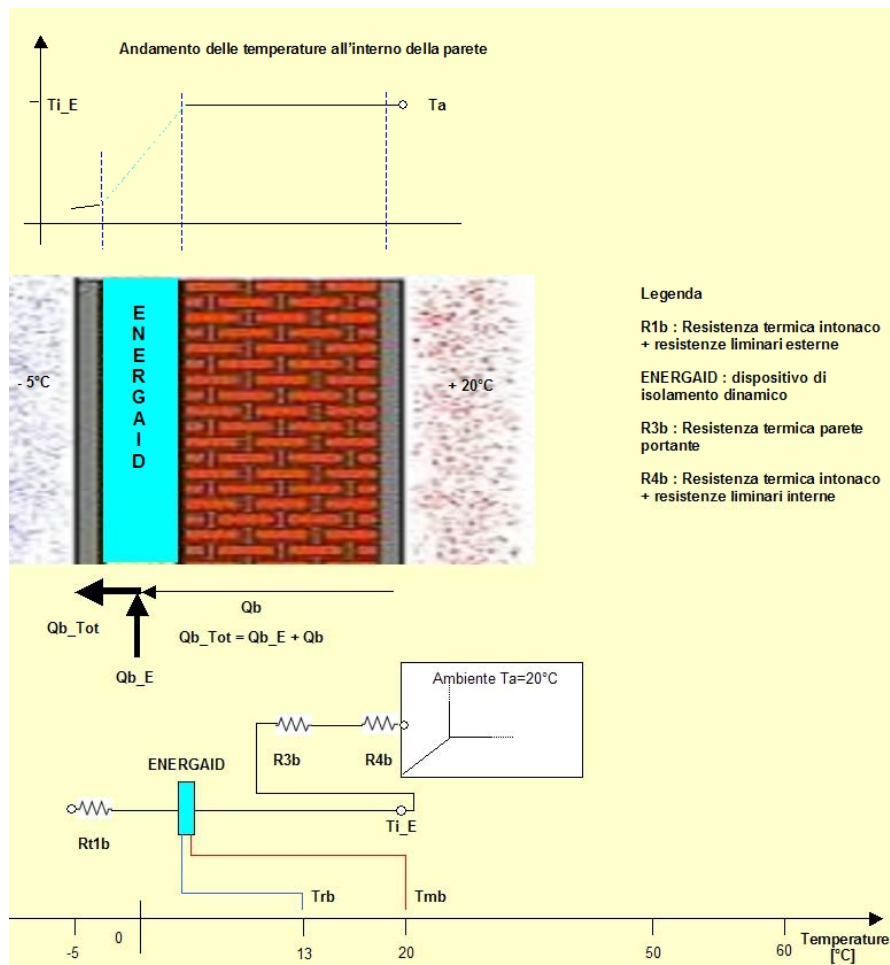


Figura 2

hanno perseguito questo obiettivo nell'ipotesi di utilizzare circuitazioni note, tipicamente adottate in sistemi attivi integrati nella struttura edilizia (pannelli radianti a pavimento/parete/soffitto), evidenziando prestazioni insoddisfacenti se applicate all'isolamento attivo. Utilizzando vantaggiosamente la geometria propria delle tecnologia ENERGAID, si ottiene un ottimo risultato di potenza dispersa:

$$Q_b < 1 [W/m^2]$$

La tecnologia ENERGAID in Italia Centrale

L'Italia Centrale è caratterizzata da un clima che richiede oggi largo utilizzo tanto della climatizzazione invernale quanto di quella estiva.

Inoltre, su vaste superfici di territorio su cui insistono centri abitati e produttivi, terreno ed acquiferi presentano temperature maggiori di 15°C; proprio tali temperature, nel range compreso tra i

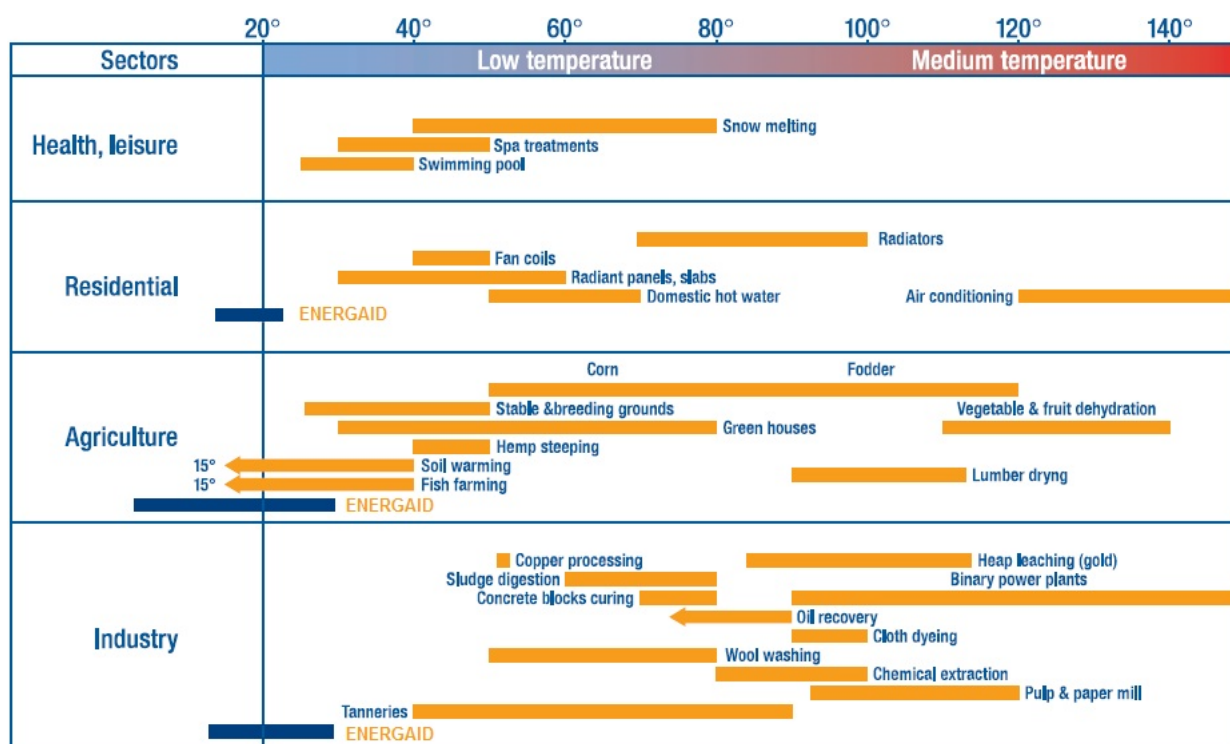


Fig. 3 - temperature operative

la profondità molto contenuta (30-60 m). Le Aziende della regione potrebbero trarre un elevato vantaggio competitivo dall'applicazione della tecnologia, a filiera corta, implementando la propria produzione o realizzando una nuova offerta di prodotti tramite rete d'impresa.

ENERGAID è anche una proposta per l'Unione Europea, come da <https://cordis.europa.eu/partners/web/req-1725>.

CuBox: box culturale, tecnologico e informativo

Stefano Chiocchini

architetto & designer (Chiocchini & Partners Progettisti Associati, Guidobaldi Allestimenti)

Il “Distretto Tecnologico” come territorio sede d’innovazione ma anche di identità territoriale, è stato il riferimento principale dell’idea di partenza: l’approccio ecologico (centralizzare sedi espositive, prima di percorrere “viaggi” in libertà) e di valorizzazione sia verso l’interno sia verso l’esterno (luoghi, prodotti, etc) ben si concilia con la soluzione proposta, che potrà trovare uso sia in luoghi strategici della regione Tiberina sia in mostre sia in altre sedi delegate. La proposta di

un ambiente semi-trasparente e soft che si illumina totalmente con sistema RGB, per avere anche in fase di stand-by un effetto altamente emozionale, è stata una scelta dettata dal proposito di realizzare un elemento che incuriosisce e stimola all’ingresso il visitatore: dal momento dell’accesso il CuBox incomincia ad interagire con il visitatore e le pareti cambiano colore, iniziano ad essere proiettate sulle superfici trasparenti immagini relative al territorio naturale, alle aziende, ai prodotti e viene integrato un audio di riferimento che interagisce solo con lo spettatore posto di fronte alla parete in quel momento attiva.

Entrando nello specifico, lo speciale sistema audio permette a due spettatori adiacenti che guardino due pareti affiancate di ricevere ognuno le informazioni audio relative alla scena proiettata di fronte a loro: due video e due audio affiancati,

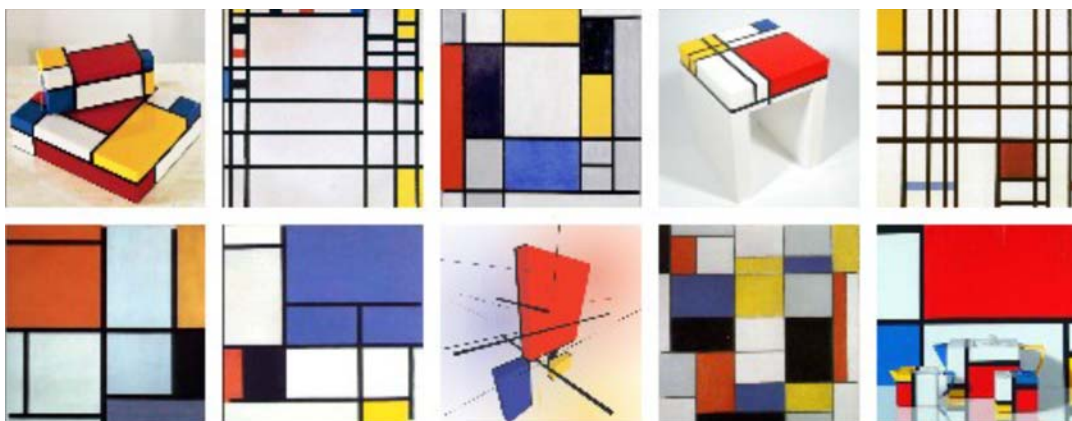
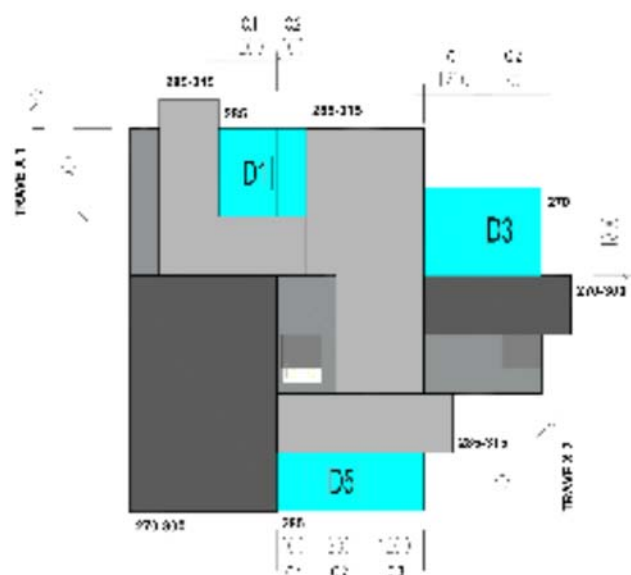
ma separati totalmente da proiezioni di immagini con proiettori non visibili e con audio con proiezione conica esclusiva per ciascun proiettore. Il percorso, che si anima in modo sequenziale, guida lo spettatore in una sorta di tragitto ideale all’interno delle diverse stanze trasparenti, dove è possibile anche trovare esposti dei prodotti reali, gli stessi mostrati nel video, garantendo così l’immersione totale nella realtà virtuale. Un CuBox suddiviso in stanze per mostrare le di-

verse realtà culturali, fisiche e produttive del territorio tiberino, uno strumento altamente innovativo ed unico nel suo genere con il quale coniugare la tradizione e proiettarla nel futuro.

Il concetto principale che ha guidato la progettazione è quello dell’acqua del torrente che scorre veloce lungo il suo alveo ovvero della dinamicità, della velocità di trasformazione, della tecnologia al servizio della produzione, creando però allo stesso tempo un dialogo con la natura, inserendo il pro-

getto stesso nel contesto dei luoghi dove sorge il comparto. Il concept di riferimento formale e l’idea generatrice del progetto si rifà allo schema artistico del pittore olandese Mondrian, importante esponente del movimento artistico De Stijl, ed all’opera del grande architetto Frank Lloyd Wright, la famosa “casa sulla cascata”.

Nonostante siano molto famosi, anche spesso imitati e banalizzati, i quadri di Mondrian dimostrano una complessità che smentisce la loro apparente semplicità. I quadri non rappresentativi, per cui è conosciuto e che consistono in forme rettangolari di rosso, giallo, blu o



PIET MONDRIAN

nero, sono in effetti il risultato di un'evoluzione stilistica che avvenne nel corso di quasi 30 anni, per continuare oltre questo stesso punto fino alla fine della sua vita. Lo stile riduttivo (così spesso imitato) di Mondrian continua ad ispirare i mondi dell'arte, della moda, della pubblicità e del design. Anche se era un artista elevato (e non commerciale, come si sarebbe tentati di credere), egli è considerato il padre del design pubblicitario, anche a causa della diffusione e della continua adozione del suo stile a griglia come struttura di base per il design grafico.

to come una sorta di open space che dialoga con i grandi filmati emozionali delle aree comuni impernati sulla natura. Questo riferimento visivo di scomposizione dei piani permette al progetto di avere un effetto dinamico molto accentuato ed esprime in tal modo la forte componente tecnologico-produttiva (i setti intersecanti, le pareti in cristallo e l'aspetto etereo e diafano delle postazioni), inserita in un contesto di dinamismo altamente futuristico (le proiezioni multi-mediali e le postazioni touch-screen interattive e didattiche sulle singole aziende).

altri mini-blocchi, costituiti da cubi e parallelepipedi con pareti in cristallo stratificato temperato e da setti verticali ed orizzontali che ne delimitano le aree interne.

L'impatto di queste strutture con il pubblico è molto light, data la massima trasparenza delle strutture.

Durante la fase di stand-by, quando le strutture dei mini-blocchi non sono visitate da alcuno spettatore, dei super-LED RGB creano un effetto cromatico multicolore in tutte le aree interne. Nel momento in cui uno spettatore entra nel blocco automaticamente si attua una dissolvenza dell'effetto cromatico colorato e si attivano, uno dopo l'altro, tutti gli schermi multimediali di proiezione e touch-screen.

Gli schermi si attivano in sequenza delineando una sorta di percorso ideale ed i filmati mostrano, per ogni mini-blocco, la storia, la tecnologia, i prodotti, l'immagine di ognuna delle aziende partecipanti (ma il concetto può ovviamente riferirsi a qualunque soggetto interessato ad una simile esposizione, come per esempio i Comuni stessi).

Alla base delle pareti deputate alle proiezioni vi sono degli spazi liberi in cui è possibile inserire degli esempi dei prodotti realizzati dalle diverse aziende (prodotti locali dei Comuni) e che possono essere toccati con mano dai visitatori come una sorta di materializzazione delle immagini viste prima negli schermi.

Tutte le aree di proiezione multimediale sono cablate e necessitano di una stanza-regia dove è presente la postazione di controllo. Controllo e regia potranno essere anche remoti, via internet, presso qualunque azienda incaricata di gestione e supervisione.

FRANK LLOYD WRIGHT



L'altra ispirazione del progetto deriva dalla famosissima opera di Frank Lloyd Wright, la famosa "casa sulla cascata", che ha ispirato tantissimi progettisti.

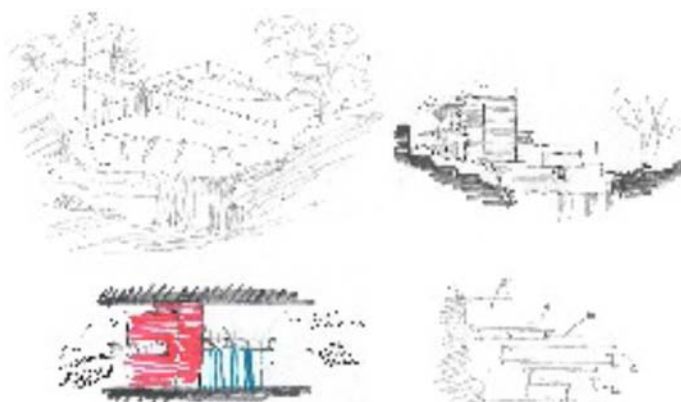
Quest'opera rivoluzionaria, realizzata a partire dal 1936, fu concepita come composta da una serie di piani orizzontali semplicemente distanziati l'uno dall'altro da setti di pietra. Ogni lastra, in cemento, ha funzione strutturale e le chiusure vetrate delle facciate formano degli elementi trasparenti che lasciano passare la luce e modulano gli spazi interni. La casa di Wright ha fatto conoscere l'architettura organica e ne ha esaltato la forte impronta emozionale.

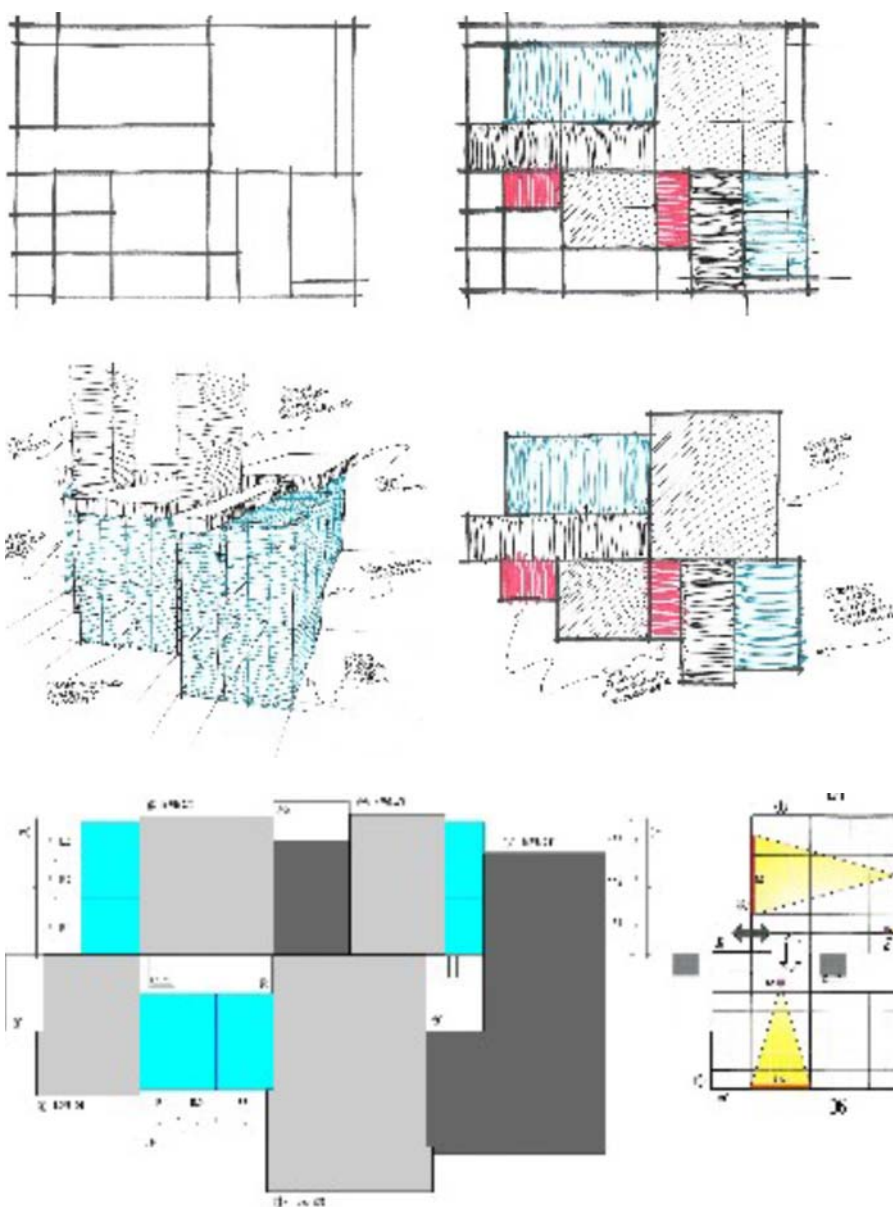
Il progetto sviluppato da queste due fonti di ispirazione nasce così come una sorta di esaltazione delle forme primitive geometriche e viene caratterizzato fortemente dalla trasparenza dei corpi in cristallo, che fanno apparire gli elementi espositivi (blocchi) come delle aree aperte e dialoganti con gli spazi di tutto il grande piano, assun-

L'idea principale sulla quale è sviluppato l'intervento proposto è quella di una sorta di labirinto hi-tech dove, con proiezioni video multimediali ed esempi di elementi reali in produzione, i visitatori possano entrare nel comparto produttivo e (realmente) toccare con mano molti degli oggetti realizzati.

1. Zona espositiva

La zona espositiva vera e propria è concepita come un blocco, suddiviso in





2. Sezione specifiche tecniche audiovisive interattive

- a) overview;
- b) infrastruttura;
- c) contenuti apparati video server.

a) Overview

La distribuzione di contenuti audio/video e la fruizione di componenti interattivi ha deviato il normale flusso di produzione per permettere la costruzione di playlist personalizzate e personalizzabili e per consentire la regia remota di materiali diversificati distribuiti su rete ip.

Ogni punto, ogni parete, ogni spazio diventa così un punto autonomo che, con la combinazione di un videosever, di un proiettore e di una pellicola

interattiva (ove richiesto) si anima ed interagisce con il visitatore/utente.

Le informazioni, i video, i prodotti, le animazioni saranno quindi riprodotte e selezionate e facilmente aggiornate, anche da remoto, per scegliere cosa mostrare in quale settore dell'esposizione: un video aziendale potrà essere integrato, così come un prodotto, una particolare tecnica costruttiva, sia per quanto concerne il sistema interattivo sia per quello passivo della visualizzazione audio/video.

Il vantaggio delle superfici interattive consente, oltre che una personalizzazione della visita per l'utente, anche un importante feedback per monitorare gli accessi e creare statistiche dettagliate per contenuto visionato, durata della permanenza dell'utente, numero di utenti, e quanto di più dettagliato si

può e si vuole chiedere.

b) Infrastruttura

Ciascun punto visivo/interattivo avrà una fonte video; ciascuna fonte video sarà connessa via DVI o VGA ad un VIDEO SERVER dotato di un software client appositamente sviluppato per mostrare i contenuti e di un software server utile per una loro organizzazione. Sebbene dal punto di vista dei contenuti ci sarà una differenziazione sostanziale tra postazione interattiva e postazione audiovideo passiva, ciascun punto è costruito per riprodurre i contenuti presenti nel VIDEO SERVER. Ciascun client, a sua volta, è connesso ad un VIDEO SERVER centralizzato che si occuperà di ricevere, anche dall'esterno della rete, i contributi e le modifiche e di ritrasmetterli, a seconda della programmazione di ciascun punto, alle diverse installazioni. La connessione tra singolo client e ser-

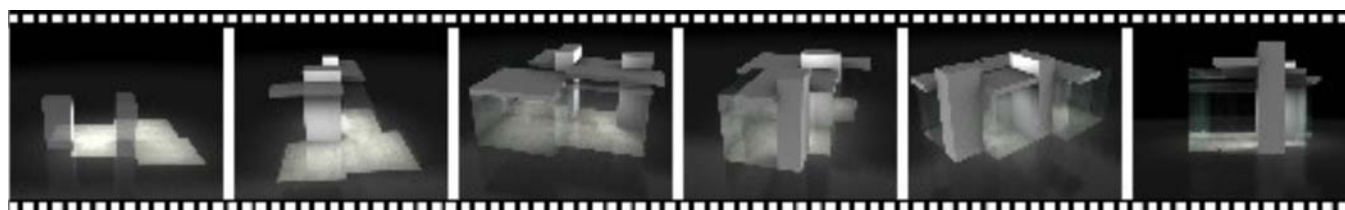
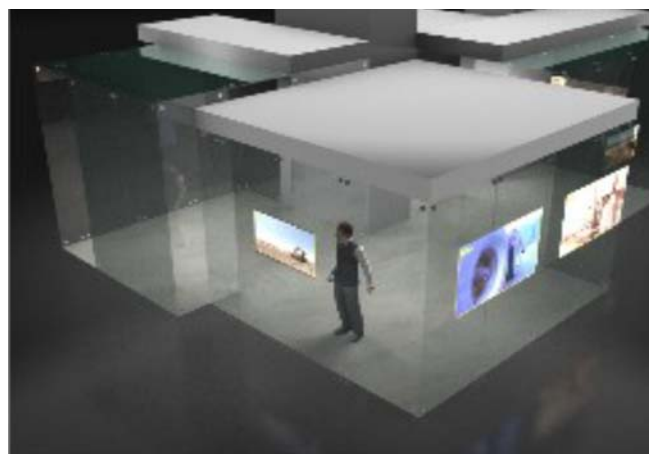
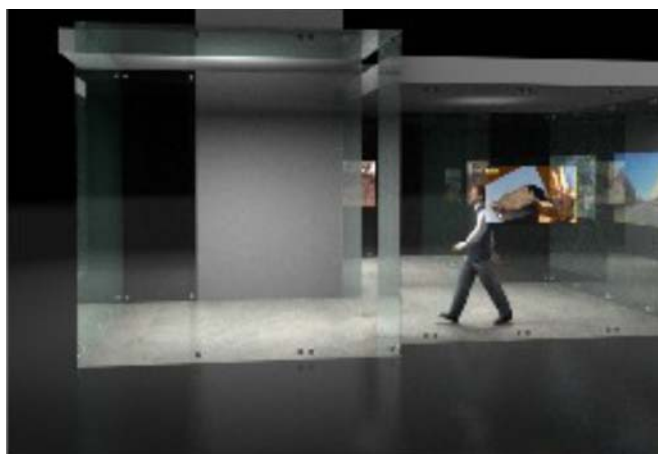
ver è su rete locale IP e può avvenire in modalità wired o wireless.

Anche se il flusso di dati avviene principalmente in locale (su singolo VIDEO SERVER), una connessione cablata (wired) è certamente da privilegiarsi per continuità di rendimento. L'accesso al VIDEO SERVER CENTRALE avviene attraverso una WEB APPLICATION che permette di caricare, ordinare e modificare liberamente tutti i contenuti di tutte le installazioni, e consente di variare con estrema semplicità il contenuto delle singole postazioni quando varia l'installazione nel tempo.

Controllo e sicurezza

Si intende controllare l'intera installazione attraverso:

- a) creazione di un sistema di controllo



dei dispositivi georeferenziato;

b) creazione di una dashboard di controllo degli stati dei dispositivi;

c) installazione di webcam per visionare lo stato delle installazioni.

Un'installazione remota non può non fondare la propria sicurezza sull'applicazione di una serie di controlli puntuali che possano far risaltare in maniera chiara l'andamento generale dell'installazione e quindi visionare lo stato dei singoli punti.

Il controllo del sistema generale potrà avvenire o da remoto o attraverso una web interface direttamente dalla regia dell'installazione e presenterà una mappa geografica dei punti e dei rispettivi apparati installati, oltre, naturalmente, al loro stato di salute.

La visualizzazione di tutta l'area espositiva verrà riportata su una planimetria a due dimensioni dove ciascun elemento sarà collegato a sensori software e hardware dei diversi apparati

video. In questo modo chiunque, visionando la mappa, potrà capire lo stato di salute dell'intera installazione.

Inoltre, grazie ad una DASHBOARD, ciascun punto video server sarà controllato e controllabile in tempo reale e saranno attivati dei sensori per segnalare eventuali malfunzionamenti (disco pieno, processi interrotti, mancanza di video).

Allo stesso modo i singoli videoproiettori, se dotati di interfaccia di controllo di rete, potranno essere inclusi nel controllo remoto della dashboard per verificare e mantenere i diversi componenti (lampade, filtri, pulizie).

Infine, si prevede l'installazione di una WEBCAM cablata su rete IP per visionare lo stato di ciascun blocco e di trasmettere in live video il contenuto sulla DASHBOARD di controllo generale per verificare anche attraverso un "occhio digitale" lo stato di tutto il blocco.

c) Contenuti apparati video server

La tecnologia interattiva si basa sul

concetto di una lavagna sensibile completamente configurabile dall'utente che sia:

- modulare;
- standard nella forma.

Questo consente di creare un'unica applicazione che risulti facilmente adattabile a ciascuna azienda per:

- colore e grafica allineati agli standard Corporate;
- costruzione dei contenuti liberamente modificabili;
- strutture dei contenuti a scelta tra:
 - company profile
 - video gallery;
 - foto/video catalogo prodotti;
 - modulo per richiesta di informazioni via email o via sms.

I singoli elementi possono essere liberamente selezionati, ruotati e ridimensionati con semplicità di gesti ed azioni delle dita: la fruizione tipica di un touch screen è riprodotta su uno schermo di grandi dimensioni per un'esperienza immersiva senza eguali.

Tutte le tecnologie utilizzate sono pre-



viste al massimo del livello professionale. Le pellicole schermo sono a tecnologia olografica, i sistemi interattivi sono dotati di tecnologia infrared che garantisce affidabilità e precisione del tocco. Il pavimento interattivo è realizzato con sistema di riconoscimento del movimento e permette un effetto di immersione totale nella scena proiettata, che è resa ancora più realistica dall'interattività che provoca movimenti, cambiamenti e percezione vivida dell'ambiente.



La Tiberina a portata di click

Alessandro Brunod
Weyes Team

Con più di 1 miliardo di utenti nel mondo e 30 milioni solo in Italia, internet è diventato il fenomeno del nuovo millennio, punto di riferimento informativo e di interazione per la vita quotidiana dei cittadini.

Lo sviluppo di un piano di comunicazione tradizionale e digitale che cavalchi l'onda della rete è un programma strategico necessario per la valorizzazione del territorio. Il percorso proposto viene affrontato in 3 fasi:

Oggi, è necessario presentarsi al mondo con un'immagine vincente che esprima emozioni, sogni e desideri nel potenziale visitatore.

Riuscire a creare una percezione che sta intorno al prodotto o all'offerta è il principale movente che spinge oggi un turista, cliente, visitatore a prendere in considerazione il territorio come possibile luogo per cui trascorrere una vacanza o acquistare prodotti d'eccellenza.

ciala Alba e Bra, che valorizza le eccellenze del territorio attraverso una promozione nazionale e internazionale, grazie anche alla pubblicazione prossima di un portale internet dedicato all'iniziativa.

Oltre allo studio di una visual identity vincente che segua l'indirizzo ideologico precedentemente espresso, si rende necessario lo sviluppo di un portale internet per ottenere una visibilità mondiale del territorio della Tiberina.



L'obiettivo di valorizzazione del territorio passa anche attraverso questo progetto, indispensabile per aumentare la visibilità dell'iniziativa a livello nazionale sia internazionale.

Il primo aspetto da definire nel percorso di valorizzazione dell'immagine è lo studio di un concept creativo che possa riassumere e rappresentare al meglio il territorio della Tiberina.

Un esempio vincente è sicuramente la visual identity e la promozione del Trentino Alto Adige, che esprime nella sua essenza i concetti su espressi.

Sempre più territori in Italia si stanno aggregando in distretti o consorzi, per valorizzare eccellenze comuni. Possiamo citare ad esempio la valorizzazione dell'immagine delle Langhe attraverso la costituzione del distretto commer-



Il portale per il Consorzio Tiberina, nasce per far conoscere le eccellenze territoriali, da quelle manifatturiere a quelle alimentari, turistiche, etc.

Da sviluppare con le ultime tecnologie, che permetteranno anche a dispositivi mobili come tablet e smartphone di interagire regolarmente, l'idea nasce per offrire ad operatori commerciali del territorio – tra cui albergatori, aziende alimentari (anche piccole aziende agricole), aziende di produzione industriale o artigianale, etc – uno strumento nuovo per farsi conoscere e fare business con la rete.

Il portale web, come reale opportunità di crescita, sarà composto da:

a) Un portale di e-commerce per la vendita di prodotti locali

Ogni produttore locale del territorio potrà decidere di essere presente nel portale o addirittura vendere i propri prodotti attraverso internet. Dovrà necessariamente essere studiato un polo baricentrico destinato alla logistica delle merci, ma sarà anche possibile in

fase iniziale permettere agli utenti di collezionare ordini anche in assenza di una logistica centralizzata rivolgendosi direttamente al produttore per la spedizione della merce ordinata.

b) Uno strumento di e-booking per permettere agli utenti di prenotare camere di alberghi, agriturismi, bed & breakfast, etc sul territorio.

Gli operatori turistici potranno inserire le loro tariffe, promozioni e disponibilità di camere nel portale facendolo diventare un vero e proprio portale di booking.

c) Uno strumento informativo per la comunicazione calendarizzata di eventi territoriali e di valorizzazione del territorio. Il principale movente del portale rimane la promozione e valorizzazione del territorio, come già fa il Consorzio Tiberina. Quest'area permetterà alla redazione già attiva all'interno del Consorzio Tiberina di promuovere iniziative ed eccellenze territoriali. Sarebbe importante collegare anche tutti gli uffici turistici distribuiti sul territorio in modo da sincronizzare l'informazione e creare un vero e proprio magazine informativo.

Il portale dovrà necessariamente essere studiato in modo da permetterne un'agevole consultazione da parte degli utenti. Anche se proposto inizialmente in Italiano e Inglese per agevolare la gestione redazionale, la tecnologia proposta permetterà di aumentare il numero

delle lingue con semplicità.

Una volta realizzata la nuova immagine del Territorio della Tiberina e il nuovo portale internet, si renderà necessaria una pianificazione di marketing nazionale e internazionale attraverso gli strumenti messi a disposizione dalla rete.

Ad esempio sarà necessario ottenere un buon posizionamento nei motori di ri-

cerca, oltre che definire delle campagne pubblicitarie internazionali su Google, Bing o su grandi portali tematici nazionali e internazionali.

Questa attività permetterà in breve tempo di dare una grande visibilità all'iniziativa aumentando da subito le visite al portale e quindi potenziale interesse da parte dei visitatori al territorio della Tiberina.

