



I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione
di laghi artificiali e aree umide costiere

Tesi di dottorato di Verdina Satta

Università degli Studi di Sassari
Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari



I sistemi idrici come organismi cibernetici: un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali e aree umide costiere

Università degli Studi di Sassari

Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica

Dottorato di ricerca in Architettura e Pianificazione

Dottoranda: Verdina Satta

Ciclo: XXVII

Tutor: Prof. Arnaldo Cecchini

Cotutores: Prof.ssa Anna M. Ribas Palom, Prof. David Saurì, Prof. Sergio Vacca

La presente tesi è stata prodotta nell'ambito della scuola di dottorato in Architettura e Pianificazione dell'Università degli Studi di Sassari, a.a. 2011/2012 – XXVII ciclo, con il supporto di una borsa di studio finanziata con le risorse del P.O.R. SARDEGNA F.S.E. 2007-2013 - Obiettivo competitività regionale e occupazione, Asse IV Capitale umano, Linea di Attività I.3.1.

Indice

Riassunto.....	9
Obiettivi e struttura del lavoro.....	12
I PARTE.....	16
1_Le basi teoriche del conflitto:.....	17
antropocentrismo vs ecocentrismo nella gestione dei sistemi idrici.....	17
1.1 Una visione antropocentrica.....	22
1.2 Antropocentrismo e gestione idrica: i dispotismi idraulici.....	24
1.3 Una visione ecocentrica.....	26
1.4 Ecocentrismo e gestione idrica: le isole di natura.....	30
1.5 Una dimensione critica.....	32
2_I sistemi idrici come organismi cibernetici:.....	36
invasi artificiali e aree umide costiere.....	36
2.1 Le aree umide costiere come presidio ecosistemico	38
2.2 I laghi artificiali: una performance antropocentrica.....	44
2.3 Dalla “nuova ecologia” alla “seconda natura”	47
2.4 I paesaggi ibridi.....	51
2.5 Il ciclo idro-sociale.....	54
2.6 I sistemi idrici come organismi cibernetici.....	55
2.7 I limiti della direttiva quadro sulle acque.....	58
II PARTE.....	60
3_Le stratificazioni dei paesaggi della acqua.....	61
3.1 La struttura del paesaggio delle zone umide costiere	62
3.2 La struttura del paesaggio degli invasi artificiali.....	69
3.3 Alcuni esempi a confronto.....	72
3.3.1 Delta del Llobregat.....	74
3.3.2 Albufera de Valencia.....	76
3.3.3 River Yare.....	78

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

3.3.4 Ria Formosa.....	80
3.3.5 Lac Saint Croix.....	82
3.3.6 Pantano del Ebro.....	84
3.3.7 Lac de Serre-Ponçon	86
III PARTE	88
4_ I sistemi di relazione	89
4.1 L'idea di sistema e i processi di relazione.....	90
4.2 Lo strumento: la matrice dei processi di interazione.....	90
4.3 I parametri utilizzati	93
4.3.1 Parametri utilizzati per le zone umide costiere.....	93
4.3.2 Parametri utilizzati per gli invasi artificiali.....	101
5_ Il Sistema Muga.....	107
5.1 Inquadramento dell'area di studio.....	108
5.2 Le acque originarie.....	112
5.3 Le acque domate.....	114
5.4 Le acque usate.....	119
5.4.1 La dimensione ecologica.....	122
5.4.2 La dimensione produttiva.....	126
5.4.3 La mitigazione del rischio inondazioni.....	127
5.4.4 La funzione metabolica.....	131
5.4.5 La fruizione.....	133
5.5 Acque progettate: l'applicazione della matrice di interazione.....	134
5.5.1 Aiguamolls de l'Empordà.....	137
5.5.2 Embalse de Boadella	150
5.5.3 Criticità e potenzialità.....	157
5.5.4 Prospettive future.....	159
6_ Il sistema Diga del Cuga - laguna del Calich.....	162
6.1 Inquadramento dell'area di studio.....	163

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi ciberneticici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

6.2 Le acque originarie.....	165
6.3 Le acque domate.....	167
6.4 Le acque usate.....	168
6.4.1 La dimensione ecologica.....	171
6.4.2 La dimensione produttiva.....	172
6.4.3 La funzione metabolica	174
6.4.4 La mitigazione del rischio inondazione	174
6.4.5 La fruizione	176
6.5 Le acque progettate: l'applicazione della matrice di interazione.....	177
6.5.1 Laguna del Calich.....	178
6.5.2 Invaso del Cuga	189
6.5.3 Criticità e potenzialità.....	196
6.5.4 Prospettive future	199
7_Conclusioni.....	203

Indice delle figure

Immagine di copertina: coltivazioni di riso a nord di Shanghai sul delta del Fiume Giallo. Fonte:www.mapbox.com	
Foto aerea dell'area di bonifica di Arborea, in Sardegna. Fonte: Sardegna foto aeree.....	40
Produzione della socio-natura. Fonte: Swyngedouw E. in “Modernity and hybridity: nature, regeneracionismo, and the production of the Spanish waterscape, 1890–1930”(1999).....	54
Coltivazioni di riso a nord di Shanghai sul delta del Fiume Giallo. Fonte:www.mapbox.com.....	57
Sistema di fruizione dell'area umida dell Houtan Park di Shangai, progettato da Tourenscape. Fonte Tourenscape.....	68
carta delle aree umide dell'Empordà all'inizio del XX secolo. Fonte: Valdés 1920. .	112
Aree umide dell'Empordà nel 1800. Fonte: Romagosa (2008).....	114

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

Urbanizzazione di Empuriabrava. Fonte: elaborazione propria.....	116
Evoluzione dell'area urbana di Castello d'Empuries. Fonte: lavoro di elaborazione a partire dalle foto aeree svolto dagli studenti del Master in Pianificazione Politiche per la Città, l'Ambiente e il Paesaggio (Girona).....	118
Embalse de Boadella. Fonte: elaborazione propria.....	123
Il sistema delle closes del Parque de l'Aiguamolls de l'Empordà. Fonte: elaborazione propria.	128
Rettificazione Rio Muga, argine sinistro. Fonte: elaborazione propria.....	129
La cartografia delle aree di inondazione consiste nell'associare le portate di piena a una certa probabilità di accadimento, quello che viene definito periodo di ritorno. Nel caso del Plan Espacios Fluviales PEF la cartografia è riferita a periodi di ritorno di 10, 100 e 500 anni.....	130
Schema di funzionamento del sistema di approvvigionamento e depurazione del bacino del rio Muga. Fonte: Estudi hidrològic i d'alternatives del la zona regable del marge dret del riu Muga, a la comarca de l'Alt Empordà. Sastre i Sastre J.....	131
Depuratore di Empuriabrava e sistema di depurazione naturale e lagunaggio. Fonte: elaborazione propria.....	133
Parc Natural de l'Aiguamolls de l'Empordà: diversi livelli di protezione. Fonte: http://territori.scot.cat/	144
Evoluzione del territorio del Calich. Fonte: Torre A.....	166
Costruzione diga del Cuga. Fonte: Sardegna digital library.....	168
aree di esondazione Rio Barca e affluenti. Fonte: elaborazione propria a partire da P.S.F.F.....	175

Indice degli schemi

Schema della dicotomia antropocentrismo-ecocentrismo. Fonte: elaborazione propria.....	21
Convergenza verso le posizioni critiche. Fonte: elaborazione propria.....	34
Sistema delle dimensioni del paesaggio del Delta del Llobregat. Fonte: elaborazione	

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi ciberneticici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

propria.....	74
Sistema delle dimensioni del paesaggio della Albufera de Valencia. Fonte: elaborazione propria.....	76
Sistema delle dimensioni del paesaggio del River Yare. Fonte: elaborazione propria.....	78
Sistema delle dimensioni del paesaggio della Ria Formosa. Fonte: elaborazione propria.....	80
Sistema delle dimensioni del paesaggio del Lac Saint Croix. Fonte: elaborazione propria.....	82
Sistema delle dimensioni del paesaggio del Pantano del Ebro. Fonte: elaborazione propria.....	84
Sistema delle dimensioni del paesaggio del Lac de Serre Ponçon. Fonte: elaborazione propria.....	86
Matrice dei processi di interazione. Fonte: elaborazione propria.....	91
Lettura e interpretazione del sistema Muga. Fonte: elaborazione propria.....	110
Entità coinvolte della gestione delle diverse funzioni del sistema idrico rio del Muga. Fonte: elaborazione propria.....	120
Pianificazione nel sistema idrico del rio Muga. Fonte: elaborazione propria.....	121
Risultati dell'applicazione della matrice di interazione nel sistema Muga.....	157
Lettura e interpretazione del sistema Cuga-Calich. Fonte: elaborazione propria.....	164
Relazione attori-funzioni bacino del Calich. Fonte: elaborazione propria.....	168
Piani-funzioni. Fonte: elaborazione propria.....	169
Risultati dell'applicazione della matrice di interazione nel sistema Cuga-Calich. Fonte: elaborazione propria.....	197

Riassunto

La ricerca affronta la pianificazione di bacino attraverso una riflessione sulla relazione acque, aree umide e paesaggio e sulla crisi che si è determinata a causa di una progettazione che continua a pensare le infrastrutture legate all'acqua - dighe e opere di approvvigionamento, depurazione e di difesa dalle alluvioni - come indipendenti fra loro e indifferenti al sistema idrico ricettore, alle aree umide che ne fanno parte e al contesto paesaggistico, contesto che è ambientale, culturale, storico, umano.

In particolare vengono studiati gli invasi artificiali e le aree umide costiere quali punti chiave nodali dei bacini idrografici, specchi delle dinamiche idriche territoriali, organismi cibernetici rappresentativi di una socio-natura fortemente interconnessa. Vengono presi in considerazione due casi di studio: il sistema invaso di Boadella - Aiguamolls de l'Empordà in Catalogna e il sistema Diga del Cuga - laguna del Calich in Sardegna.

La ricerca si concentra nel processo di revisione e strutturazione della relazione paesaggio-infrastruttura dell'acqua, articolandone il contenuto sulla base di molteplici stratificazioni territoriali, in cui le questioni complesse quali rischio inondazioni, cattiva qualità dell'acqua, bassa efficienza della rete idrica, ambiente e paesaggio degradati e negazione sociale degli spazi idrici, perdono il ruolo di effetti a posteriori e assumono una connotazione motrice nella definizione di possibili strategie progettuali.

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

Abstract

The research deals with river basin planning considering both the relations between water, wetlands, and landscape, and the crisis caused by a design approach still conceiving water infrastructure elements – i.e. dams, water supply and treatment, and flood prevention systems – as separate and unrelated to the receiving water system, to its wetlands, and to landscape with its environmental, cultural, historic, and human features.

Particular attention is given to artificial reservoirs and coastal wetlands insomuch as they represent nodal points of drainage basins, as they reflect territorial dynamics of water, and as they are cybernetic organisms representing a deeply interconnected socio-environment. The study examines two cases: the Boadella-Aiguamolls de l'Empordà system in Catalonia and the Cuga-Calich system in Sardinia.

The research centres on the processes of review and structuration of landscape-water infrastructure relation, organizing its content based on multiple territorial layerings, within which complex issues – like flood risk, poor quality of water, low efficiency of water supply network, degradation of environment and landscape, or social denial of waterscapes – become driving forces in the definition of potential planning strategies rather than being mere outcomes.

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

Resum

La recerca centra l'interès en la planificació de la conca fluvial tenint en compte tant les relacions entre aigua, zones humides i paisatge com la crisi que ha sorgit a causa d'un enfocament que ha considerat les infraestructures hidràuliques – per exemple, els embassaments, les xarxes d'abastament i sanejament i els sistemes de control de les inundacions - com a elements independents i irrellevants per al sistema de recepció de l'aigua, les zones humides, el paisatge i les seves característiques ambientals, culturals, històriques i humanes.

Es presta especial atenció als embassaments i zones humides costaneres com a punts nodals clau de les conques fluvials, com a reflex de la dinàmica territorial de l'aigua, i com a organismes cibernètics socioambientalment interconnectats. El treball s'aplica a dos casos d'estudi: el sistema embassament de Boadella-Aiguamolls de l'Empordà, a Catalunya, i el sistema llacuna de Cuga-Calich, a Sardenya.

La investigació parteix del procés de revisió i estructuració de les relacions entre paisatge i infraestructura hidràulica des de l'anàlisi de múltiples capes espacials, on les qüestions complexes com el control de les inundacions, la mala qualitat de l'aigua, la baixa eficiència en el subministrament d'aigua, la degradació ambiental i paisatgística o la negació social dels paisatges de l'aigua, esdevenen motors de canvi en la definició de potencials estratègies de planificació i no mers resultats.

Obiettivi e struttura del lavoro

Gli obiettivi specifici del progetto di ricerca sono i seguenti:

_analizzare le correnti di pensiero nella definizione delle relazioni tra sviluppo antropico e natura e la loro declinazione tra società e sistemi idrici;

_individuare un approccio alla pianificazione dei sistemi idrici che consideri le infrastrutture idrauliche e il paesaggio dell'acqua quali realtà ibride, co-prodotte da interventi naturali e antropici¹. Il lavoro si concentra sui laghi artificiali e le aree umide costiere quali nodi strutturali dei bacini idrografici;

_costruire alcune categorie interpretative in grado di analizzare le stratificazioni del paesaggio dell'acqua, che siano generalizzabili e comparabili;

_dare un contributo dal punto di vista metodologico attraverso la costruzione di un sistema interpretativo in grado di valutare le interazioni tra i diversi strati (o dimensioni) dei paesaggi dell'acqua, in particolar modo degli invasi artificiali e delle aree umide costiere;

_attraverso l'applicazione della metodologia proposta a due casi studio specifici, il sistema diga del Cuga-Laguna del Calich (Sardegna) e il sistema Embassament de Boadella- Aiguamolls de l'Empordà (Catalogna), individuare criticità e potenzialità emergenti e alcune strategie progettuali prioritarie.

Il lavoro è strutturato in 3 parti generali.

Nella prima parte viene presentato un quadro sintetico di alcune prospettive classiche di analisi e intervento relative al rapporto tra sviluppo antropico e natura², che costituisce la base su cui declinare il rapporto tra infrastrutture idrauliche e paesaggio³, definendo tali prospettive duali e dicotomiche⁴. Vengono introdotti i

¹ Sauri D.(2001), in "Natura, cultura i geografia des del món de les rieres mediterránies", Seminari interdisciplinar sobre l'aigua, Institut d'Estudis Catalans; Ribas A. (2007), in "Los paisajes del agua como paisajes culturales. Conceptos, métodos y experiencias prácticas para su interpretación y valorización".

² Partendo da alcune analisi di O'Riordan T.(1989) e Foladori G.(2005).

³ Come nell'analisi di Kipar A.(2010) in "Infrastrutture e paesaggio".

⁴ Nel senso di un antagonismo che si è venuto a costruire a causa di una visione antropocentrica da un lato, e una visione ecocentrica dall'altro, come descritto da Ventura M, Ribas A., Sauri D.

seguenti temi che assumono un ruolo centrale nella ricerca:

- il concetto di *seconda natura*⁵;
- la *realtà ibrida* dei paesaggi dell'acqua⁶;
- il ciclo *idro-sociale*⁷;
- i sistemi idrici come *organismi cibernetici*⁸.

Tali concetti assumono una connotazione chiave nella definizione degli invasi artificiali e delle aree umide costiere che perdono il ruolo di sistemi artificiali, da un lato e di sistemi naturali, dall'altro, ma in entrambi i casi l'intervento umano in questi spazi implica la costruzione di un sistema naturale diverso da quello precedente, costruito mutuamente da forze antropiche e naturali⁹.

Nella seconda parte viene descritta la complessità dei laghi artificiali e delle aree umide costiere, attraverso quelle stratificazioni del paesaggio che comportano gli utilizzi diretti e indiretti e i loro effetti: agricoltura intensiva, pesca, sfruttamento della risorsa, inquinamento chimico e organico, rischi industriali, abbandono, urbanizzazione incontrollata, canalizzazioni e arginature di prevenzione del rischio idraulico. Tra questi usi si individuano cinque grandi classi, attraverso una struttura schematica, che non vuole essere espressione di un assetto che si ripete, immutabile, in tutti i territori, ma che si modifica e si adatta al contesto a cui viene applicata¹⁰:

1) dimensione ecologica legata ad una ricerca di qualità e tutela degli spazi

nell'articolo "Dos discursos antagónicos a la gestión integral de los ríos: El río antropocéntrico <versus> el río ecocéntrico".

⁵ Lefebvre H. in "The Production of Space" (1994), prende il concetto di seconda natura come piattaforma concettuale attraverso la quale discutere la produzione sociale degli ambienti artificiali, suggerendo che "la natura, così distrutta e contaminata, debba essere ricostituita ad un secondo livello, il livello di una seconda natura" necessariamente coprodotta dalle società.

⁶ Nella definizione di ciò che è in maniera complementare naturale e umano nei paesaggi dell'acqua, l'aggettivo ibrido associato ai sistemi idrici assume particolare importanza (Saurí, 2001)

⁷ Espressione impiegata da alcuni geografi tra cui Bakker K., Budds J., Swyngedouw E., Linton J., per riferirsi alla dimensione sociale e fisica dell'acqua.

⁸ Così come Harvey D. affermando che non ci sia nulla di innaturale in New York City.

⁹ Heynen N., Kaika M., Swyngedouw E. (2006), in "In the Nature of Cities: Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism".

¹⁰ A seconda delle aree di applicazione può variare la rilevanza di una funzione rispetto ad un'altra, o la declinazione attraverso la quale una determinata funzione si esprime.

- naturali;
- 2) dimensione metabolica legata all'approvvigionamento idrico, alla depurazione e allo smaltimento delle acque reflue;
 - 3) dimensione dell'inondazione legata alla mitigazione del rischio idraulico;
 - 4) dimensione produttiva legata al settore agricolo e peschiero, ma anche, in alcuni casi, alla produzione energetica;
 - 5) dimensione ricreativa legata alla riappropriazione sociale e alla fruizione degli spazi connessi al sistema.

Viene successivamente presentata una rassegna di esperienze in Europa, una lettura schematica di alcuni casi, in cui la stratificazione delle diverse funzioni è maggiormente evidente, in particolare nell'ambito degli invasi artificiali e delle aree umide costiere.

Nella terza parte viene costruito uno strumento che individui un insieme di aspetti in grado di descrivere le relazioni tra gli usi, e che consenta di valutarne rilevanza, criticità e opportunità, questo strumento è la matrice d'interazione, applicata a due sistemi diga-laguna nel dettaglio: uno in Catalogna, il sistema Embassament de Boadella - Aiguamolls de l'Empordà e uno in Sardegna, il Sistema Diga del Cuga - Laguna del Calich. In questi casi studio il territorio viene letto tramite la valutazione dei sistemi di relazione sopra descritti che servirà ad indicare alcune linee guida. Entrambi i territori sono stati studiati attraverso una lettura temporale descrivendo l'evoluzione nel rapporto tra lo sviluppo antropico e le acque (quelle invasate e lagunari) partendo dall'*assetto originale delle acque nel territorio* quali *arterie della storia*¹¹. Successivamente è stato analizzato l'avvento della bonifica agraria e della costruzione degli invasi artificiali, che trasforma il paesaggio, in maniera radicale, verso un nuovo assetto territoriale, quello delle *acque domate*¹², che continua ad assegnare all'acqua una funzione motrice e centrale, ma riconosce anche agli esseri

¹¹ Schama S.(1997), in "Landscape and Memory" definisce i grandi corsi d'acqua come testimoni dell'evoluzione storica dei popoli.

¹² Williams M. (1983), in "Wetlands: A Threatened Landscape", individua nelle acque domate la definizione delle modificazioni antropiche che si sono succedute nei corsi d'acqua.

umani un ruolo decisivo nel governarne i caratteri. In seguito si è ragionato su una lettura spaziale che individui i nuovi ruoli che sono chiamati ad assolvere gli invasi artificiali e le aree umide costiere: le *acque utilizzate*, luoghi per l'approvvigionamento e la depurazione, per la difesa dal rischio idrogeologico, serbatoi di biodiversità, spazi di fruizione e realtà produttive. Infine si definiranno i paradigmi di un approccio pianificatorio che tenga insieme i molteplici aspetti che caratterizzano i laghi artificiali e le aree umide costiere, *le acque progettate*: la valutazione dei parametri individuati tramite la matrice d'interazione fa emergere alcune criticità e potenzialità importanti per ognuno dei casi analizzati, rendendo possibile la definizione di alcune linee guida progettuali.

I casi studio non sono stati individuati in una fase avanzata della ricerca, ma al principio del processo di indagine, determinando un continuo scambio di informazioni tra le definizioni teoriche e i contesti territoriali analizzati: come i concetti teorici individuati sono stati applicati, per quanto possibile, allo studio dei casi, così le osservazioni derivanti dall'analisi dei sistemi territoriali considerati sono state implementate nella definizione della struttura teorica di riferimento.

I PARTE

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

**1_Le basi teoriche del conflitto:
antropocentrismo vs ecocentrismo nella gestione dei sistemi idrici**

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

Attualmente la pianificazione e la gestione dei bacini idrografici continua ad essere controversa e conflittuale; questa conflittualità si esplicita nelle relazioni tra le differenti funzioni dei sistemi idrici.

“Deve esistere qualcosa nella nostra società, nella nostra scienza che si riflette nella pianificazione e nella gestione delle acque e che si manifesta nelle dinamiche di sopraffazione degli interessi antropici sugli interessi ecosistemici o viceversa, dinamiche talmente radicate che continuano a provocare la negazione teorica e pratica di qualunque piano di gestione anche se argomentato e ponderato sulla linea ambientalista così diffusa attualmente”¹³.

Questo primo capitolo vuole presentare i presupposti sociali e scientifici che delineano l'incompletezza e la frammentarietà nella gestione degli spazi idrici, nel senso di sottomissione a due discorsi teorici e pragmatici diametralmente opposti: il discorso ecocentrico e quello antropocentrico che portano avanti un paradosso persistente nell'ambito della pianificazione idrica nonostante la diffusione di argomenti olistici e multidisciplinari¹⁴.

Il termine dicotomia deriva dal greco e significa “dividere in due parti”, è spesso utilizzato per riferirsi alla costruzione di false cesure che separano elementi uniti nel mondo fisico. La grande dicotomia occidentale è già stata ampiamente definita dell'ecologia sociale come la separazione paradossale tra la natura, il contesto territoriale in cui si sviluppano le realtà sociali (*physis*), e le leggi e le norme istituite dagli esseri umani (*nomos*). Studiosi, scienziati e attivisti tra cui Glacken¹⁵,

¹³ Tradotto in italiano da Ventura M. (2005), in Tesi Doctoral, “Conflictes Socioterritorials i Participacion Publica en la Gestion de l'Agua de la Conca del Rio Muga (Alt Empordà)”.

¹⁴ Ventura M. (2005), in Tesi Doctoral, “Conflictes Socioterritorials i Participacion Publica en la Gestion de l'Agua de la Conca del Rio Muga (Alt Empordà)”.

¹⁵ In “Traces on the Rhodian Shore: Nature and Culture in Western Thought from Ancient Times to the End of the Eighteenth Century” (1967).

Passmore¹⁶, Capra¹⁷, Pepper¹⁸, O'Riordan¹⁹, Harvey²⁰ e Bateson²¹, e più recentemente Changeux e Ricoeur²², Foladori²³ e Goleman²⁴, si sono posti il problema di concettualizzare il rapporto tra essere umano e natura e molti di loro hanno individuato una tensione tra queste due maggiori correnti.

Hoffman e Sendelands²⁵ descrivono questa contrapposizione individuandone una tappa storica che segnò il dibattito politico negli Stati Uniti all'inizio del XX secolo, attraverso la *questione Yosemite*, uno dei più importanti parchi nazionali del paese: nel 1906 a San Francisco si verificò un terremoto molto violento, ma i danni più gravi furono scatenati dagli incendi che ne seguirono, infatti a causa di una grave deficit di forniture d'acqua, il fuoco giunse in porzioni molto estese del territorio e dell'area urbana. Da questo episodio si manifestò la necessità di assicurare l'approvvigionamento idrico pubblico per garantire la sicurezza degli abitanti in caso di incendio attraverso la costruzione di un invaso artificiale sulla Valle Hetch - Hetchy nel Yosemite National Park, ma, nello stesso periodo, il paese stava riscoprendo il valore identitario dei sistemi naturali. Anche in questo caso emersero le due posizioni dominanti rappresentate da un lato da John Muir²⁶, lo scrittore ecologista e naturalista, e dall'altro da Gifford Pinchot, capo del US Forest Service. Muir si scagliò contro i sostenitori della diga, che lui chiamò "*satana e società*" descrivendoli come distruttori della naturalità, devoti al "*devastante mercantilismo*". Per Pinchot, d'altra parte, la natura rappresentava la risorsa di cui l'uomo aveva bisogno per garantire la protezione dagli incendi, facendone una questione utilitarista di salvaguardia di un

¹⁶ In "*Man's Responsibility for Nature*" (1974).

¹⁷ Con Charlene Spretnak in "*Green Politics*" (1984).

¹⁸ In "*Ecosocialism: from Deep Ecology to Social Justice Ecology*" (1993).

¹⁹ In "*The challenge for environmentalism*" (1989).

²⁰ In "*Justice, Nature and the Geography of Difference*" (1996).

²¹ In "*Verso un'ecologia della mente*" (1987).

²² In "*La natura e la regola alle radici del pensiero*" (1999).

²³ In "*Sostenibilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*" (2005).

²⁴ In "*L'intelligenza ecologica*" (2009).

²⁵ In "*Getting Right with Nature Anthropocentrism, Ecocentrism, and Theocentrism*"(2005).

²⁶ Il suo attivismo si concentrò oltre che nella difesa della Yosemite Valley, anche in quella del Sequoia National Park, e di altre aree naturali; inoltre fondò il Sierra Club, una delle organizzazioni più importanti per la difesa degli spazi naturali negli Stati Uniti.

bene più importante in quanto interessava un maggior numero di persone. Nel risolvere il dibattito, Roosevelt si schierò con Pinchot, la diga si realizzò e la valle venne sommersa. Tuttavia questo evento ha avuto importanti ripercussioni sulle politiche di protezione dell'ambiente in quanto segnò l'inizio di un riconoscimento formale da parte della società di un valore alla natura, in quello che veniva interpretato come il suo stato originale, e esplicitò, attraverso una situazione concreta, il rapporto tra una visione antropocentrica e funzionalista del territorio e una visione ecocentrica e preservatrice. Circa cento anni dopo questo dibattito deve ancora essere risolto.

E' presentato qui di seguito un quadro sintetico, di alcune prospettive di analisi e intervento relative ai rapporti tra sviluppo antropico e natura, attraverso una rielaborazione delle classificazioni di O'Riordan²⁷ e Foladori²⁸. Questa classificazione non vuole essere esaustiva, esistono molte sfaccettature di queste linee di pensiero che non verranno approfondite nel dettaglio, ma si individuano le grandi correnti che si riflettono in maniera più evidente nella gestione delle risorse idriche. L'individuazione delle diverse linee di pensiero che analizzano la relazione tra complessità naturale ed umana, e quindi dei diversi paradigmi tra essere umano e natura, costituirà la base su cui declinare il rapporto tra interventi antropici e sistemi idrici.

Il senso di separazione e di antagonismo tra la sfera naturale e quella sociale - nel quale l'essere umano impone il suo dominio, facendo affidamento sul progresso tecnologico - porta alle posizioni antropocentriche. In quest'ottica la cultura capitalista, fino alla deriva contemporanea del turbocapitalismo²⁹, si arroga il diritto di controllo, trasformazione e sfruttamento e spesso di distruzione degli ecosistemi.

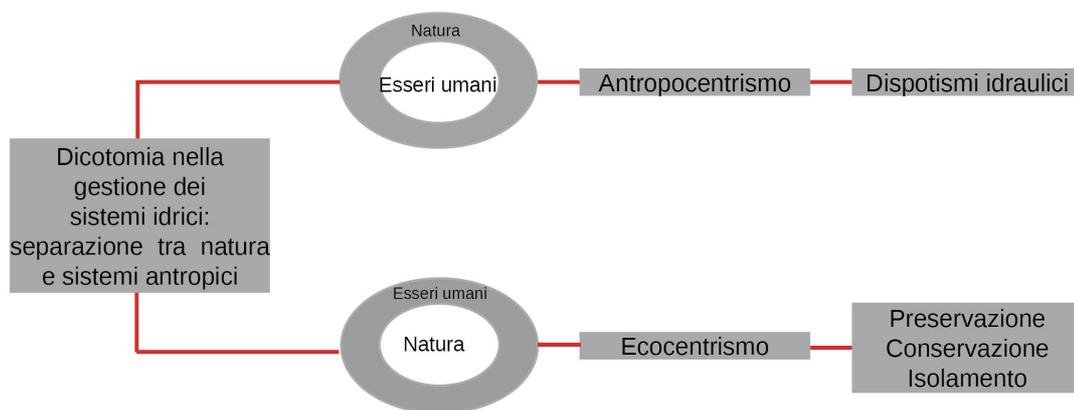
²⁷ in "The challenge for environmentalism" divide le correnti di pensiero sulle politiche ambientali in *Ecocentrism, Gaianism and Communalism* e in *Technocentrism, Accomodation and Intervention*.

²⁸ in "Una tipologia de pensamiento ambientalista" divide le correnti di pensiero sulle politiche ambientali in *Ecocentrismo, Deep Ecology and Green Ecology* e *Antropocentrismo, Tecnocentrismo and Marxist*.

²⁹ Il capitalismo sfrenato postmoderno, la terza grande trasformazione del sistema economico e di produzione, dopo la prima con la rivoluzione industriale e la seconda, con il "taylor-fordismo".

Questa è una prospettiva radicale e manipolativa che vede i sistemi antropici e lo spirito di competizione dettare i termini della moralità e della condotta.

Il senso di separazione e di opposizione tra la sfera naturale e sociale - nel quale le forze naturali determinano un principio sovraordinato rispetto alle forze sociali - conduce alle posizioni ecocentriche. L'ecocentrismo rappresenta l'altra voce della dicotomia, questa volta si mettono al centro la natura e le sue leggi come dominanti rispetto al mondo umano. E' una teoria più conservazionista in cui la natura è sinonimo di moralità e detta le regole di condotta³⁰.



Schema 1: Schema della dicotomia antropocentrismo-ecocentrismo. Fonte: elaborazione propria

Questi due orientamenti possono essere a loro volta divisi in due varianti, una più radicale e una più moderata, definendo dunque quattro approcci al problema delle

³⁰ Come espresso da Guillermo Foladori in "Una tipologia de pensamiento ambientalista".

relazioni tra essere umano e suo intorno: l'ecocentrismo della catastrofe o deep ecology, l'ecocentrismo della consapevolezza o ecocentrismo verde, l'antropocentrismo accomodante e l'antropocentrismo liberista.

Quando questi concetti teorici, che analizzano il rapporto tra complessità naturale e umana, vengono declinati nel rapporto tra uomo e sistemi idrici, emergono le posizioni conflittuali che sempre più spesso si manifestano in questi ambiti, in cui la preservazione totale degli spazi d'acqua, la volontà di minimizzare le interrelazioni tra uomo ed ecosistema da un lato, e la realizzazione di opere idrauliche di controllo delle risorse idriche sempre più imponenti e rigide dall'altro, rappresentano solo alcuni esempi.

1.1 Una visione antropocentrica

Nella visione antropocentrica sono facilmente distinguibili due correnti importanti che vedono da una parte i gli antropocentristi accomodanti e dall'altra gli antropocentristi liberisti.

La prima è una posizione di convenienza, nel senso di riforme modeste, è una posizione designata a mantenere lo *status quo* delle sfere di influenza del potere, attraverso necessarie concessioni, alcune delle quali anche di una certa importanza, che servono a mettere in mostra, a far apparire agli osservatori una certa sensibilità ambientale, ecologica e sociale.

Questa posizione esplicita una fiducia nella capacità di adattamento delle istituzioni ad accogliere le questioni ambientali, contemplando l'uso eccessivo delle risorse naturali così come le strategie politiche di crescita economica incondizionata da un lato e finanziando la gestione ambientale attraverso tecnologie efficienti e pulite dall'altro. Questa è la politica perseguita dalla maggior parte dei governi, pronti a sostenere la crescita illimitata della produzione e strategie di dominio necessariamente inquinanti. Il problema sta nell'individuare un livello ragionevole di sfruttamento o quello che può essere definito il tasso di inquinamento "ottimale".

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

Le strategie utilizzate sono quindi relative al controllo delle risorse a partire dalle norme e dagli strumenti basati su leggi di mercato e che assegnano un valore monetario agli elementi naturali, come nel caso dei certificati verdi.

L'antropocentrismo liberista è invece una corrente di pensiero che sostiene il diritto illimitato degli esseri umani di esprimere il loro pieno potenziale, di sfruttare il pianeta per migliorare il benessere pubblico, nonostante possa significare trasformare totalmente l'ecosistema (O'Riordan lo definisce l'antropocentrismo dell'intervento)³¹.

Per i sostenitori di questa teoria la natura appartiene ad un ambito separato o contrapposto alla società umana, dove l'essere umano impone il suo dominio confidando sullo sviluppo tecnologico. L'uomo è il soggetto e la natura è l'oggetto. La crisi ambientale non ha un peso rilevante, i problemi ecologici sono falsi o non sono gravi, e, in ogni caso, sono risolvibili attraverso le applicazioni scientifiche e tecniche, le forze di mercato e l'ingegneria manageriale. L'economia di mercato non può e non deve avere limiti e, attraverso il sostegno tecnologico, sarà possibile estinguere anche gli emergenti problemi ambientali.

La raccolta di testi di Simon e Kahn³² rappresenta lo scritto più esplicito di questa teoria, a sostegno del progresso umano illimitato attraverso lo sfruttamento della natura e delle sue infinite risorse. Si considera l'uomo distinto e superiore alla natura e si ritiene la natura una macchina inerte, infinitamente divisibile e mossa da fili esterni, piuttosto che da forze interne come descritto da Gladwin, Kennelly & Krause³³ e Merchant³⁴.

“Siamo fiduciosi che la natura del mondo fisico permetta il continuo miglioramento dello stato economico del genere umano nel lungo periodo, a tempo indeterminato. Naturalmente ci sono sempre

³¹ Thymothy O'Riordan in “The challenge for environmentalism” divide le correnti di pensiero sulle politiche ambientali in *Ecocentrism, Gaianism and Communalism* e in *Technocentrism, Accomodation and Intervention*

³² The resourceful earth: A response to global 2000 (1984).

³³ In “Shifting Paradigms for Sustainable Development: Implications for Management Theory and Research”(1995).

³⁴ In “Radical Ecology: The Search for a Livable World” (2005).

nuovi problemi locali che possono manifestarsi, come la scarsità delle risorse e l'inquinamento, causati dai cambiamenti climatici e dalla crescita demografica. A volte si presentano gravi problemi temporanei. Ma la natura delle condizioni fisiche del mondo e la capacità di recupero in un sistema economico e sociale ben funzionante ci permettono di risolvere queste criticità, e le soluzioni di solito ci lasciano meglio che se il problema non fosse mai sorto; questa è la grande lezione da imparare dalla storia umana.

(Simon, Kahn 1984³⁵)

Gli esponenti di questa visione liberista, potrebbero rappresentare una minoranza in termini numerici, ma sono molto vicini alle leve del potere politico ed economico, determinando una posizione molto influente.

1.2 Antropocentrismo e gestione idrica: i dispotismi idraulici

Quando si declinano queste linee di pensiero nella gestione della risorsa idrica emergono quelli che Wittfogel³⁶ chiamò il " dispotismi idraulici ", fu uno studioso della civiltà cinese e coniatore della discussa espressione "società idraulica".

“Quando la dimensione del controllo dell'acqua nell'arido mondo antico aumentò, e quando le dighe diventarono sempre più grandi e le reti di canali sempre più elaborate, il potere politico passò nelle mani di una élite, di solito formata dalla classe dirigente di burocrati. Le società idrauliche nella loro forma più estrema diventarono regimi dispotici, i cosiddetti «dispotismi idraulici», in cui uno o pochi individui supremi esercitano il controllo assoluto sulle popolazioni come fecero con i fiumi che attraversano quei territori”.

³⁵ Tradotto in italiano da “The resourceful earth: A response to global 2000” edited by Julian L.Simon and Herman Kahn.

³⁶ Karl Wittfogel è l'autore di “Oriental Despotism: A comparative study of Total Power” pubblicato nella prima volta nel 1957. Iniziando dalla analisi Marxista degli "stati ufficiali idraulico-burocratici" di Cina e India Wittfogel analizza i dispotismi orientali e il ruolo dei sistemi di irrigazione coniato il termine "imperi idraulici" per descrivere questi sistemi. Nella sua analisi, molte società, soprattutto asiatiche, si sono fondate sulla costruzione di opere di irrigazione a larga scala.

Verdina Satta

“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”

Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

(Donald Worster 1985)³⁷

Nel mondo contemporaneo, l'esclusivo controllo dell'accesso all'acqua continua ad essere perpetuato da regimi autoritari, ma anche da regimi del capitalismo moderno. Alcuni recenti scritti sull'ecologia politica dell'acqua individuano nella gestione contemporanea dei sistemi idrici un contributo alla formazione dei regimi del capitalismo liberale.³⁸

Dalla diga delle tre gole in Cina, nello stretto di Chan Jiang, al progetto GAP (Guneydogu Anadolu Projesi) in Turchia - che prevede la costruzione di 22 invasi artificiali e 19 impianti per la produzione di energia idroelettrica tra il Tigri e l'Eufrate – fino alla diga di Bello Monte in Brasile che sommerge 400.000 ha di foresta pluviale con disastrose conseguenze nei sistemi di flora e fauna delle regioni e sulle condizioni di vita di più di 25000 persone indigene - ci sono innumerevoli esempi di dispotismi idraulici ad altissimo impatto nel mondo.

Nei bacini mediterranei i dispotismi idraulici più evidenti sono quelli perpetrati dalla bonifica, durante gli anni delle dittature moderne, come nel caso della bonifica italiana composta da tre strategie operative complementari: la bonifica sanitaria con l'obiettivo di eliminare la malaria, la bonifica idraulica con l'obiettivo di prosciugare le terre per renderle coltivabili, la bonifica agraria che divideva le terre e le consegnava ai coloni, insieme costituivano la bonifica integrale che aveva come obiettivo quello di costruire una società nuova in grado di dominare la natura.

Oggi le infrastrutture complesse costituite per raggiungere un dominio tecnologico sulla natura sono diventate un ostacolo alla possibilità di cambiamento³⁹. Questo sistema fu definito da Marvin Harris⁴⁰ una "trappola idraulica". La sensazione di essere intrappolati da tecnologie dominanti pervade la società industriale e produttiva

³⁷ Tradotto in italiano da "Rivers of Empire: Water, Aridity, and the Growth of the American West".

³⁸ A tal proposito si fa riferimento in particolare a Ekers M. e Loftus A. (2007) in "The power of water: developing dialogues between Foucault and Gramsci".

³⁹ Worster D.(1985) in "Rivers of Empire: Water, Aridity, and the Growth of the American West" (1985).

⁴⁰ In Cannibals and kings (1977).

in tutto il mondo⁴¹. Il problema centrale è l'individuazione di una strategia che contrasti questa resistenza al cambiamento, nella ricerca di nuovi approcci di pensiero e progetto.

Correnti di pensiero che analizzano il rapporto tra sistemi antropici e natura	Autori	Concetti chiave	Ricaduta nella gestione delle risorse idriche
Antropocentrismo	Accomodante	World Commission on Environment and Development «Our common Future»	La crescita economica garantisce il supporto delle tecnologie efficienti per la gestione dei sistemi idrici. Si produce un paradigma idraulico secondo il quale invasi sempre più grandi e più elaborati sistemi di canalizzazioni comportano la tenuta del potere capitalista e dei regimi dispotici.
	Liberista	Simon e Kahn «The resourceful Earth. A response to Global 2000»	La tecnologia è sinonimo di potere. Attraverso l'intervento umano si possono risolvere i principali problemi ambientali (fondamentalismo di mercato).

Tabella 1: Sommario delle correnti di pensiero antropocentriche che analizzano le relazioni tra natura e sviluppo antropico, schematizzato a partire dalle analisi effettuate da O'Riordan e Foladori, e declinate nella relazione tra esseri umani e sistemi idrici.

1.3 Una visione ecocentrica

La visione ecocentrica comprende un'ampia quantità di correnti interne⁴², ma se ne

⁴¹ Worster D.(1985) in "Rivers of Empire: Water, Aridity, and the Growth of the American West".

⁴² Ad esempio biocentrismo, earth liberation, ecofemminismo, gaianismo, ecolteologismo, neo-

Verdina Satta

"I sistemi idrici come organismi cibernetici: un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali e aree umide costiere"

Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

possono distinguere due particolarmente significative: una è l' ecologia profonda e l'altra è l'ecologia verde.

La "Deep Ecology" è caratterizzata dalla volontà di ripensare, da un punto di vista filosofico e culturale, le relazioni tra sistemi antropici e natura, attribuendo un valore intrinseco alla natura, in contrapposizione esplicita rispetto all'"ecologia superficiale"⁴³.

Secondo Aldo Leopold⁴⁴ la deep ecology sostiene l'egualitarismo biosferico⁴⁵, l'abbandono della crescita urbana e industriale, il controllo della crescita demografica con l'obiettivo della preservazione della natura e della costruzione di "santuari ecologici".

L'attenzione alla natura non deve derivare dagli interessi umani, ad esempio l'incremento della biodiversità, non può rivelarsi un'ambizione connessa ai vantaggi economici biologici o estetici per l'essere umano, ma sta nel fatto stesso di far parte della biosfera e per questo ha un valore intrinseco.

Devall e Session nel 1989 pubblicarono quelle che furono le basi dell'ecologia profonda che sono riportate di seguito:

- «Il benessere e la prosperità della vita umana e non umana sulla Terra hanno valore per se stesse (in altre parole: hanno un valore intrinseco o interno). Questi valori sono indipendenti dall'utilità che il mondo non umano può avere per l'uomo.
- La ricchezza e la diversità delle forme di vita contribuiscono alla realizzazione di questi valori e sono inoltre

malthusianismo.

⁴³ Secondo Arne Naess l'ecologia profonda era definibile come un'ecosofia, una sorta di saggezza, che contiene regole, principi, postulati, valori ed ipotesi riguardanti lo stato delle cose nel nostro universo.

⁴⁴ In "The Land Ethic", un capitolo di "A Sand County Almanac"; Leopold fu influenzato dallo sviluppo di movimenti moderni per la protezione della natura selvaggia. La sua etica sulla natura ebbe un profondo impatto sul movimento dell'ecologia profonda.

⁴⁵ Secondo il quale tutte le cose viventi hanno analogo diritto di vivere e di realizzare se stessi – non esistono gerarchie tra le specie; ognuna dipende dalle altre.

valori in sé.

- Gli uomini non hanno alcun diritto di impoverire questa ricchezza e diversità a meno che non debbano soddisfare esigenze vitali.

- La prosperità della vita e delle culture umane è compatibile con una sostanziale diminuzione della popolazione umana: la prosperità della vita non umana esige tale diminuzione.

- L'attuale interferenza dell'uomo nel mondo non umano è eccessiva e la situazione sta peggiorando progressivamente.

- Di conseguenza le scelte collettive devono essere cambiate. Queste scelte influenzano le strutture ideologiche, tecnologiche ed economiche fondamentali. Lo stato delle cose che ne risulterà sarà profondamente diverso da quello attuale.

- Il mutamento ideologico consiste principalmente nell'apprezzamento della qualità della vita come valore intrinseco piuttosto che nell'adesione a un tenore di vita sempre più alto. Dovrà essere chiara la differenza tra ciò che è grande qualitativamente e ciò che lo è quantitativamente.

- Chi condivide i punti precedenti è obbligato, direttamente o indirettamente, a tentare di attuare i cambiamenti necessari.»⁴⁶

⁴⁶La versione italiana è contenuta in "Ecologia Profonda. Vivere come se la Natura fosse Importante", Torino, Edizioni Gruppo Abele, (1989)

La seconda corrente ecocentrica è quella dell'ecologia verde in cui il termine verde non implica necessariamente l'appartenenza ad un partito politico, ma è vero che i principali rappresentanti di questo movimento sono, in parte, gli esponenti politici dei partiti verdi, specialmente di quelli tedeschi ed inglesi, oltre che di importanti movimenti ecologisti popolari, e alcune organizzazioni a livello planetario come *Green Peace* e *Friends of Earth*.

Porrit e Winner, esponenti del movimento verde, considerano la loro proposta un'alternativa radicale e rivoluzionaria all'attuale società capitalista ⁴⁷:

“l'Obiettivo più radicale pretende niente di meno che una rivoluzione non violenta che scuota la società industriale ed inquinante, saccheggiatrice e materialista, e al suo posto costruisca un nuovo ordine economico e sociale che permetta agli esseri umani di vivere in armonia con il pianeta. Il movimento verde pretende di essere la forza culturale e politica più radicale ed importante dalla nascita del socialismo”

Capra e Spretnak ⁴⁸ definiscono il movimento verde come la manifestazione politica del cambiamento culturale che include come fondamentali e centrali le questioni ambientali.

Le principali caratteristiche di questa corrente possono ridursi a tre:

- Il punto di partenza etico che attribuisce il valore intrinseco alla natura: si percepisce una continua ricerca di codici etici provenienti dalla natura e considerati esterni alla società, espressione di una separazione delle sfere

⁴⁷ Traduzione in italiano da "Coming of the greens" (1988)

⁴⁸ Fritjof Capra and Charlene Spretnak scrissero "Green Politics" in cui analizzarono la crescita dei partiti verdi in Germania e altri partiti orientati sulla stessa linea in altri paesi europei

naturali e sociali.

- Utilizzo dell'ecologia come scienza che spiega le relazioni tra società e natura. Alcune basi teoriche degli scritti di Barry Commoner⁴⁹ spiegano bene le principali posizioni del movimento verde:
 - “Ogni cosa è connessa con qualsiasi altra;
 - Ogni cosa deve finire da qualche parte;
 - La natura è l'unica a sapere il fatto suo;
 - Non si distribuiscono pasti gratuiti.”⁵⁰
- La necessità di stabilire dei limiti allo sviluppo umano, la crescita demografica e quella economica non possono avanzare illimitatamente, questo concetto viene espresso attraverso la metafora della nave spaziale Terra di Boulding^{51, 52}.

1.4 Ecocentrismo e gestione idrica: le isole di natura

La posizione ecocentrica nella gestione degli spazi d'acqua si manifesta attraverso la preservazione totale dei sistemi naturali e originari, e la minimizzazione dell'interazione tra esseri umani ed ecosistema. Le politiche di conservazione legate alla protezione del valore naturale di alcuni sistemi idrici è stata caratterizzata dalla designazione di aree naturali protette nell'ottica dell'isolamento rispetto alle attività antropiche. Nella visione ecocentrica gli esseri umani con le loro attività devono relazionarsi il meno possibile con i sistemi naturali, relazionarsi il tanto da permettere la sopravvivenza umana, non di più. Le complesse reti di utilizzi che si intersecano e che, di fatto, rendono il naturale antropico e viceversa vanno distrutte e bisognerà limitare la connessione tra i due sistemi all'indispensabile attraverso la costruzione di regimi normativi che perseguano la protezione dei sistemi idrici.

⁴⁹ Fu un importante biologo e ricercatore e uno dei più autorevoli attivisti nella denuncia dei danni provocati dalle scorie radioattive e dalle esplosioni nucleari.

⁵⁰ in "Il cerchio da chiudere" (1986).

⁵¹ K. Boulding (1966) in "The economics of coming Spaceship Earth", che rappresenta il sistema Terra come un sistema chiuso, paragonandolo ad una navicella spaziale, in cui l'equipaggio per sopravvivere deve utilizzare sistemi di produzione e consumo circolari.

⁵² Come espresso da Guillermo Foladori in "Una tipologia de pensamiento ambientalista"

I criteri basici della visione ecocentrica cercano il modo ideale per riportare il sistemi idrici naturali al loro stato selvaggio, alle *acque originarie*⁵³. La gestione di questi spazi dovrà assicurare la loro contemplazione senza poter lasciare l'impronta umana sui loro habitats. L'argomento ecocentrico è che il rio di per sé e senza infrastrutture idrauliche non provocherà mai conflitti. S'intende cioè riportare i sistemi idrici ad una condizione del tutto naturale e selvaggia, la cui dinamica sia osservata e rispettata senza la possibilità di ammettere nessuno modifica.

⁵³ Le acque originarie sono definite in questa tesi quali sistemi idrici che conservano le loro macrostrutture idrauliche intatte, questa categoria verrà riproposta in seguito nelle descrizione dei casi studio.

	Correnti di pensiero che analizzano il rapporto tra sviluppo antropico e natura	Autori	Concetti chiave	Ricaduta nella gestione delle risorse idriche
Ecocentrismo	Ecologia profonda	Naess A. «The shallow and the deep, long range ecology movement» Devall B., Session G. «Ecologia Profonda. Vivere come se la Natura fosse Importante» Leopold A. Carson R.	Egualitarismo biosferico Abbandono della crescita economico-industriale e ritorno alla vita rurale Controllo della crescita demografica	Preservazione totale degli spazi d'acqua Limitazione dell'interazione tra ambiente e esseri umani. Azioni popolari sull'acqua Diminuzione del consumo idrico
	Ecologia verde	J. Porrit «Seeing Green» Commoner B. «Il cerchio da chiudere» (1986)»	Decrescita dei consumi Controllo della crescita demografica Green Technology Energie pulite basate sulle risorse rinnovabili	Tecnologie a piccola scala Limitazione dell'uso delle risorse

Tabella 2: Sommario delle correnti di pensiero ecocentriche che analizzano le relazioni tra natura e sviluppo antropico, schematizzato a partire dalle analisi effettuate da O'Riordan e Foladori, e declinate nella relazione tra essere umano e sistemi idrici.

1.5 Una dimensione critica

Fino a quando i sistemi idrici saranno sottoposti ad una gestione dipendente da un ideale antropocentrico o ecocentrico saranno governati da una visione parziale e frammentata appartenente all'uno o all'altro discorso.

Così l'ispirazione antropocentrica si basa sulla possibilità di consumo delle risorse per il raggiungimento di un maggiore benessere e il sistema idrico dovrà essere gestito attraverso un approccio dominante. In questo tipo di gestione, l'esclusività degli obiettivi sociali relega in secondo termine gli obiettivi naturali. Gli investimenti idraulici devono essere concentrati verso il concetto di sfruttamento della risorsa da

Verdina Satta

“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”

Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

un lato (approvvigionamento idrico civile, agricolo e industriale) e la difesa dei pericoli ad essa connessi dall'altro (attraverso le grandi opere di difesa del rischio idrogeologico).

D'altra parte i criteri basici della gestione ecocentrica abbandonano la possibilità di coesistenza positiva tra sistemi antropici e natura, e si rifiutano di sostenere una capacità di relazione.

La tutela dei sistemi idrici non si può più basare sulla realizzazione di riserve, associare il concetto protezione a quello di isola non è idoneo a contrastare le minacce dell'intervento umano alla biodiversità, le quali comportano l'aumento della frammentazione degli ecosistemi naturali.

Operativamente questi due discorsi non trovano riscontro nella nostra società e nella nostra scienza, né possono continuare a costituire la base della pianificazione dei sistemi idrici.

Questa prospettiva deve evolvere con la comprensione che sia necessario proteggere le funzionalità di queste aree e potenziare la capacità di costruire relazioni tra i sistemi naturali e i sistemi artificiali. L'esigenza principale diventa garantire il massimo della connessione tra le diverse aree naturali e unificare la loro gestione a quella delle altre questioni di carattere sociale ed economico ⁵⁴. Subentra quindi una visione che fa riferimento non più ai singoli luoghi di valore, ma ad un sistema composto sia dalle aree di pregio, sia da potenziali connettori.

In questo senso si differenziano rispetto agli antropocentristi e agli ecocentristi alcune correnti critiche in quanto non vedono separatamente natura e esseri umani, ma hanno una visione sistemica.

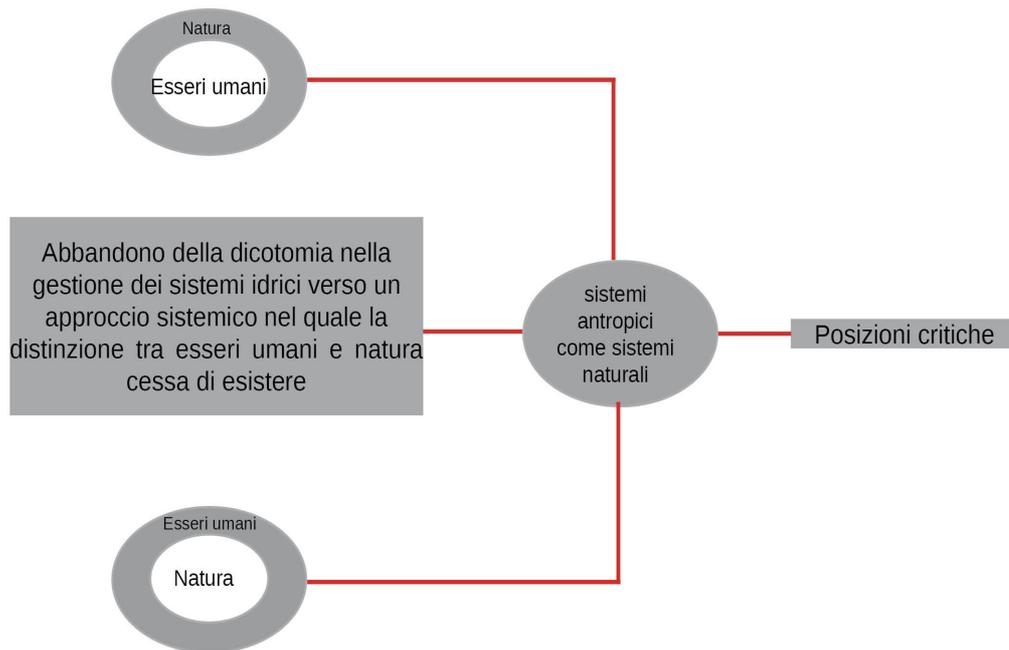
In particolare nella descrizione marxista la natura include la società umana, la distinzione tra naturale e artificiale cessa di esistere:

“Che l'uomo viva nella natura significa che la natura è il suo corpo con il quale deve mantenersi in un processo dialogico costante per non morire.

⁵⁴ Moroni S. e Patassini D. (2006) in “Problemi valutativi nel governo del territorio e dell'ambiente”.

L'affermazione che la vita fisica e spirituale dell'uomo derivi dalla natura non ha più senso di dire che la natura deriva da se stessa, visto che l'uomo è parte della natura".

K. Marx⁵⁵



Schema 2: Convergenza verso le posizioni critiche. Fonte: elaborazione propria

Alla luce di queste analisi è possibile arrivare a qualche considerazione di base che definisca i limiti concettuali e fisici di questa dicotomia: antropocentrismo e ecocentrismo hanno entrambi risultati dannosi sia per la natura che per gli esseri

⁵⁵ Karl Marx, Manoscritti Economici e Filosofici del 1844

umani che di quel mondo naturale fanno parte. Questi due approcci, per come sono costruiti e a causa dei loro principi basilici, comportano inevitabili conflitti tra sistema naturale ed antropico. Gli esseri umani non governano il mondo naturale come professato dagli antropocentristi, ma non ne sono neanche la rovina come acclamato dagli ecocentristi, sono capaci di apporti positivi così come di grandi disastri, entrambi sono, in qualche modo, analizzabili e misurabili, la ricerca scientifica si deve concentrare nella comprensione di queste relazioni: quelle positive vanno dunque preservate e quelle negative vanno mitigate. Bisogna tendere a organizzare il mondo scientifico e culturale cercando di superare e trascendere la radicale opposizione cultura-natura, coscienza-tecnica, intrinseco-estrinseco, attraverso un filtro sistemico. L'idea di sistema mette in relazione le parti e accoglie l'essere umano e i suoi "artifici" quali elementi e parti integranti strutturali.

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi ciberneticici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

2_I sistemi idrici come organismi cibernetici: invasi artificiali e aree umide costiere

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

All'interno dei bacini idrografici i sistemi lagunari e stagnali costieri, sono quei luoghi in cui convergono ampie porzioni di territorio, sono filtri in cui emergono tutti i problemi del bacino idrografico che sottendono, aree di transizione, ecotoni che trascinano con sé le caratteristiche degli elementi che tengono insieme. La loro naturale complessità si interseca con la complessità umana in maniera radicale e violenta, le aree costiere in cui sono situati sono spesso sinonimo di antropizzazione con le loro attività dirette e indirette rispetto alla quali i sistemi lagunari o stagnali assumono il ruolo di recettori finali. D'altra parte, anche gli invasi artificiali sono luoghi interessanti, dal punto di vista delle interazioni tra sistemi antropici e naturali: possono essere considerati gli antipodi concettuali dei sistemi lagunari e stagnali costieri.

Se da un lato le zone umide costiere rappresentano un nucleo "naturale" in una difficile relazione con le aree circostanti fortemente antropizzate, le dighe sono il contrario, l'opposto, con il loro nucleo "artificiale" e le loro relazioni complesse con il contesto naturale, costituendo le une il *contro-spazio* delle altre.

Attualmente i sistemi umidi costieri rappresentano un presidio ecocentrico in cui si manifestano con frequenza crescente le posizioni che acclamano una *rinaturalizzazione* dello spazio fisico, nonostante le pressioni antropiche circostanti e la politica funzionalista continuino a mantenere la loro centralità. E' raramente praticabile la rinaturalizzazione degli ambiti lagunari, se intesa in senso stretto, esistono infatti difficoltà operative ed economiche, inoltre le condizioni ambientali che conosciamo ci sono giunte dopo secoli di trasformazioni antropiche, modificando radicalmente l'assetto originario. Per rinaturalizzazione, dunque si può solo intendere la riprogettazione, in un ambiente modificato artificialmente, di alcuni elementi tipici delle zone umide e di grande importanza ecosistemica, quali aree di espansione delle acque, vegetazione riparia, connessioni variabili con il sistema marino⁵⁶ e periodi di ricambio idraulico⁵⁷.

⁵⁶ Sansoni G. (1993) in "La rinaturalizzazione degli ambienti fluviali".

⁵⁷ Inteso come intervallo temporale necessario ad un completo ricambio della acque all'interno di

D'altra parte gli invasi artificiali sono visti come un presidio antropocentrico della tecnica che piega la natura alle sue regole in cui si tende all'*artificializzazione* dello spazio, alla sua meccanizzazione, nonostante la costruzione, attraverso la trasformazione degli assetti preesistenti, di nuove caratteristiche ecologiche ed ecosistemiche. L'idealizzazione di questi due spazi fisici, sui quali si concentra il lavoro di ricerca, accresce il dualismo descritto nel capitolo uno e ne condiziona le regole che ne stabiliscono la gestione e l'uso. Invasi artificiali e aree umide costiere sono da considerare quali "aree dinamiche", che assumono funzioni ecologiche e idrologiche in quanto svolgono un ruolo di regolazione dell'equilibrio dei bacini idrografici in cui sono inserite.

Di fatto, in entrambi i casi, l'intervento umano in questi spazi implica la costruzione di un sistema naturale diverso da quello precedente co-prodotto da forze antropiche e naturali.

2.1 Le aree umide costiere come presidio ecosistemico

Nell'antichità le zone umide erano riconosciute come aree da cui gli insediamenti umani avrebbero potuto trarre benefici, non a caso spesso le popolazioni installavano i loro villaggi in prossimità di questi sistemi. Successivamente, la crescita demografica, lo sviluppo agricolo e della pastorizia, iniziarono a suggerire un rapporto diverso rispetto a questi spazi⁵⁸.

Le parole "laguna", "stagno" o "area umida" in un passato relativamente recente, iniziarono ad evocare nell'immaginario collettivo una serie di timori ancestrali, che si riferivano a luoghi pericolosi, malsani, inaccessibili e sperduti, luoghi solitari e selvaggi a cui si oppone l'immagine di un passato in cui squadre di lavoratori e macchinari erigevano dighe di difesa e controllo di una natura ribelle. Sono termini che generalmente non richiamano una concezione positiva nell'opinione comune.

un'area umida costiera.

⁵⁸ In "Tra acqua e terra: la palude, gli equilibri naturali e l'uomo" (1984). Il volume affronta le varie problematiche storico-culturali, economiche, ecologiche relative alle zone umide.

“Via l'acqua, largo all'uomo” era il motto di una bonifica⁵⁹ che si manifestò sui suoli che furono permanentemente, o anche solo periodicamente, invasi dalle acque, quella bonifica che fu, nel senso comune, la necessaria azione da portare avanti in presenza di una laguna maleodorante, con acque stagnanti e infernali.

Le aree umide furono considerate paludi, stagni insalubri, a cui attribuire una connotazione molto negativa a causa della progressiva perdita di consapevolezza delle caratteristiche ambientali ed ecologiche di questi spazi e di una serie di credenze e convinzioni che hanno favorito la trasformazione del territorio attraverso opere di drenaggio e prosciugamento.

“Andavano innanzitutto bonificati i pantani e, per evitare che si impantanassero di nuovo, ne andava alzato il livello, con le colmate: milioni di metri cubi di terra da prendere da un'altra parte e portare qua. Poi irregimentare i laghi. Con sponde fisse. E assicurare gli sbocchi al mare – con canali e pompe idrovore – e i flussi di acqua nuova e, per evitare la stagnazione, aumentare la profondità dei laghi stessi. Scavando”⁶⁰

Cercando di dare una collocazione storica a tali concetti ci rendiamo conto che le azioni più radicali di sfruttamento del territorio emersero soprattutto a partire dal secolo scorso, quando si affermò un modello produttivista dell'uso del suolo.

La bonifica durante il fascismo, in Italia, fu implementata attraverso la legge Serpieri, del 1923, con la quale furono costituiti i *consorzi di bonifica*, gestiti e finanziati dallo stato, che erano gli organismi responsabili del prosciugamento degli stagni, della lotta contro la malaria e della riorganizzazione degli assetti silvo-pastorali. Tutti i lavori di bonifica che furono portati avanti durante il fascismo interessarono circa un milione di ettari di terre in Italia, implicando la riduzione delle superfici delle aree umide costiere e la loro conversione in terreni agricoli.

⁵⁹ Dal latino medievale comp. di bonus «buono» e tema di facere «fare»

⁶⁰ Pennacchi A. (2000) “Palude: storia d'amore, di spettri e trapianti”, Donzelli editore”.



Fig. 1: Foto aerea dell'area di bonifica di Arborea, in Sardegna. Fonte: Sardegna foto aeree

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

Parallelamente, a livello internazionale, fin dai primi anni del '900, si sono costruiti strumenti normativi che promossero una nuova concezione, secondo la quale la protezione degli habitat acquatici e paludosi dovesse divenire una parte essenziale del programma degli organismi nazionali ed internazionali per la difesa delle acque e dei suoli, anche se, nonostante la costruzione di questi strumenti, le dinamiche di trasformazione delle aree umide in terre disponibili allo sviluppo umano, non hanno conosciuto arresti, soprattutto in Europa.

“Nel 1922 Il Consiglio Internazionale per la Protezione degli Uccelli (C.I.P.O.) ha avviato un processo, seguito dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura e delle sue risorse (U.I.C.N.), nel 1948. La FAO e l'UNESCO sono state fin dall'inizio associate a quest'opera di protezione della natura e degli habitat acquatici ed ancora maggiormente dopo la Conferenza dell'ONU sull'ambiente - Stoccolma, 1972 - e dopo il lancio del programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (P.N.U.E.). Per quanto riguarda il Consiglio d'Europa, esso si è preoccupato di diversi aspetti della protezione delle zone umide, dopo la creazione, nel 1963, del Comitato Europeo per la salvaguardia della natura e delle risorse naturali, è stato il primo organismo governativo a riconoscere l'importanza dell'istituzione di zone protette e la necessità di una cooperazione internazionale per garantire tale protezione a livello continentale”⁶¹.

Solo in tempi relativamente recenti però il diritto ambientale internazionale e il sistema giuridico di Italia e Spagna si sono dotati di punti di riferimento normativi solidi. La protezione delle aree naturali si è rapidamente sviluppata in molti contesti come strategia di tutela dalla distruzione e dalla degradazione di questi spazi, specie, habitats e paesaggi, che hanno gradualmente acquisito il connotato giuridico e sociale di patrimonio naturale. Gli si è progressivamente riconosciuto un valore intrinseco, diventando soggetti interessanti, è stata acquisita una coscienza

⁶¹ Morzer Bruyns M.F.(1976) descrive l'evoluzione delle normative di tutela ambientale delle aree umide in “Zone umide, uccelli acquatici e protezione della natura” cit. pag. 1.

ecologica in relazione a queste aree, anche se, in molti casi continuano ad essere soggette a pressioni incontrollate.

Nel 1971 un gruppo di Stati, istituzioni scientifiche ed organizzazioni parteciparono alla Conferenza Internazionale sulle Zone Umide e gli Uccelli Acquatici, attraverso la quale fu istituita la convenzione Ramsar⁶², che fu il primo trattato intergovernativo per la conservazione e la gestione degli ecosistemi naturali e il recupero del valore ecologico di queste aree, e di quei luoghi che, situati nelle zone costiere, sono i più minacciati da un'azione crescente delle forze di origine antropica. L'introduzione di regimi di protezione era spesso un riflesso di una cosiddetta "conservazione statica", immutabile al fine di mantenere determinate condizioni "ideali".

Un altro momento chiave nella definizione delle azioni di conservazione di questi spazi è stato la Conferenza della Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo (UNCED di Rio de Janeiro del 1992), indicando nella costruzione di un sistema nazionale di zone umide una possibile strategia di salvaguardia.

Con l'emissione della direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE e con l'emanazione del Decreto Legislativo 152/99 è stato trasformato radicalmente il quadro legislativo di riferimento di tutela e salvaguardia delle risorse idriche. Nella questione ambientale la conservazione delle zone umide assume un'importanza molto elevata attraverso la ricerca di una sostenibilità ecologica, economica ed etico-sociale. Viene inoltre introdotta la dimensione economica nella gestione della risorsa e dei servizi idrici alla scala del distretto idrografico.

L'isola autarchica del preservazionismo ambientale è impossibile da realizzare in luoghi sempre più umanizzati, circondati da massicce urbanizzazioni, insediamenti turistici, sistemi agricoli di straordinaria estensione, deviazioni dei fiumi, scarichi di acque reflue trattate o non trattate, sbarramenti, utilizzo incontrollato della risorsa idrica. Stiamo parlando di luoghi in cui l'elemento principale è l'acqua, che, per sua natura, non può essere confinata in uno spazio specifico a causa delle sue infinite

⁶² E' l'unico trattato intergovernativo che fornisce alcune linee guida per l'uso razionale e la conservazione delle Aree Umide.

connessioni superficiali e sotterranee con i sistemi adiacenti.

Il ritorno alla natura selvaggia, ricercato dalle posizioni ecocentriche è impossibile da perseguire nei sistemi delle zone umide costiere mediterranee. Il presidio ecocentrico di queste aree è quindi in totale contrasto con una visione contemporanea che identifica nella difesa ambientale uno strumento progettuale dinamico, uno strumento capace di integrare gli elementi antropici con l'ambiente naturale, in una realtà in continua evoluzione e sottolineando il legame evidente tra tutte le componenti biotiche e abiotiche che interagiscono nel sistema.

Inoltre la ricerca scientifica ha da tempo stabilito la ricchezza biologica insospettabile delle aree sfruttate, anche intensamente, dagli esseri umani, con particolare riferimento ai terreni agricoli e alle bande adiacenti agli insediamenti, testimoniata dalla presenza di un numero crescente di specie animali e vegetali.

La protezione ambientale, nel senso più contemporaneo del termine, indirizza le sue attività in un contesto interdisciplinare, promuovendo, oltre alla conservazione della biodiversità, l'equità sociale e la salvaguardia delle culture, in vista di una valutazione globale e dinamica del sistema territorio.

2.2 I laghi artificiali: una performance antropocentrica

I sistemi di irrigazione e di approvvigionamento idrico urbano si basano principalmente sullo sfruttamento delle acque di superficie captate e accumulate negli invasi artificiali.

Queste grandi opere hanno trasformato radicalmente i territori, gli habitat e gli ecosistemi e la loro costruzione è stata e continua ad essere una discutibile imposizione del potere tecnocratico, una "performance antropocentrica". Si è molto discusso sulla sostenibilità ecologica, economica e sociale dei grandi invasi e nel 1997 fu istituita la Commissione mondiale sulla Dighe⁶³, al fine di preparare una relazione globale all'interno della quale si dichiara ufficialmente che le dighe, nonostante abbiano apportato significativi contributi allo sviluppo umano, impongono costi sociali e ambientali troppo elevati, specialmente per le popolazioni più vulnerabili e che l'approccio dei costi-benefici dimostra gravi iniquità territoriali: le popolazioni che subiscono i danni maggiori non sono quasi mai le stesse che usufruiscono dei benefici derivati dalla costruzione dei grandi invasi.

Durante il '900 le grandi dighe sono state sinonimo di progresso, perché potevano finalmente garantire l'approvvigionamento idrico e energetico nei contesti urbani e nei sistemi agricoli, ma, d'altra parte, a questi vantaggi si contrapponevano le ferite profonde che queste enormi infrastrutture lasciavano nei territori e le conseguenze che queste trasformazioni radicali potevano comportare sulle popolazioni delle vicinanze. La relazione della Commissione mondiale sulle dighe afferma infatti che la costruzione di migliaia di grandi invasi artificiali negli ultimi cinquant'anni ha determinato la devastazione di molti ecosistemi, la scomparsa di importanti siti archeologici e l'abbandono delle proprie case e villaggi da parte di milioni di persone⁶⁴.

⁶³ La World Commission on Dams (WCD) fu costituita nell'Aprile del 1997, per individuare gli impatti sociali economici e politici della costruzione di grandi invasi artificiali nel mondo. E' costituita da membri della società civile, accademici, privati, tecnici del settore e rappresentanti governativi.

⁶⁴ Dati più specifici sono riportati in "Dams and Development, a new framework from decision-making, the report of the World Commission on Dams" (2000).

In Italia e Spagna i profondi cambiamenti sui regimi idrologici, che si sono verificati contestualmente allo sviluppo agricolo e alla costruzione di dighe, hanno portato al declino degli ambienti naturali e degli habitat costieri, in particolare all'esaurimento delle zone umide, quasi ovunque drenate o bonificate e convertite in coltivazioni. L'insieme dei benefici economici, rilevabili a breve termine, ha comportato spesso una diminuzione della biodiversità, ma anche del patrimonio sociale e culturale. In questo contesto, tuttavia, le dighe hanno giocato e giocheranno, paradossalmente, un'importante "azione vicaria rappresenteranno in molte zone la più significativa, se non l'unica testimonianza di ecosistemi acquatici. [...] gli invasi sono diventati l'estremo rifugio per molte specie animali e vegetali, anche rare e in via di estinzione, oasi per l'alimentazione e la riproduzione o, nel caso degli uccelli migratori, stazioni di sosta lungo le rotte delle migrazioni stagionali"⁶⁵.

Questo imponente complesso di opere idrauliche ha come scopi principali la fornitura irrigua e la risposta alle esigenze idriche urbane ed industriali, o in alcuni casi, la mitigazione del rischio idraulico. Ma la presenza di questi sistemi artificiali, spesso immersi in aree con un forte carattere naturale, spinge a ripensare questi luoghi di fronte alle evidenze scientifiche emergenti che li individuano quali ambiti in cui la biodiversità può persistere a fianco di un'intensa attività umana (ad esempio a Hong Kong secondo Dudgeon⁶⁶, e in Asia più in generale secondo Gopal⁶⁷). In letteratura esiste un crescente interesse nel determinare le dinamiche di queste trasformazioni antropiche. Il termine che è stato adottato per la conservazione della biodiversità in collaborazione con le attività umane è *ecologia della riconciliazione*⁶⁸.

⁶⁵ In "Utilizzazione naturalistica degli invasi a prevalente uso irriguo: metodologia analisi e linee guida"(2010), cit. pag. III.

⁶⁶ in particolare in "Clinging to the wreckage: unexpected persistence of freshwater biodiversity in a degraded tropical landscape" (2003)

⁶⁷ In particolare in "Future of wetlands in tropical and subtropical Asia, especially in the face of climate change",2013).

⁶⁸ Questi temi sono affrontati in particolar modo in Rosenzweig M. L. (2003), "Reconciliation ecology and the future of species diversity" e in Dudgeon D. et al. (2003), "Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges".

Un aspetto dell'ecologia della riconciliazione è l'utilizzo di ecosistemi antropici, costruiti dagli esseri umani o fortemente modificati, per sostenere la biodiversità (Lundholm e Richardson⁶⁹), mentre il restauro ecologico si concentra sul recuperare gli attributi ecosistemici perduti.

Alcuni studi recenti hanno esaminato la capacità dei sistemi idrici di origine antropica di fungere da rifugio per le specie autoctone, comprese quelle di interesse conservazionistico, proteggendole da perturbazioni, soprattutto da quei disturbi che saranno intensificati dal cambiamento climatico. Alcuni ecosistemi antropici sono già riconosciuti in letteratura (ad esempio, Davies et al.⁷⁰, Lundholm e Richardson, Baxter⁷¹, Paul e Meyer⁷² e Herzon e Helenius⁷³) come rifugi per le specie autoctone, mentre altri potrebbero potenzialmente diventare rifugi attraverso alcune modifiche nella loro gestione.

⁶⁹ In "Habitat analogues for reconciliation ecology in urban and industrial environments" (2010).

⁷⁰ in "A comparison of the catchment sizes of rivers, streams, ponds, ditches and lakes: implications for protecting aquatic biodiversity in an agricultural landscape"(2008).

⁷¹ in "Environmental effects of dams and impoundments"(1977).

⁷² in "Streams in Urban landscapes" (2001).

⁷³ in "Agricultural drainage ditches, their biological importance and functioning" (2008).

2.3 Dalla “nuova ecologia” alla “seconda natura”

E' importante dunque esplorare la relazione tra sistema ecologico e attività antropica. L'ecologia classica individua nel concetto di successione⁷⁴ ecologica i diversi livelli o stadi di un fenomeno che lo definiscono: dalla sua apparizione, attraverso persistenza⁷⁵ e durata, al suo avanzamento verso la condizione climax⁷⁶, ovvero lo stadio finale di adattamento ottimale alle condizioni ambientali di un ecosistema.

“Secondo l'ecologia classica, gli ecosistemi evolvono e si adattano a certe caratteristiche biofisiche fino ad arrivare ad un equilibrio attraverso un processo che è conosciuto come successione. L'esistenza di quest'ordine naturale [...] è stato spesso utilizzata per illustrare la forza del cambiamento di origine umana sopra gli ecosistemi, attraverso un argomento ben conosciuto: la causa fondamentale del cambiamento climatico è la rottura di questo equilibrio da parte della specie umana e provoca l'apparizione di nuovi «ordini naturali» che possono o meno favorire lo sviluppo umano.”⁷⁷

“Il trattamento convenzionale delle forze induttrici riproduce dunque la separazione tra natura e cultura e continua a caratterizzare buona parte della ricerca ambientale attuale.”⁷⁸

Le linee teoriche di alcune evoluzioni moderne dell'ecologia affermano invece la multi-direzionalità dei processi e che un fenomeno possa intraprendere differenti linee evolutive e quindi concludersi con diversi possibili scenari. Una particolare attenzione va ad alcune correnti che introducono la cosiddetta “nuova ecologia” e che mettono l'accento su concetti quali l'instabilità, il disequilibrio e le fluttuazioni

⁷⁴ La successione ecologiche descrivono l'evoluzione di un ecosistema attraverso fasi ben definite: le successioni primarie, secondarie o cicliche.

⁷⁵ La capacità di un sistema ecologico di mantenere la colonizzazione di un sito

⁷⁶ Rappresenta lo stadio finale di evoluzione di un ecosistema

⁷⁷ Traduzione in italiano da David Saurì i Pujol, canvi global i convi en els usos del sòl: aspectes conceptuels cit. Pag. 25.

⁷⁸ Traduzione in italiano da David Saurì i Pujol, canvi global i convi en els usos del sòl: aspectes conceptuels cit. Pag. 23.

degli ecosistemi. La “nuova ecologia” e “l'ecologia del caos” furono introdotte negli anni '80 da alcuni grandi esponenti quali Worster⁷⁹, Botkins⁸⁰, May e Seger⁸¹. In questa teoria l'intervento umano gioca un ruolo chiave: nei sistemi idrici mediterranei la presenza umana e il suo intervento radicale negli assetti naturali ne ha reso i processi sempre più complessi, ma ormai in quasi tutti i sistemi ambientali mondiali non siamo più in grado di parlare di fenomeni puramente naturali, ma i processi ecologici sono frutto di una contaminazione tra processi naturali e antropici.

La complessità dei sistemi ecologici ha un forte legame con la loro capacità connettiva e di relazione con elementi antropogenici alla macro-scala, aumentando esponenzialmente proprio a causa della dimensione globale, assunta negli ultimi decenni, delle attività antropiche.

“L'azione dell'uomo a scala planetaria porta come diretta conseguenza un aumento di connessione tra sistemi un tempo isolati. Per questo nuove specie o varietà possono raggiungere aree remote superando le barriere naturali attraverso l'energia fornita indirettamente dai mezzi utilizzati dall'uomo per i suoi spostamenti (aerei, navi, automobili). Non vi sono oggi sistemi ambientali dove l'uomo non abbia prodotto modificazioni dirette ed indirette. L'aumentata connettività creata ad hoc dalle società umane ha quindi implicazioni nei sistemi naturali mettendo in contatto tra di loro specie e sistemi altrimenti isolati. Questa aumentata connessione influenza il comportamento dei sistemi che appaiono quindi soggetti ad influenze “aliene”. Riconosciamo in questo tipo di relazioni un'importante espressione della complessità e quindi del comportamento non lineare dei sistemi che non possono entrare in uno stato informativo strutturato,

⁷⁹ In “The ecology of order and chaos”(1990).

⁸⁰ In “Discordant Harmonies: A New Ecology for the Twenty-first Century” (1996).

⁸¹ In “Ideas in Ecology” (1986).

che si rende necessario per il mantenimento della omeostasi^{82»83}.

In alcuni casi gli effetti perversi della presenza antropica nei territori rafforzano la diffidenza degli esseri umani rispetto ad un assetto naturale percepito come entità esterna e imprevedibile. Mike Davis in *Los Angeles after the storm: the dialectic of ordinary disaster* racconta la reazione della popolazione di Los Angeles davanti agli effetti di un susseguirsi di uragani che investirono la città negli anni novanta. I cittadini, terrorizzati del loro ambiente circostante, assunsero un atteggiamento paranoico rispetto ad una natura crudele, dimenticando che fu proprio l'espansione urbana della città di Los Angeles, a mettere deliberatamente in pericolo i suoi abitanti, trasgredendo le più basilari regole di senso ambientale. Le fasce tagliafuoco diventarono lotti periferici, le zone umide porti turistici, le pianure alluvionali distretti industriali, “opere pubbliche monolitiche sostituirono la pianificazione territoriale etica e responsabile”. Davis assegna la responsabilità del disastro naturale alla “costruzione sociale”, tenuta nascosta declinando l'opinione pubblica verso un'ideologia perversa che impone contemporaneamente “false categorie e false aspettative sull'ambiente”, che sostengono il concetto di una “natura maligna e ostile”. Le espressioni estreme del ciclo idrologico, siccità e inondazioni, non devono assumere necessariamente una connotazione negativa, ma possono essere assunti, invece, come elementi regolatori, fattori imprescindibili per la dinamica ecosistemica che dipende direttamente dalle sue perturbazioni. Altra cosa è individuare l'indice di ricorrenza di questi fenomeni estremi e adattare l'assetto antropico in maniera resiliente.

D'altra parte l'intervento umano, molto più spesso di quanto siamo abituati a pensare, ha come effetto collaterale quello di introdurre una maggiore diversità di habitats e di specie animali e vegetali, frammentandoli in molteplici stadi successionali.

⁸² L'omeostasi è definita la predisposizione naturale di ogni organismo vivente al raggiungimento di un certo equilibrio interno delle proprie caratteristiche chimico-fisiche. Tale stato di equilibrio ha una sua stabilità temporale attraverso dei precisi meccanismi auto-regolatori.

⁸³ Farina A., Schipani I. in “Complessità ed ontogenesi dei paesaggi: un punto di incontro”(2005).

Difficilmente potremmo parlare di ecosistemi così ricchi come quelli a cui siamo abituati, se non ci fosse stato, in un determinato momento, un intervento umano. “Pertanto l'attuale mosaicatura del paesaggio e della biodiversità degli habitats è il risultato di una produzione biofisica di differenti variabili di appropriazione-intervento sociale che si sono succeduti nella storia”⁸⁴. In Catalogna esiste il caso de *las closes*⁸⁵, sistemi a prato pascolo inondabili, derivanti dalla modellazione delle terre a scopo antropico che presentano una biodiversità molto maggiore rispetto, ad esempio, ad un'area strettamente lagunare; in Sardegna i *mariagos* o *pradili*, aree arboree dedicate al pascolo, caratterizzate da una biodiversità molto alta, sono superfici instabili che, se sottoposte ad un carico zootecnico troppo alto convergono in prato pascolo, mentre se abbandonate dalla presenza antropica e dal pascolo virano in copertura forestale diminuendo, in entrambi i casi, la loro biodiversità.

Questo è un paradosso interessante e sul quale sarebbe il caso di soffermarsi più di quanto non si sia fatto fino ad ora: nel caso del valore ecologico delle superfici agricole e nel caso dei grandi laghi artificiali, che, seppure comportando modificazioni importanti, sono andati definendo ecosistemi più ricchi di quelli che sarebbero potuti esistere in precedenza, la rottura degli equilibri ecosistemici, ha costruito un mosaico paesaggistico e habitats ecologici che altrimenti non sarebbero possibili.

Il concetto di seconda natura viene utilizzato da Lefebvre⁸⁶ come piattaforma concettuale attraverso la quale discutere la elaborazione sociale dei sistemi artificiali, suggerendo che “la natura, così distrutta e contaminata, debba essere ricostituita ad un secondo livello, il livello di una seconda natura necessariamente coprodotta dalle società”.

⁸⁴Tradotto da Saurì D., “Canvi global i canvi en els usos del sol: aspectes concptuals”. Cit. Pag. 26.

⁸⁵ A proposito di questi sistemi ecologici complessi si segnala la Tesi di dottorato di Albert Llausàs i Pascual “Natura i cultura en la evolució del paisatge de closes a l'Alt Empordà”

⁸⁶Lefebvre H., *The Production of Space in The Journal of Modern History* (1994).

“la società è continuamente uscita dalla natura e c'è un passaggio incessante dall'una all'altra. Tutti i giorni, noi ricreiamo le loro differenze e spostiamo le loro frontiere. Nessuna parte dell'umanità in nessun momento è più vicina o più lontana dalla natura, nè nel passato primitivo, nè nell'avvenire più evoluto”⁸⁷.

Busino definisce la natura, dunque, non come l'ambiente circostante ma sempre come un rapporto⁸⁸. L'obiettivo dell'essere umano non può essere quello di appropriarsi di un sistema natura a lui esterno ma compiere la funzione di fattore interno e regolatore della realtà naturale. Con l'aiuto delle loro conoscenze gli esseri umani fanno parte della natura e la trasformano. Il concetto di natura deve includere al suo interno materiali, forze e strutture che gli esseri umani utilizzano e modificano. Non si può affermare che la natura sia vinta dall'opera umana ma viene invece costruita una seconda natura nella quale gli esseri umani si integrano.

2.4 I paesaggi ibridi

Paesaggio è un termine denso di significati e di interpretazioni, spesso ambigui, che inglobano la nozione di interfaccia tra problemi sociali e ambiente⁸⁹. C'è chi identifica il paesaggio con l'ambiente, chi lo confonde con la natura, o con il panorama o con la semplice "composizione di forme naturali e umane, o ancora paesaggio e insieme di segni, come uno sterminato palinsesto redatto con i misteriosi caratteri della natura"⁹⁰. Un'evoluzione importante nell'assegnazione di significato al termine paesaggio è attribuibile alla Convenzione Europea del Paesaggio, tenutasi a Firenze il 20 ottobre 2000, che lo definisce come:

"una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle

⁸⁷ In Moscovici S., *Essai sur l'histoire humaine de la nature*(1968).

⁸⁸ In Busino "Per leggere Moscovici"(2004).

⁸⁹ In Frolova, M. "El estudio del los paisajes del agua en una cuenca vertiente: Propuesta metodológica" (2007)

⁹⁰ In Romani V., "Il paesaggio. Teoria e Pianificazione" (1994)

popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni.”⁹¹

A prescindere dalla definizione adottata, ciò che è importante sottolineare, ai fini della trattazione, è la struttura di sistema complesso, attraverso l'interpretazione del sistema di relazioni che lo costituiscono: "relazioni che dovrebbero interferire con tutte le attività di pianificazione affinché queste rispettino le identità e i segni delle comunità locali su un determinato territorio ”⁹².

Nel Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio⁹³ viene riportata la seguente definizione:

“Ai fini del presente codice per paesaggio si intende una parte omogenea di territorio i cui caratteri derivano dalla natura, dalla storia umana o dalle reciproche interrelazioni.”

Evidentemente negli ultimi anni il concetto di paesaggio ha subito una connotazione molto precisa che incorpora l'aggettivo “ibrido”. Il tema fondamentale è dunque quello del progetto come mutamento della natura, la capacità delle attività antropiche di trasformare incessantemente la terra e di assemblarla come paesaggio. Questi sono gli aspetti principali su cui indirizzare la pianificazione dei sistemi idrici, i nuovi paesaggi e la natura ibrida.

Nella definizione di ciò che è, in maniera complementare, naturale e umano nei paesaggi dell'acqua, dunque, l'aggettivo ibrido diventa centrale, coniato per la prima volta negli anni novanta nella cultura olandese, “non a caso la cultura di una terra profondamente solcata dalle acque e segnata da un destino che tradizionalmente ne affida la salvezza alle dighe, alle chiuse e ai canali, riportando quindi su un piano ampiamente strutturale il tema della conformazione del territorio”⁹⁴. Negli stessi anni

⁹¹ Capitolo 1, art. 1 lettera a della Convenzione Europea del Paesaggio

⁹² In Ercolini M. “Dalle esigenze alle opportunità. La difesa idraulica fluviale occasione per un progetto di «paesaggio terzo»”(2006).

⁹³ art. 131, comma 1 del DLgs 22 n. 42 del 2004

⁹⁴ In Irace F. nell'articolo “i navigli come monumenti” in Milano città d'acqua. Nuovi paesaggi urbani per la tutela dei navigli (2009) cit. pag. 22

in Italia Ghetti⁹⁵ definisce il paesaggio quale "risultante concentrata e visibile di elementi naturali e culturali entro un'area dai confini variabili; un mosaico di ecosistemi connessi da tessuti connettivi rappresentanti delle aree di transizione; l'espressione di una combinazione di elementi fisici, biologici e culturali considerati come unità". Questo del paesaggio ibrido è un tema attuale che è stato a suo modo ripreso e rilanciato da Erik Swyngedouw che descrive molto approfonditamente la realtà ibrida dei paesaggi dell'acqua, definendo le condizioni socio-naturali attuali talmente complesse che la frontiera che delimita ciò che è naturale da ciò che è sociale è invalutabile⁹⁶.

La Spagna è il paese europeo in cui la crisi idrica è stata più acuta negli ultimi anni. L'importanza politica ed ecologica dell'acqua non è comunque un fatto recente in Spagna, durante l'ultimo secolo infatti, le politiche idriche (economiche, culturali, e ingegneristiche) hanno spinto innumerevoli tensioni e conflitti all'estremo nella società spagnola. Swyngedouw descrive il caso spagnolo come esempio nel quale il carattere ibrido dei paesaggi dell'acqua si esprime più radicalmente e lo racconta attraverso il ruolo centrale dell'ingegneria nel processo di modernizzazione spagnolo. Inoltre assegna agli ingegneri il ruolo di produttori della "socionatura". Gli interventi idraulici nella creazione di paesaggi dell'acqua sono infatti di supporto al desiderio sociale di modernizzazione, e dovrebbero essere basati su una profonda conoscenza e rispetto delle leggi naturali e delle condizioni ecologiche. I paesaggi dell'acqua incorporano le storie delle classi sociali e di potere che si sono susseguite nella storia e producono spazi di privilegio o marginalità; contengono reazioni e trasformazioni chimiche, fisiche e biologiche che entrano nel ciclo idrologico delle acque e allo stesso tempo esprimono il produttivismo, la costruzione e l'artificio nelle loro dighe, nelle opere di derivazione, nei loro invasi artificiali, e nei loro canali di irrigazione.

⁹⁵ In Ghetti P. F., "Manuale per la difesa dei fiumi "(1993).

⁹⁶ In "Modernity and hybridity: nature, regeneracionismo, and the production of the Spanish waterscape, 1890–1930" (1999)

2.5 Il ciclo idro-sociale

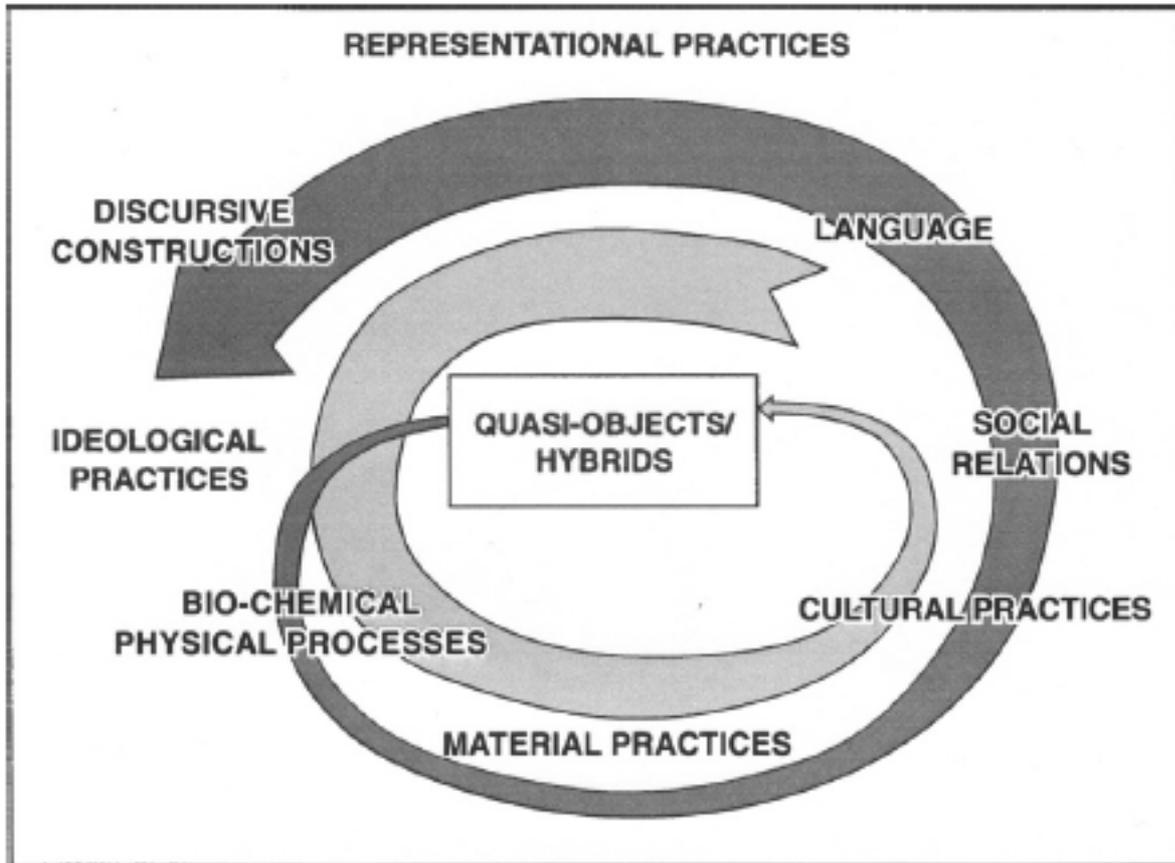


Fig. 2: Produzione della socio-natura. Fonte: Swyngedouw E. in "Modernity and hybridity: nature, regeneracionismo, and the production of the Spanish waterscape, 1890–1930"(1999)

Un'altra espressione che impiegano alcuni geografi per riferirsi alla dimensione sociale e fisica dell'acqua è il ciclo idro-sociale. Bakker, Budds, Swyngedouw e Linton⁹⁷ affiancano al ciclo idrologico definito negli anni '30 da Horton, il ciclo idro-

⁹⁷ In particolare Bakker K. in "Water: political, biopolitical, material. Social Studies of Science" (2012); Budds J. in "Whose scarcity? The hydrosocial cycle and the changing waterscape of La Ligua river basin, Chile "(2008); Budds J. e Linton J. in "The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water" (2013); Swyngedouw E. in "The political economy and political ecology of the hydrosocial cycle" (2009).

sociale in cui l'acqua è intesa come risorsa e le infrastrutture idrauliche assumono un ruolo centrale. Questa teoria prende forma a partire dalle considerazioni di Wittfogel e Worster sulle società idrauliche già descritte nel capitolo 1, che formularono un collegamento tra l'acqua e il potere socio-economico e politico, sostenendo che un "nesso geo-istituzionale" ha dato luogo a forme specifiche di società idrauliche. Il lavoro di Wittfogel è stato dunque utilizzato per collegare gli interventi socio-tecnici alla co-produzione di natura e società all'interno dell'ecologia politica dello Stato. Il ciclo idro-sociale è dunque un concetto che si distacca dalle posizioni ecocentriche o antropocentriche descritte nel capitolo 1 e che approda verso la comprensione delle relazioni interne che connettono la società e i cicli idrologici. In particolare Linton e Budds⁹⁸ descrivono il ciclo idro-sociale come un processo circolare, in cui l'acqua intesa materialmente, interviene nelle dinamiche sociali, in alcuni casi stabilizzandole, in altri casi interrompendole, determinando l'intervento di tecnologie e infrastrutture che possano controllare quantitativamente e qualitativamente i processi idrologici; questo intervento provoca trasformazioni nella risorsa idrica e il ciclo riprende, indefinitamente. Questa continua connessione rende i processi idrologici così come quelli sociali oggetti completamente ibridi in accordo con quanto definito nel paragrafo precedente.

2.6 I sistemi idrici come organismi cibernetici

Possiamo dunque definire i sistemi idrici, in particolare quei luoghi di cui ci occuperemo con maggiore interesse, gli invasi artificiali e le aree umide costiere, quali organismi cibernetici, metafora di una socio-natura fortemente interconnessa. Indichiamo con cibernetico un insieme di elementi in interazione, definendo queste interazioni come scambi di materia, di energia o di informazioni. Questi scambi costituiscono una comunicazione, alla quale gli elementi reagiscono cambiando di stato o modificando le loro azioni.

Alcune nozioni centrali della cibernetica comprendono i concetti di comunicazione,

⁹⁸ In "The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water" (2013).

segnale, informazione e retroazione, un sistema è composto da elementi in reciproca interazione. L'azione di un componente su un altro implica una reazione, questo sistema azione-reazione viene definito *cinta retroattiva*. Una delle proprietà di un sistema cibernetico equilibrato è l'auto-regolazione, comportando una grande stabilità nel tempo.

Questi elementi nel caso dei sistemi idrici sono costruiti dalle dimensioni del paesaggio, quegli strati che si vanno sovrapponendo sull'assetto fisico originario.

Lo studio cibernetico di un "sistema idrico", costituisce un'analisi globale degli elementi individuati e soprattutto delle loro interazioni.

Allo stesso modo in cui

“David Harvey⁹⁹ insiste nel affermare che non c'è nulla di particolarmente innaturale in New York City. Le aree urbane, le regioni, e qualunque altra condizione o processo sociospaziale esiste in un network di caratteri che sono simultaneamente umani, naturali, materiali, culturali meccanici e organici. I miliardi di processi che supportano e mantengono la vita sociale ad esempio acqua, energia, cibo, computers, sono sempre combinazione di società e natura”¹⁰⁰

“Non c'è niente a priori innaturale nella produzione di città, organismi geneticamente modificati, fiumi sbarrati, a campi irrigati. Gli ambienti prodotti sono il risultato storico di processi socio-ambientali. Il mondo urbano è un mondo cyborg, in parte naturale in parte sociale, in parte tecnico, in parte culturale, ma senza chiari confini, centri o margini”¹⁰¹.

In contrasto con le interpretazioni convenzionali presentate nel primo capitolo e che affrontano temi legati alle scienze ambientali e alla gestione della risorsa idrica, si vorrà presentare attraverso i capitoli che seguono una prospettiva che si distacca

⁹⁹ In Harvey D. "Justice, Nature and the Geography of Difference" (1996)

¹⁰⁰ Traduzione in italiano da Swyngedouw E. in "Modernity and hybridity: nature, regeneracionismo, and the production of the Spanish waterscape, 1890–1930"(1999)

¹⁰¹ Traduzione in italiano da Heynen N., Kaika M., and Swyngedouw E. in "Urban Political Ecology. Politicizing the production of urban nature in " In the Nature of Cities" (2006) cit. pag. 11

dalle dinamiche di competizione tra le forze induttrici biofisiche e umane, ma che assume una connotazione relazionale, nella quale i sistemi idrici sono “elementi costitutivi di una realtà socio-ambientale storicamente co-prodotta da forze biofisiche e forze sociali” ¹⁰²



Fig.3:Coltivazioni di riso a nord di Shanghai sul delta del Fiume Giallo.
Fonte:www.mapbox.com

¹⁰² In Sauri D. "Natura, cultura i geografia des del món de les rieres mediterránies, Seminari interdisciplinar sobre l'aigua, Institut d'Estudis Catalans" (2001).

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

2.7 I limiti della direttiva quadro sulle acque

La Direttiva 2000/60/CE, è la legge europea attraverso la quale viene istituito un quadro coerente a livello comunitario per la protezione delle acque superficiali interne, delle acque di transizione, delle acque costiere e sotterranee. L'obiettivo fondamentale della Direttiva è quello di raggiungere un buono stato ecologico per tutti i corpi idrici entro il 2015 attraverso l'istituzione dei Piani di Gestione quali strumenti cardine per la pianificazione, l'attuazione e il monitoraggio delle attività e delle misure operative individuate.

C'è da dire che il concetto di paesaggio non è considerato in nessuna sezione di questa normativa, e tanto meno alcuni temi contemporanei quali ibridazione, seconda natura, interazione tra azione antropica e sistemi idrici, e di conseguenza questi temi sono assenti anche nelle normative attraverso le quali i paesi membri recepiscono la legge quadro europea, pur essendo questioni centrali nello sviluppo di progetti e politiche che considerino i sistemi idrici nella loro complessità.

La Direttiva 2000/60/CE è stata recepita in Italia attraverso il Decreto Legislativo 152/2006 "Norme in materia ambientale", che prevede la ripartizione del territorio nazionale in otto distretti idrografici. La Legge 27 febbraio 2009, n. 13 "conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 30 dicembre 2008, n. 208, recante misure straordinarie in materia di risorse idriche e di protezione dell'ambiente" dà avvio alla stesura dei Piani di Gestione, la cui redazione si dovrebbe concludere entro il 2015.

Viviamo dunque in un momento storico in cui l'identificazione pubblica del valore ecologico associato ai paesaggi dell'acqua è riconosciuto a livello nazionale e internazionale, ma siamo ancora distanti dal recepimento da parte delle normative, anche di quelle più recenti, della loro natura ibrida, dei cicli idro-sociali ad essi connessi e della caratteristica cibernetica che vanno via a via assumendo. La necessità della loro protezione e pianificazione potrebbe incontrare nelle politiche territoriali e ambientali europee dei prossimi anni un importante strumento, ma la pianificazione e la ricerca scientifica si dovranno porre con attenzione crescente

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

alcuni quesiti chiave: come possiamo identificare e descrivere i paesaggi dell'acqua, specialmente nelle aree umide costiere e negli invasi artificiali? Come possiamo valutare le relazioni tra le funzioni che questi paesaggi si trovano ad assolvere? Come possiamo valutare la qualità di queste relazioni? Come possiamo tradurre le valutazioni effettuate in direttrici utili per la pianificazione territoriale e urbanistica?

La risposta a questi quesiti implica l'individuazione e la costruzione di nuovi strumenti operativi che permettano di studiare e identificare i paesaggi dell'acqua e le loro caratteristiche complesse al fine di poter produrre nuovi obiettivi paesaggistici che possano essere incorporati nelle politiche e nelle normative territoriali e ambientali¹⁰³.

¹⁰³ Ribas A. (2007) "Los Paisajes del agua como paisajes culturales. Conceptos, métodos y una experiencia práctica para su interpretación y valorización"

II PARTE

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

3_Le stratificazioni dei paesaggi della acqua

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

In questa parte della tesi prende forma un'ipotesi di struttura stratificata dei paesaggi dell'acqua, e, in particolar modo, delle zone umide costiere e degli invasi artificiali attraverso l'individuazione di quei layers che comportano gli utilizzi diretti e indiretti e i loro effetti: agricoltura intensiva, pesca, sfruttamento della risorsa, inquinamento chimico e organico, rischi industriali, abbandono, urbanizzazione incontrollata, canalizzazioni e arginature di prevenzione del rischio idraulico. Tra questi usi si individuano alcune categorie interpretative che permettono di discretizzare le funzioni che sono chiamati ad assolvere i sistemi idrici in esame, producendo diverse dimensioni del paesaggio, attraverso una struttura schematica, che non vuole essere espressione di un assetto che si ripete, immutabile, in tutti i territori, ma che si modifica e si adatta al contesto a cui viene applicata¹⁰⁴:

3.1 La struttura del paesaggio delle zone umide costiere

Le funzioni svolte dalle aree umide costiere sono state analizzate da diversi autori tra cui Kusler, Mitsch, and Larson¹⁰⁵ e Romagosa¹⁰⁶.

Nei paragrafi che seguono vengono riportate le descrizioni dei molteplici usi che le aree umide costiere si trovano ad assumere.

Ecologia e zone umide costiere

Pur riconoscendo la specificità di ogni zona umida costiera, le principali caratteristiche della dimensione ecologica delle *wetlands* costiere si possono riassumere in tre elementi centrali:

Elevata complessità ecologica: intesa come elevato grado di interazioni interne e esterne. I fattori di interazione sono diversi e riguardano le caratteristiche dell'acqua,

¹⁰⁴ A seconda delle aree di applicazione può variare la rilevanza di una funzione rispetto ad un'altra, o la declinazione attraverso la quale una determinata funzione si esprime.

¹⁰⁵ In Kusler A., Mitsch W.J., J. S. Larson "Wetlands" (1994).

¹⁰⁶ In Romagosa F. "Les fonctions de les zones humides" (2007).

della comunità vegetale e animale, la morfologia delle rive e dei fondali, le dimensioni dell'area, la presenza antropica e i flussi idrici in entrata e in uscita.

Resilienza: intesa come capacità dell'ecosistema di recuperare le caratteristiche iniziali in seguito ad un evento perturbativo. Pur essendo le zone umide soggette a continue alterazioni fisiche riescono, entro certi limiti, a recuperare le loro condizioni iniziali dopo uno stress anche intenso e a ristabilire un equilibrio.

Molteplicità delle interfacce: una delle caratteristiche più importanti delle aree umide, in particolar modo delle lagune degli stagni costieri e la funzione transitoria tra ambiente terrestre e ambiente marino. Le connessioni che permettono gli scambi tra acque dolci interne e acque salate esterne sono alla base delle dinamiche ecologiche di questi luoghi. Gli utilizzi antropici del territorio circostante, con la quantità degli impatti che ne derivano, hanno aumentato ulteriormente la complessità e il numero di scambi tra le interfacce.

Il ruolo delle aree umide costiere nella gestione del rischio idraulico

Le aree umide sono aree di transizione tra terra asciutta e acque profonde, una delle loro funzioni è quella di comportarsi, in caso di piena, come vasche di espansione naturali, attraverso il drenaggio superficiale del bacino che sottendono e l'accumulo dei volumi di piena. I differenti tipi di aree umide assumono un ruolo importante nelle diverse dinamiche di evoluzione della piena costituendo parte integrante del fenomeno delle inondazioni periodiche e riducendone l'impatto negativo sugli elementi a rischio presenti nel territorio. Il ruolo delle aree umide nel controllo delle piene è stato spesso evidenziato nella letteratura degli ultimi vent'anni. Molti studi hanno dimostrato il contributo di questi sistemi di transizione alla diminuzione dei picchi di piena attraverso un vasto numero di meccanismi fisici.

Già nel 1979 Novitzki¹⁰⁷ analizzò la relazione tra onde di piena e percentuale della superficie di bacino costituita da aree umide e si rilevò che in alcuni bacini idrografici,

¹⁰⁷ In Novitzki, R. P., "Hydrologic characteristics of Wisconsin's wetlands and their influence on floods, stream flow, and sediment" (1979).

in cui le aree umide furono convertite in terre asciutte, l'incremento dei picchi ebbe dimensioni rilevanti. Bullock e Acreman¹⁰⁸ nel 2003 descrissero le funzioni idrologiche svolte da questi sistemi, attraverso una revisione generale degli studi delle zone umide, con un forte orientamento verso i casi europei. Lo studio dimostra che la maggior parte delle zone umide di pianura alluvionale riducono gli effetti distruttivi delle inondazioni. Analizzando le zone umide non alluvionali, la capacità di regolazione dei flussi e di conseguenza di riduzione delle inondazioni è molto variabile, a seconda del contesto idrogeologico specifico e del tipo di zona umida. Tuttavia, il quadro generale dimostra che, nella maggior parte dei casi, questi ecosistemi e le loro funzioni assumono un ruolo centrale nella gestione del rischio idraulico, come nel caso del progetto *the Rooms for the River*¹⁰⁹. Inoltre, secondo i modelli di cambiamenti climatici dell'IPCC¹¹⁰, la frequenza dei periodi con forti precipitazioni aumenterà nel corso degli anni, portando a maggiori scarichi fluviali e a un ulteriore aumento del rischio idrogeologico. Questo rafforza la necessità di ripensare la progettazione nelle aree umide considerando questa loro funzione di "spugna naturale"¹¹¹.

Le aree umide condizionano i flussi idrici e idraulici, intercettando il run-off e fungendo da bacino di laminazione dei picchi di pioggia sia in termini di magnitudo, attraverso una riduzione dei volumi ruscellanti, sia in termini di tempo, rilasciando la massa d'acqua attraverso dinamiche più distribuite, un'altra importante funzione è quella della diminuzione delle velocità di scorrimento delle acque e la conseguente diminuzione delle capacità distruttiva delle piene. Una delle motivazioni che sta alla base dell'intensificazione dei fenomeni alluvionali estremi dell'ultimo decennio è la

¹⁰⁸ In "The role of wetlands in the hydrological cycle" (2003)

¹⁰⁹ The Rooms for the River è un progetto internazionale che mira alla pianificazione dei sistemi di mitigazione del rischio esondazione, attraverso il potenziamento dell'utilizzo delle aree di esondazione naturale dei fiumi. Il concetto che guida questo progetto è quello di lasciare spazio ai fiumi e alle aree di esondazione fluviale, rivalutando i fenomeni di piena quali fluttuazioni naturali dei cicli idrologici.

¹¹⁰ Intergovernmental Panel on Climate Change (Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico)

¹¹¹ Potter (1994), Zedler (2003)

scomparsa delle zone umide costiere per lasciare spazio a superfici coltivabili o urbanizzabili.

Le aree umide hanno dunque un ruolo importante nel deflusso delle onde di piena, ma nel caso delle aree umide costiere questa funzione assume ancora maggiore importanza: in concomitanza con un evento piovoso estremo può manifestarsi la presenza di mareggiate, accompagnate a forti venti che impediscono ai corsi d'acqua di smaltire le piene in mare e questo spesso provoca in danni maggiori nelle aree costiere. La presenza di aree umide rende possibile lo stoccaggio temporaneo delle acque nelle aree più depresse e la mitigazione dei rischi idraulici.

La gestione del rischio può offrire opportunità di recuperare le superfici umide costiere sottratte alle acque, restituendo il giusto spazio ai fiumi, le aree umide possono essere considerate come territori fluviali che fanno parte dei processi idrologici e idraulici ad essi connessi¹¹².

Se è vero che questi sistemi possono contribuire alla mitigazione delle piene, è anche vero che la loro biodiversità dipende da specifici regimi idrologici, dalla quantità e dalla distribuzione spaziale e temporale dell'acqua, che ne influenzano il funzionamento ecologico, e che sono alla base della maggior parte delle loro funzioni, condizionandone anche il valore sociale ed economico. Se il regime idrologico venisse in qualche modo disturbato, gli effetti sulle zone umide potrebbero essere gravi. Il funzionamento dei flussi idrici in questi sistemi, dipende dalle inondazioni, e dall'alternanza di periodi con battenti idrici elevati e caratterizzati da forti correnti e periodi con acqua stagnante.

In una visione contemporanea che si propone di lasciare spazio ai fiumi e alle loro aree di esondazione naturale, le aree umide costiere e le loro superfici spondali assumono dunque un ruolo centrale.

¹¹² I diversi ruoli e funzioni delle aree umide sono ampiamente descritti in Verry, E. S., and D. H. Boelter "Peatland hydrology, in *Wetland Functions and Values: The State of Our Understanding*" (1979).

Le aree umide come recettori dei reflui.

I sistemi umidi, specialmente quelli costieri, assolvono il ruolo di ricettori dei reflui inquinanti, spesso provenienti dai sistemi agricoli, zootecnici, urbani e industriali e diventano luoghi di ritenzione, accumulo e smaltimento di nutrienti e altri composti. In condizioni favorevoli, hanno dimostrato di riuscire a rimuovere nutrienti organici e inorganici e materiali tossici, dalle acque che li attraversano. I sistemi lagunari e stagnali costieri hanno una serie di caratteristiche che influenzano il carico inquinante delle acque:

- La riduzione della velocità dell'acqua in entrata nell'area umida provoca la sedimentazione di molte delle sostanze inquinanti.
- La varietà di processi aerobici e anaerobici in successione rapida promuove la denitrificazione, le precipitazioni chimiche, e altre reazioni chimiche che permettono la rimozione di alcuni composti.
- Un alto tasso di produttività in molte aree umide permette che una parte degli inquinanti siano attaccati dalla vegetazione e si trasformino in sedimenti di fondo.

La capacità di miglioramento della qualità delle acque in entrata nel sistema umido è limitata ad alcuni livelli di tollerabilità, che dipendono da diversi fattori tra i quali la superficie della zona umida, la sua profondità, la capacità di ricambio idraulico e le specie vegetate spondali. Superati questi livelli il sistema entra in crisi e si verificano fenomeni di eutrofizzazione, provocando i cosiddetti *bloom* algali. Quando gli inquinanti sono metalli pesanti o inquinanti tossici si possono verificare conseguenze drammatiche, che provocano la moria della flora o della fauna con danni ecologici estensivi e duraturi. Alcuni dei principali inquinanti che si trovano in questi sistemi sono costituiti da azoto, fosforo e solidi sospesi, la loro presenza, quando supera concentrazioni necessarie per mantenere il sistema in equilibrio, può diventare pericolosa.

La capacità della vegetazione, tipica delle zone umide, di assimilazione dei nutrienti

costruisce le condizioni favorevoli alla decomposizione microbica della sostanza organica, esistono inoltre diverse specie vegetali palustri in grado di assimilare selettivamente metalli pesanti, come zinco, cromo, manganese, piombo, ferro e rame. Queste naturali predisposizioni vengono utilizzate nella depurazione delle acque. Esistono già numerose indagini sulla fitodepurazione ed attualmente si sta diffondendo l'utilizzo impiantistico ed intensivo di questo principio. Sulla base di queste caratteristiche naturali sono state realizzate zone umide artificiali con funzione depurativa ad integrazione degli impianti tradizionali, in particolare per svolgere il terzo stadio di depurazione, o per lo smaltimento di reflui di piccole comunità o in situazioni confinate, che spesso vengono affiancate alla realizzazione di laboratori ecologici pilota capaci di implementare gli aspetti ricreativo-culturali della zona in esame.

Aree umide come sistemi produttivi

Le attività agricole sono quelle che maggiormente hanno contribuito alla scomparsa delle zone umide, e alla loro conversione in terreni utilizzabili dalle comunità antropiche.

Le aree agricole che si sviluppano in prossimità delle aree umide sono costituite da terre molto produttive, perché ricche di materia organica, ad esempio, le coltivazioni di riso sono, nella quasi totalità, realizzate in prossimità di questi sistemi idrici costieri.

L'inquinamento di origine agricola rappresenta un significativo contributo all'eutrofizzazione dei sistemi acquatici costieri e pesticidi agricoli ed erbicidi sono stati collegati alla perdita di biodiversità delle zone umide. Nutrienti e inquinanti vengono dilavati durante gli eventi di pioggia e spesso entrano nei sistemi di drenaggio superficiale che confluiscono nelle aree umide costiere, diventando i recettori finali per le sostanze immesse nell'intero bacino idrografico.

Oltre alla rilevanza delle immissioni inquinanti ciò che rende più preoccupante il

problema è la dinamica di propagazione diffusa capillarmente in territori molto estesi, determinano un livello di complessità maggiore degli interventi per la mitigazione del fenomeno rispetto a quelli che possono agire su sistemi di immissione puntuali.

Attualmente, grazie anche al superamento dei gravi problemi sanitari causati dalla presenza di aree stagnali e alla rivalutazione della loro importanza ecologica, le politiche internazionali stanno iniziando a muovere i primi passi verso la tutela di questi ambienti, attraverso regolamenti comunitari che ne incentivino la protezione dai sistemi agricoli circostanti e la promozione di politiche agricole tese alla diminuzione delle immissioni inquinanti. A tal proposito il II pilastro della Politica Agricola Comunitaria (PAC), dovrebbe favorire sistemi di coltivazione più compatibili.

Le possibilità di fruizione delle aree umide

In un approccio contemporaneo, in cui il paesaggio assume il ruolo di spazio pubblico, alle zone umide viene attribuita una funzione centrale, quali paesaggi naturali e culturali, fornendo molte possibilità di fruizione e utilizzo sociale.



Fig. 4: Sistema di fruizione dell'area umida dell'Houtan Park di Shanghai, progettato da Tourenscape. Fonte Tourenscape

3.2 La struttura del paesaggio degli invasi artificiali

Così come i sistemi umidi costieri anche gli invasi artificiali sono caratterizzati dalla coesistenza di diverse funzioni che ne costruiscono la struttura paesaggistica.

Laminazione delle piene dei laghi artificiali

Durante un evento di piena il valore di picco dell'idrogramma in entrata, cioè il valore di massima portata, viene accumulato temporaneamente nell'invaso artificiale producendo una riduzione dell'idrogramma in uscita e il cosiddetto effetto di laminazione della piena.

L'effetto di laminazione è quindi ottenuto mediante l'utilizzo del volume utile del serbatoio, spesso coincidente con il volume di sicurezza, per accumulare parte della portata affluente. Successivamente il volume accumulato viene restituito in un intervallo di temporale maggiore: in questo modo l'onda di piena riduce il suo colmo, il picco di massima portata e si appiattisce.

Uno stesso evento piovoso estremo può subire effetti di laminazione diversi al variare di fattori di tipo morfologico e idraulico, quali l'area del lago, l'area del bacino e le caratteristiche geometriche degli organi di scarico. Il modello di utilizzo dell'invaso modifica sostanzialmente la capacità di mitigazione delle piene, facendone variare il volume di sicurezza.

Se l'invaso artificiale è destinato alla sola funzione di laminazione delle piene e di mitigazione del rischio idraulico è quasi sempre dotato di una luce libera in prossimità del fondo e di uno sfioratore superficiale. In questo caso l'effetto di mitigazione è molto elevato, almeno fino al punto in cui il livello idrico (indicato in idraulica come pelo libero) non raggiunge la quota degli sfioratori.

Invasi artificiali e approvvigionamento idrico (irriguo e civile)

La capacità di stoccaggio della risorsa idrica attraverso la realizzazione degli invasi è stato uno dei fattori fondamentali nello sviluppo agricolo negli ultimi decenni,

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

consentendo produzioni di elevata qualità e garantendo una maggiore flessibilità nell'utilizzo della risorsa, riducendo il vincolo rispetto a scarsità e incertezza.

La gestione delle risorse idriche in particolare di quelle potabili e destinate al consumo umano è un'altra funzione centrale degli invasi artificiali.

Specialmente in climi caratterizzati da grandi fluttuazioni di piovosità, la realizzazione di bacini artificiali in grado di accumulare la risorsa nei periodi umidi per rilasciarla nelle stagioni secche diventa fondamentale. Nonostante la presenza di queste grandi infrastrutture però spesso la gestione della risorsa risulta inefficiente, inaffidabile e inadeguata esponendo i territori a gravi situazioni di emergenza.

Nelle aree mediterranee a partire dagli anni '90, la scarsa piovosità e i lunghi periodi siccitosi, hanno provocato gravi problemi di approvvigionamento. Il caso della Sardegna, è significativo da questo punto di vista: durante gli anni '90 si susseguirono diverse annate siccitose determinando una forte crisi dei deflussi e diminuendo i volumi idrici accumulati nei bacini artificiali, fino a toccare un minimo storico nell'anno 2000, con un volume di riempimento del 25% rispetto alla capacità globale regionale¹¹³.

Tuttavia le cause delle emergenze idriche, come quella avvenuta nel caso sardo, non sono da ricercarsi esclusivamente nelle mutazioni dei regimi di piovosità. Le infrastrutture legate all'approvvigionamento sono spesso inefficienti e comportano gravi dispersioni nei sistemi idrici urbani e nelle reti di distribuzione irrigua. Anche i consumi medi idrici, specialmente nelle società occidentali industrializzate, sono da ritenersi eccessivi e impropri. In quei territori che sviluppano economie fondate su settori economici idroesigenti, quali l'agricoltura irrigua, l'industria e il turismo costiero, i problemi si aggravano ulteriormente.

Il valore ecologico degli invasi artificiali

La corretta gestione dei serbatoi, quindi, è fondamentale per garantire la qualità e la

¹¹³ Istituto di studi sulle relazioni industriali (2008) "Le risorse idriche in Sardegna"

disponibilità idrica. La letteratura recente si concentra sull'identificazione dei sistemi artificiali quali luoghi della biodiversità e soprattutto sull'individuazione di strategie atte al miglioramento della qualità delle acque di sbarramento. Fino a qualche anno fa gli unici parametri di interesse erano parametri quantitativi, che misuravano gli afflussi e i deflussi e i volumi invasati, per raggiungere i rendimenti massimi. Ma fin dagli anni '60 sono state rilevate grandi criticità qualitative delle acque invase, connesse in primo luogo alla elevata quantità di fosforo immessa che causa fenomeni di eutrofizzazione, sbilanciando gli equilibri nutrizionali, innescando la crescita eccessiva di alghe e provocando altri problemi tra cui anossia, mortalità delle specie vegetali o animali, presenza di alghe tossiche.

La tutela dello stato qualitativo degli invasi si concentra dunque sulla difesa degli habitat naturali e delle specie animali e vegetali legati ai bacini artificiali, e quindi sul miglioramento, in primo luogo, della qualità dei corsi d'acqua. Per garantire una corretta funzione ecologica degli invasi artificiali è stato inoltre introdotto il concetto di minimo deflusso vitale che è definito come il deflusso che, a valle delle opere di captazione, deve essere garantito per mantenere le condizioni di qualità e di efficienza degli ecosistemi interessati, attraverso una stabilità dei rilasci e evitando brusche variazioni di portata.

La fruizione degli invasi

L'interesse per gli aspetti ambientali legati alla salvaguardia naturalistica dei bacini idrici artificiali sono relazionati ad un possibile e conseguente sviluppo fruitivo del territorio, combinando l'abituale e prevalente uso di approvvigionamento con scopi ricreativi, sportivi e turistici.

Una sovrapposizione di funzioni

Alla luce delle precedenti considerazioni, sia nelle aree umide costiere che negli

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

invasi artificiali si individuano alcune dimensioni chiave che si interfacciano reciprocamente:

_dimensione ecologica: legata alla ricerca di una maggiore qualità delle acque e alla tutela degli spazi naturali;

_dimensione metabolica: legata all'approvvigionamento idrico, alla depurazione e allo smaltimento delle acque reflue;

_dimensione di mitigazione del rischio idraulico: legata alle opere necessarie alla laminazione delle piene e alla messa in sicurezza degli invasi o delle attività produttive sottoposte ad elevati livelli di rischio;

_dimensione produttiva che include le necessità legate soprattutto al settore agricolo, ma, a seconda dei casi studio, possono coinvolgere anche la produzione idroelettrica o la pesca;

_dimensione di fruizione: legata alla funzione di spazi pubblici che possono assumere i sistemi idrici.

Queste dimensioni possono insistere su porzioni di territorio diverse, possono sovrapporsi o possono sconfinare l'una sull'altra, l'una può sopraffare l'altra però la percezione è che, nella maggior parte dei casi, questi paesaggi siano in competizione. Gli scambi di materia e di informazioni tra queste dimensioni spesso fanno emergere alcuni conflitti degradando la qualità dei luoghi, d'altra parte è possibile individuare alcune sinergie dal punto di vista della coesistenza dei diversi usi, e utilizzarle come dispositivi di progetto.

3.3 Alcuni esempi a confronto

In questo paragrafo viene presentata una rassegna di esperienze, quale lettura schematica di alcuni esempi, in cui la stratificazione delle diverse funzioni è particolarmente evidente nell'ambito degli invasi artificiali e delle aree umide costiere. Nello specifico sono stati analizzati i seguenti sistemi: Delta del Llobregat, Albufera de Valencia, River Yare, Ria Formosa, Lac Saint Croix, Pantano del Ebro, Lac de Serre-Ponçon. Questi esempi vengono portati al fine di rendere più chiaro il concetto

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

di sovrapposizione e relazione tra le diverse funzioni dei sistemi idrici attraverso un'interpretazione degli strati territoriali schematizzata di seguito.

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

3.3.1 Delta del Llobregat

Il delta del Llobregat si trova nella città di Barcellona, nella parte sud-occidentale del centro urbano ed è una delle più importanti zone umide della Catalogna.

Il delta del Llobregat e il suo intorno costituiscono un parco agricolo in cui le infrastrutture idrauliche per l'approvvigionamento idrico così come quelle per la depurazione naturale sono parte integrante del sistema fruitivo del parco, che connette il centro abitato del Prat del Llobregat con il cordone litorale sabbioso. Le superfici naturali del Delta del Llobregat sono una rete di aree protette che appartengono ai comuni di El Prat de Llobregat, Viladecans, Gavà e Sant Boi de Llobregat, in cui coesistono diversi ambienti naturali: la foce del fiume Llobregat, le lagune e le zone umide, le pinete costiere, le dune, i cordoni litorali e i campi agricoli. Questo spazio è circondato da alcune delle infrastrutture più importanti del paese, come il porto commerciale di Barcellona e l'aeroporto del Prat.

Schema 3 (nella pagina accanto): sistema delle dimensioni del paesaggio del Delta del Llobregat. Fonte: elaborazione propria

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari



Sistema di depurazione naturale delle acque reflue

Parco agricolo: agricoltura biodinamica, sistemi di ricezione

Fruizione del parco in tutte le sue dimensioni, ecologica agricola e di connessione ai sistemi di depurazione

Area di grande qualità ecologica, con la permanenza di forti livelli di biodiversità nonostante la pressione antropica

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi cibernetic:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

3.3.2 Albufera de Valencia

L'Albufera di Valencia è un sistema lagunare molto prossimo all'area urbana valenciana, caratterizzato dalla compresenza di un sistema agricolo, urbano e turistico che imputa pressioni molto elevate al sistema ecologico. La fitta rete di fossi e canali che hanno permesso la realizzazione di un enorme sistema di irrigazione per la coltivazione del riso ha convertito la laguna, in un organismo artificializzato con il controllo dello scarico attraverso paratie e sistemi di chiuse.

Tra il 1960 e 1970 l'Albufera affrontò un momento di forte criticità: cluster urbani e parchi industriali costruiti nelle vicinanze immettevano le loro acque reflue direttamente nella laguna, nello stesso periodo aumentò l'uso di pesticidi e diserbanti nella produzione agricola dell'intero bacino idrografico. Nel 1986 fu dichiarata Parco Naturale, insieme ai 14.000 ettari di risaie circostanti e al sistema sabbioso (Restinga) che la separa dal Mar Mediterraneo.

Ora la sopravvivenza della laguna è minacciata a causa degli scarichi diretti o indiretti contenenti concentrazioni inquinanti molto elevate, che la rendono un ecosistema ipertrofico, con una grande quantità di fitoplancton e poco zooplancton, senza vegetazione sommersa e con livelli di biodiversità in riduzione.

E' dunque un ecosistema che sta affrontando una profonda revisione a seguito del deterioramento dovuto alle forti pressioni territoriali. I problemi più gravi riscontrati finora sono relativi alla contaminazione delle acque, all'interruzione del regime idrologico, al progressivo interrimento delle aree umide, allo sviluppo urbano sul sistema dunale, alla pressione industriale intorno al parco, soprattutto nei comuni del Sud Huerta e Valencia, e all'aumento della pressione turistica e ricreativa.

Schema 4 (nella pagina accanto): sistema delle dimensioni del paesaggio della Albufera de Valencia. Fonte: elaborazione propria

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari



Costante immissione di acque di origine urbana e industriale non trattate



Nel sistema agricolo le coltivazioni di riso sono le coltivazioni irrigue più diffuse e caratteristiche del Parque Natural de la Albufera, e sono, di fatto, le più importanti per l'agricoltura della zona



Il parco naturale, nonostante lo stato ecologico in cui versa, mantiene livelli di fruizione molto alti



L'ecosistema è ipertrofico e deteriorato a causa della forte pressione urbana, industriale e agricola che iniziò negli anni '70

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetic:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

3.3.3 River Yare

Il fiume Yare si trova nell'area sud-est dell'Inghilterra ed è al centro di un progetto di attenuazione del rischio inondazione. Il progetto lungo la riva sinistra del fiume Yare a Reedham prevede vasche di espansione lineari meandriformi, costituite da terreni agricoli, da pascoli, da paludi, e dalle *Halvergate*, stagni di particolare interesse scientifico che costruiscono una combinazione di lagune e canneti.

In questo contesto le questioni ambientali sono ampie e comprendono l'ecologia, la conservazione del paesaggio agricolo, la fruizione (inclusi l'accesso del pubblico, la pesca e la navigazione), il patrimonio culturale, e l'infrastruttura. I temi ecologici sono trattati in tutto il processo di attuazione dei lavori di mitigazione del rischio e di difesa dalle inondazioni, individuando delle strategie che mirino alla diminuzione degli impatti ambientali e che comprendano dispositivi in grado di fornire migliori opportunità di fruizione dello spazio. Inoltre l'ambiente storico di Broadland include molte caratteristiche del patrimonio archeologico e culturale tra cui ex mulini di drenaggio, ex abbazie e resti di ex industrie medievali.

Schema 5 (nella pagina accanto): sistema delle dimensioni del paesaggio del River Yare. Fonte: elaborazione propria

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari



Sistema di fruizione delle rive del fiume e della laguna attraverso percorsi che costeggiamo i sistemi di laminazione



Sistema di mitigazione del rischio con vasche di laminazione meandriformi



Sistema agricolo connesso alle sponde fluviali e lagunari



Mantenimento di una discreta qualità ecologica

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi ciberneticici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

3.3.4 Ria Formosa

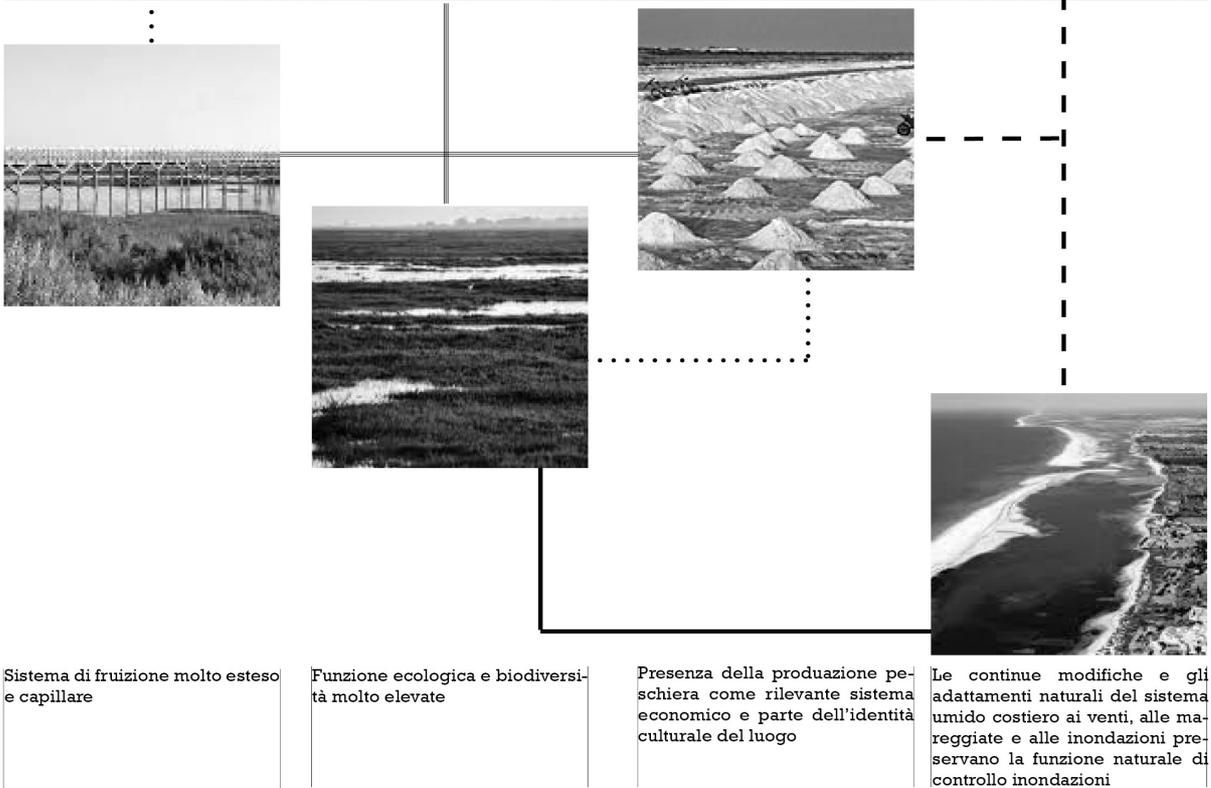
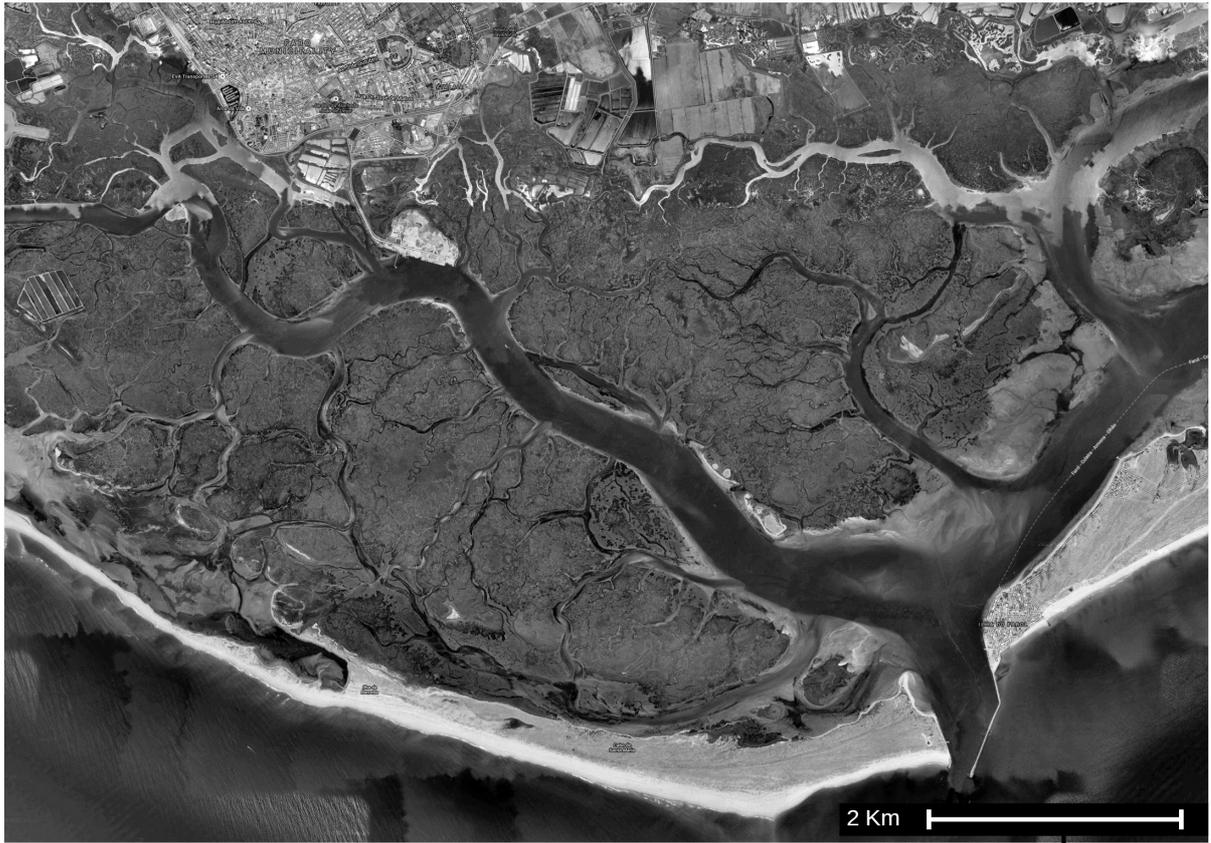
Il Parco Naturale di Ria Formosa si trova nell'estremo sud del Portogallo, è una laguna costiera in continua trasformazione ed evoluzione a causa del perpetuo movimento di venti, correnti e maree ed è protetta dal mare da cinque isole barriera e due penisole.

Nel 1987 divenne Parco Naturale includendo una superficie di circa 18.000 ettari che si estendono lungo la costa dell'Algarve attraversando i Comuni di Loulé, Faro, Olhão, Tavira e Vila Real de Santo António. In questa area protetta si possono incontrare molti habitat eterogenei come le isole barriera, le paludi, le piane di marea, gli isolotti, le dune, le saline, le lagune d'acqua dolce, le aree agricole e i boschi che determinano un'elevata varietà di fauna selvatica e avifauna.

Per queste caratteristiche morfologiche e grazie alla sua posizione geografica, è stata inclusa nella lista delle zone umide di interesse mondiale definite dalla Convenzione di Ramsar e fa parte della Rete Natura 2000, per la sua importanza come rifugio per specie rare di avifauna.

Ria Formosa offre una serie di importanti servizi ecosistemici, per esempio la produzione di alimenti, il controllo delle inondazioni e la depurazione delle acque attraverso periodi di ricambio idraulico elevati, determinati dalle numerose insenature che solcano le isole barriera. Ha anche un valore culturale e fruitivo molto elevato. Le sue spiagge sono fortemente attrattive e, essendo una delle aree più conosciute per gli uccelli acquatici in Portogallo, rappresenta un punto di ritrovo per il birdwatching e per gli studiosi specializzati.

Schema 6 (nella pagina accanto): sistema delle dimensioni del paesaggio della Ria Formosa. Fonte: elaborazione propria



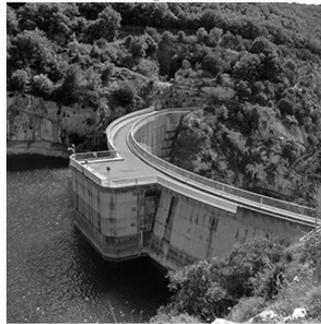
Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi ciberneticici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

3.3.5 Lac Saint Croix

Il lago di St. Croix si trova nel sud della Francia, in Provenza, è un invaso artificiale che fu completato nel 1975 sommergendo il vecchio villaggio di Salles sur Verdon, poi ricostruito su una collina vicina. Il lago di Sant Croix si estende su una superficie di 2200 ettari (lunga 10 km e larga 3 km), delimitata a sud dalla diga idroelettrica e a nord dal ponte Galetas, in cui le Gorges du Verdon alimentano il lago. La diga detiene 760 milioni di metri cubi di acqua e produce in un anno oltre 150 milioni di Kwh. Alimenta di energia elettrica i centri urbani nelle vicinanze, e fornisce l'approvvigionamento idrico per diversi sistemi agricoli e per i centri urbani della Provenza tra cui Marsiglia. Il lago, oltre alla funzione di riserva idrica e di produzione idroelettrica, è diventato una popolare attrazione turistica. La costa settentrionale del lago è delimitata dalla valle Valensole dove si trovano vasti campi di lavanda, che caratterizzano il paesaggio agricolo dell'area.

Schema 7 (nella pagina accanto): sistema delle dimensioni del paesaggio del Lac Saint Croix. Fonte: elaborazione propria

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari



Sistema di fruizione molto efficiente e esteso al territorio circostante

Approvvigionamento idrico di molti centri urbani anche rilevanti tra cui Marsiglia

Qualità dell'acqua invasata molto buona

Paesaggio agricolo caratterizzato da vaste distese di lavanda

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi ciberneticici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

3.3.6 Pantano del Ebro

E' un invaso artificiale costruito tra il 1921 e il 1945 sul fiume Ebro nella Spagna settentrionale, tra la regione cantabrica di Campo-Los Valles e della regione di Burgos. Ha un'altezza massima di 34 m, e una superficie di circa 6.000 ettari, è in grado di contenere 540 milioni di metri cubi d'acqua. Oltre che per l'approvvigionamento urbano e agricolo il pantano dell'Ebro ha un'importante funzione ecologica e la Società Ornitologica Spagnola ha pubblicato una relazione in cui si specifica che il pantano dell'Ebro è una delle zone umide più interessanti in Spagna dal punto di vista ornitologico e soprattutto per la presenza consistente di popolazioni di uccelli acquatici.

Schema 8 (nella pagina accanto): sistema delle dimensioni del paesaggio del Pantano del Ebro. Fonte: elaborazione propria

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari



Sistema di fruizione molto esteso e capillare, soprattutto in ambito sportivo

Funzione ecologica e biodiversità molto elevate, soprattutto per quel che concerne l'avifauna

Approvvigionamento irriguo dell'area

Approvvigionamento urbano

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi cibernetic:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

Il lago di Serre-Ponçon si trova nella Francia sud-orientale ed è uno dei più grandi laghi della nazione e dell' Europa occidentale, con un'altezza di 123 metri. Il lago raccoglie le acque dei fiumi Durance e Ubaye.

Le funzioni svolte da questo invaso artificiale riguardano principalmente, la produzione di energia idroelettrica e l'approvvigionamento irriguo per circa 1.550 Km² di superficie agricola.

Il lago riceve ogni anno migliaia di turisti anche perché situato vicino al parco naturale de Ecrins, una riserva di circa 100.000 ettari che ha una vasta offerta escursionistica. Il lago è attrezzato per svolgere molte attività tra cui vela, canottaggio, sci nautico e kite surf.

Schema 9 (nella pagina accanto): sistema delle dimensioni del paesaggio del Lac de Serre Ponçon. Fonte: elaborazione propria

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari



Sistema di fruizione molto esteso e diversificato



Approvvigionamento irriguo per 1500 Km² di superficie



Produzione di energia idroelettrica attraverso l'utilizzo di 16 centrali

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi cibernetic:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

III PARTE

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

4_I sistemi di relazione

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

In questo capitolo di analizzano gli “strati” territoriali individuati (ecologico, produttivo, metabolico, della mitigazione del rischio e fruitivo) attraverso le relazioni che instaurano, sovrapponendosi, intrecciandosi o ignorandosi.

L'indagine pone sul tavolo tre questioni: l'idea di sistema, i processi di relazione e la necessità di uno strumento utilizzabile in termini di pianificazione delle relazioni.

Questa fase si conclude con lo studio di due casi, uno in Catalogna, nel capitolo 5, e uno in Sardegna, nel capitolo 6, in cui i concetti teorici espressi troveranno concretezza nell'indagine sui territori specifici.

4.1 L'idea di sistema e i processi di relazione

Un sistema è caratterizzato dalla molteplicità e varietà delle componenti presenti, dalla loro interdipendenza e complementarità, dalla continuità nello spazio e nel tempo, ma anche dalla non staticità e dalla tendenza a conseguire un equilibrio. L'idea di sistema ha in sé dei requisiti molto utili alla pianificazione idrica, infatti, opera proprio con la particolare capacità di cogliere o stabilire delle “relazioni” fra le diverse funzioni o scenari.

Il sistema è stato definito da Von Bertalanffy¹¹⁴, biologo fondatore della teoria dei sistemi, un “insieme di elementi interagenti, connessi da interazioni (relazioni)”.

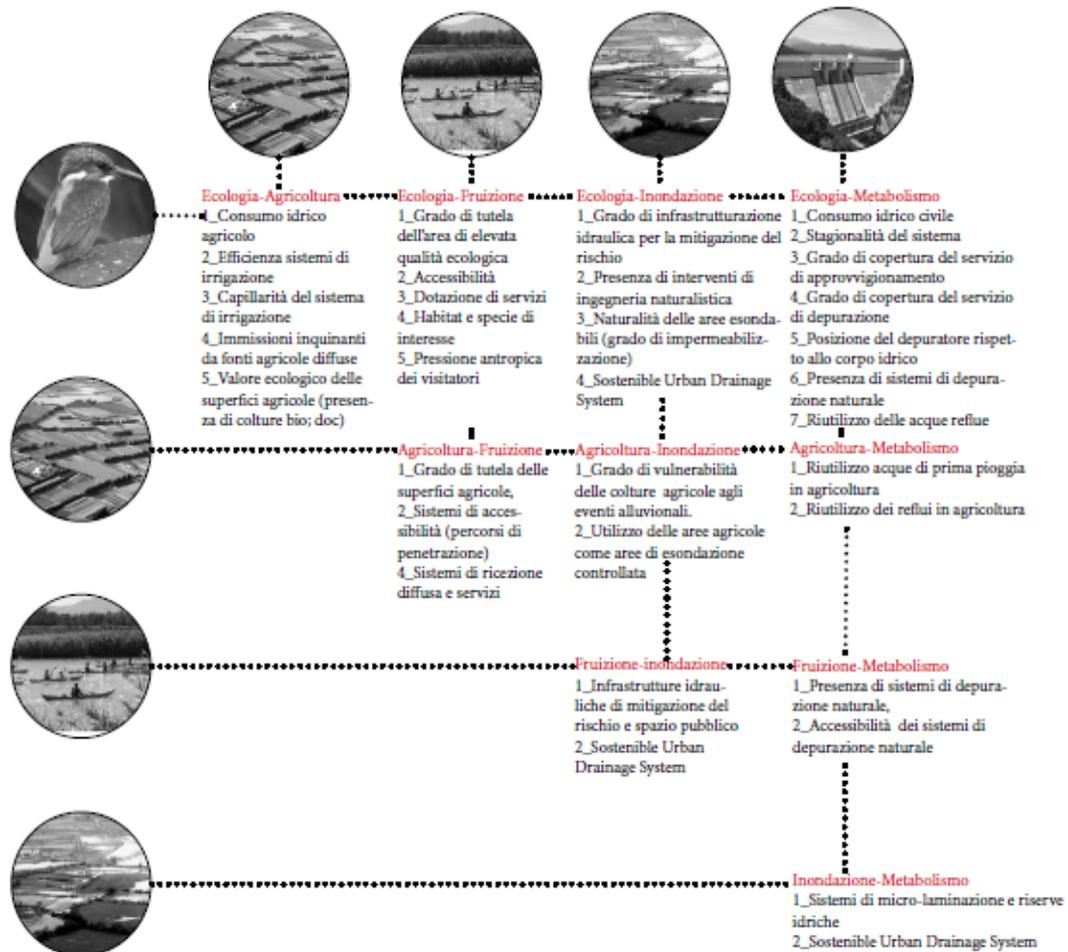
La pianificazione dei sistemi idrici, oggi, deve tendere alla pianificazione delle relazioni anzi che di oggetti, di sistemi dinamici anziché statici, che si avvicinano alle forme geografiche. Una pianificazione come struttura di interazione e di dialogo che istituisce relazioni trasversali tra gli strati territoriali.

4.2 Lo strumento: la matrice dei processi di interazione

Mettendo a sistema le diverse dimensioni del paesaggio individuate nel capitolo 3, e utilizzando un sistema matriciale, emergono questioni cruciali derivanti dai processi di relazione che, se valutate, ci possono indirizzare nella comprensione delle priorità

¹¹⁴ In Bertalanffy (von) Ludwig, Lineamenti di teoria generale dei sistemi, Isedi, Milano (1971)

di intervento:



Schema 10: Matrice dei processi di interazione. Fonte: elaborazione propria

La matrice è dunque lo strumento che assegna più importanza alle interazioni tra le componenti che alle componenti stesse, in questo caso rappresentate dalle stratificazioni dei paesaggi dell'acqua e, in questo senso, determina un cambiamento del punto di vista che indaga sugli scambi, fisici e non, che esistono tra queste diverse dimensioni.

Nei casi studio presi in esame si approfondiranno in particolar modo le relazioni instaurate tra la funzione ecologica, quella che risulta più problematica, e le altre

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

funzioni, quindi verranno analizzati i seguenti temi emergenti dalla matrice:

_impronta idrica agricola, intesa come impatto della domanda idrica agricola rispetto ad un sistema idrico;

_capillarità del sistema di irrigazione, intesa come superficie agricola attrezzata dotata di sistema irriguo centralizzato;

_immissioni inquinanti da fonti agricole, intese come carico di sostanze inquinanti che il sistema agricolo immette nel sistema idrico ricettore;

_valore ecologico delle superfici agricole, inteso come capacità delle superfici agricole di consentire un'ampia diversità di habitat e di specie di interesse comunitario;

_grado di tutela dell'area, inteso come la valutazione delle forme di tutela presenti nel sistema idrico;

_accessibilità fisica all'area di interesse;

_dotazione di servizi che agevolino la fruizione dell'area di interesse;

_habitat e specie di interesse, intesi come indicatori della qualità ecologica dell'area

_pressione antropica dei visitatori;

_grado di infrastrutturazione idraulica per la mitigazione del rischio, inteso come la presenza di opere idrauliche di elevato impatto sull'ecosistema;

_naturalità delle aree esondabili, intesa come la capacità delle aree di esondazione fluviale di assorbire le piene senza per questo determinare alti livelli di rischio;

_impronta idrica civile, intesa come impatto della domanda civile rispetto al un sistema idrico;

_stagionalità del sistema, intesa come fluttuazione estate/inverno della domanda idrica e della produzione di reflui;

_grado di copertura del servizio di approvvigionamento e depurazione;

_posizione dei depuratori rispetto al corpo idrico sensibile;

_presenza di sistemi di depurazione naturale in particolare di bacini di lagunaggio o di sistemi di fitodepurazione;

Verdina Satta

"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"

Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

_riutilizzo delle acque reflue per scopi ecologici, irrigui o civili.

4.3 I parametri utilizzati

Per ogni tema emergente sono stati individuati alcuni parametri valutabili e confrontabili, alcuni si ripetono sia nell'analisi di sistemi umidi costieri che in quella degli invasi artificiali, altri invece sono specifici di uno o dell'altro contesto. Tutti concorrono, comunque, a definire la rilevanza delle criticità e delle potenzialità e alla costruzione di una strategia operativa efficace.

4.3.1 Parametri utilizzati per le zone umide costiere

1_porzione della domanda irrigua rispetto alla domanda totale [%]:

E' un parametro che descrive l'influenza delle richiesta irrigua annuale rispetto al totale della richiesta idrica nell'intero bacino idrografico di riferimento. E' valutato sulla base delle richieste idriche medie annuali irrigue [m³/anno] rispetto alle richieste idriche medie annuali totali [m³/anno]. L'utilità di questo parametro sta nella valutazione dell'effettiva influenza del settore agricolo sui consumi idrici, rispetto alla somma di tutti gli altri utilizzi della risorsa. E' importante nella valutazione dell'equilibrio sistemico delle aree umide in quanto determina consistenti modifiche negli assetti idrologici ed ecologici, spesso provocando l'impossibilità di sostenere le aree umide costiere con un apporto idrico minimo necessario a garantire la salvaguardia degli equilibri fisici, chimico-fisici e biologici dei corpi idrici.

2_fabbisogno medio idrico unitario [m³/ha anno]

E' un parametro che definisce la sostenibilità idrica del mosaico agricolo: viene preso in considerazione l'intero bacino idrografico che ricade sul sistema umido costiero in esame, vengono individuate le colture agricole presenti e le superfici da esse

interessate e viene assegnata ad ogni coltura una richiesta idrica media annuale valutata in m³/ha anno. Questo determina una domanda irrigua media che indica la presenza o meno di colture fortemente idro-esigenti.

3 grado di capillarità del sistema irriguo [%]

Definisce la porzione di superficie agricola irrigata rispetto alla superficie agricola potenzialmente irrigabile dell'intero bacino idrografico di riferimento. E' un parametro importante nei territori in cui l'agricoltura costituisce un'economia centrale, per capire in che misura il sistema agricolo si serva di un sistema irriguo e, d'altra parte, quale sia la superficie che ricorre a metodi di utilizzo della risorsa idrica autonomi come i sistemi di prelievo dalla falda sotterranea, che, specialmente in prossimità delle aree costiere, possono determinare fenomeni di intrusione salina.

4 rapporto di efficienza irrigua [%]

Il parametro mira alla comprensione delle cause che possono provocare una richiesta idrica agricola eccessiva e viene valutato sull'intero bacino idrografico che ricade nel sistema umido costiero. I metodi di irrigazione possono seguire diverse modalità di distribuzione dell'acqua, se sono poco efficienti si arriva a disperdere quantità idriche consistenti. I metodi di irrigazione vengono valutati sulla base dei censimenti dell'agricoltura, laddove il dato sia disponibile, e ad ogni tecnica di irrigazione viene associato un livello di efficienza, viene dunque effettuata la media pesata sulle superfici e viene valutato un rapporto di efficienza totale. L'utilizzo inefficiente della risorsa idrica, specialmente quella proveniente dalle falde sotterranee e estratta attraverso l'utilizzo di pozzi, può provocare conseguenze molto gravi negli equilibri ecosistemici con il rischio che si manifestino fenomeni di intrusione salina. C'è da precisare che, se da un lato questo parametro determina conseguenze nello "spreco" della risorsa idrica, d'altro lato l'inefficienza irrigua ha alcuni impatti positivi: l'acqua in eccesso può infiltrarsi e confluire negli acquiferi

sotterranei o alimentare per scorrimento superficiale o sotterraneo le aree umide costiere, costruendo dunque *paesaggi dell'inefficienza*, che non sono necessariamente degradati, ma, al contrario, contribuiscono allo sviluppo ecologico.

5_rilascio medio di fosforo da fonte agricola diffusa [Kg/ha anno]

E' un parametro che indica l'influenza del sistema agricolo sullo stato qualitativo dei corpi idrici recettori e in questo caso dei sistemi umidi costieri. La valutazione del fosforo avviene perché la sua presenza in alte concentrazioni è da considerarsi una delle principali cause dell'eutrofizzazione dei sistemi umidi costieri ed è il parametro fondamentale su cui intervenire per limitare le conseguenze di questo fenomeno. I sistemi agricoli sono infatti spesso una delle fonti di immissioni inquinanti vagamente controllate anche per la loro caratteristica di diffusione nel territorio. L'indagine si è rivolta all'individuazione di un valore teorico che indichi il rilascio medio di fosforo di ogni copertura vegetale nel bacino idrografico di riferimento, eseguendo poi la media pesata di questo valore sulle superfici. L'individuazione dei coefficienti di immissione di fosforo è stata eseguita sulla base di molteplici studi del Dipartimento di Biologia Vegetale di Sassari¹¹⁵.

6_rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica diffusa [Kg/ha anno]

E' un parametro che indica l'influenza del sistema zootecnico sullo stato qualitativo dei corpi idrici recettori e, in questo caso, dei sistemi umidi costieri. Viene valutato associando ad ogni capo di bestiame un valore teorico che indica il rilascio medio di fosforo. Anche in questo caso l'individuazione dei coefficienti di immissione di fosforo è stata eseguita sulla base di molteplici studi del Dipartimento di Biologia Vegetale di Sassari¹¹⁶.

7_presenza di colture DO, IGP, o colture biologiche [%]

¹¹⁵ Sechi (1986); Sechi e Lugliè (1993)

¹¹⁶ Sechi (1986); Sechi e Lugliè (1993)

E' un parametro che viene valutato sull'intero bacino idrografico e che indaga la presenza di superfici agricole che abbiano una certificazione DOP (*Denominazione di Origine Protetta*), IGP (*Indicazione Geografica Protetta*) o che siano riconosciute come colture biologiche rispetto alla superficie agricola totale. Ovviamente queste certificazioni assumono un significato relativo, infatti i piccoli proprietari terrieri difficilmente sono dotati di un marchio riconosciuto, ciò non significa che non portino avanti sistemi di produzione agricola sostenibili e di qualità, ma i censimenti dell'agricoltura possono fornire questo dato solo su aziende biologiche certificate e su quelle con produzioni certificate DOP e/o IGP.

8 grado di tutela dell'area [adimensionale]

E' un parametro importante nella valutazione della presenza di figure di protezione che siano costruite per la tutela ecologica del territorio e che si occupino, nello stesso tempo, della gestione della frequentazione dell'area.

L'esistenza di figure di protezione ambientale è un fattore determinante nella relazione tra funzione di fruizione dei sistemi idrici e funzione ecologica, infatti sono strumenti che dovrebbero essere pensati per la protezione del sistema ma al contempo per la gestione della presenza umana nei luoghi, migliorandone la coesistenza.

Questo parametro valuta dunque la presenza di figure di protezione e di tutela dell'area quali area parco, zona di protezione speciale e siti di interesse comunitario.

Il parametro può variare da 0.1, corrispondente a un livello di tutela molto basso, a 0.5, corrispondente a un livello di tutela molto alto.

9 grado di accessibilità fisica [adimensionale]

Si riferisce alla possibilità di accesso al luogo fisico in esame, l'area umida costiera, con mezzi privati, con mezzi pubblici, e con la mobilità pedonale o ciclabile, valutando anche la presenza di percorsi indicati.

Viene calcolato valutando i seguenti aspetti e eseguendo la media fra tutti:

Accessibilità semplice e agevole dalle arterie principali con mezzi privati (0.1:0.5)

Presenza di parcheggi (0.1:0.5)

Accessibilità tramite mezzi pubblici (0.1:0.5)

Chiara indicazione dei percorsi pedonali (0.1:0.5)

Possibilità di realizzare percorsi in bicicletta (0.1:0.5)

Il parametro può variare da 0.1, corrispondente ad un'accessibilità molto bassa, a 0.5, corrispondente ad un'accessibilità molto alta.

10_ livello di dotazione di servizi dell'area [adimensionale]

E' un parametro qualitativo importante per definire l'organizzazione del sistema fruitivo in esame, che individua la presenza di punti informazioni, di aree di accoglienza, di materiale informativo e di eventi di coinvolgimento della popolazione.

Il parametro può variare da 0.1, corrispondente ad un livello di dotazione di servizi molto basso, a 0.5, corrispondente ad un livello di dotazione di servizi molto alto

11_ numero di specie di interesse comunitario [adimensionale]

Valuta le specie di interesse comunitario presenti nel sito e incluse nella DIRETTIVA HABITAT 92/43/CEE

12_ numero di habitat di interesse comunitario [adimensionale]

Valuta il numero di habitats presenti nel sito e inclusi nella DIRETTIVA HABITAT 92/43/CEE

13_ numero di visitatori [adimensionale]:

Valuta il numero di visitatori annui del sistema lagunare costiero .

E' un parametro utile alla comprensione delle effettive dinamiche del turismo locale e

della capacità di attrazione dei luoghi presi in esame. Non sempre è possibile la stima di questo dato, laddove non esistano enti strutturali di indagine, controllo, gestione e report dell'area umida costiera.

14_presenza di infrastrutture idrauliche di elevato impatto ambientale e paesaggistico [adimensionale]

Valuta qualitativamente la presenza di infrastrutture idrauliche invasive dal punto di vista ambientale e paesaggistico: grandi rettificazioni o deviazioni fluviali, arginature rigide, canalizzazioni, canali interrati, sbarramenti, derivazioni o canali scolmatori.

Il parametro può variare da 0.1, corrispondente ad una presenza di infrastrutture idrauliche molto bassa, a 0.5, corrispondente ad una presenza di infrastrutture idrauliche molto alta

15_presenza di superfici permeabili nelle aree a rischio idraulico [%]

Valuta la porzione di superficie caratterizzata da permeabilità pari o superiore al 70%, nell'area di esondazione fluviale, sulla base della copertura del suolo, per stimare la presenza di superfici che siano in grado di assorbire i fenomeni piovosi intensi.

16_domanda civile rispetto alla domanda totale [%]

E' un parametro che descrive l'influenza delle richieste idriche civili rispetto al totale della richiesta idrica nell'intero bacino idrografico di riferimento. E' valutato sulla base delle richieste idriche medie annuali [m³/anno] per scopi civili rispetto alle richieste idriche medie annuali totali [m³/anno]. E' utile per capire quale sia la effettiva influenza dei fabbisogni urbani sui consumi idrici, rispetto alla somma di tutti gli altri utilizzi della risorsa. E' importante nella valutazione dell'equilibrio sistemico delle aree umide in quanto determina importanti modifiche negli assetti idrologici e ecologici.

17_Dotazione media per abitante equivalente[l/ab eq giorno]

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

Valuta la dotazione media per abitante equivalente delle popolazioni del bacino idrografico connesso al sistema umido costiero.

18_grado di variabilità stagionale del sistema [%]

Valuta i picchi di richieste idriche registrate durante l'anno rispetto al numero richieste idriche medie. E' un parametro importante per definire le possibili variazioni di domanda idrica e nel sistema di depurazione dei reflui. I picchi estivi in molti territori sono infatti una delle cause principali dell'entrata in crisi dei sistemi di approvvigionamento (in caso di annate secche) e soprattutto dei sistemi di depurazione, che non riescono ad assorbire importanti variazioni di portata dei reflui.

19_grado di copertura del servizio di acquedotto [%]

Definisce il numero di abitazioni connesse al sistema di acquedotto rispetto alle abitazioni totali. E' un parametro importante per capire in che misura il sistema di approvvigionamento civile si serva del sistema di adduzione e, d'altra parte, quale sia la quantità di abitazioni che ricorre a metodi di utilizzo della risorsa idrica autonomi come i sistemi di prelievo dalla falda sotterranea.

20_grado di copertura del servizio di depurazione [%]

Definisce il numero di abitazioni connesse al sistema fognario rispetto alle abitazioni totali. E' un parametro importante per capire in che misura il sistema di trattamento dei reflui civili si serva del sistema fognario e di depurazione cittadina e d'altra parte, quale sia la quantità di abitazioni che ricorre a metodi di depurazione propri che spesso implicano una immissione di sostanze inquinanti nei corpi idrici ricettori molto più ampia.

21_posizione del depuratore rispetto al corpo ricettore [adimensionale]

L'immissione dei reflui depurati direttamente nel corpo idrico ricettore lagunare

costiero può causare fortissimi squilibri ecosistemici, l'immissione degli stessi reflui in corpi idrici fluviali, specialmente se dotati di portate consistenti e di sistemi vegetali che attuano una funzione depurativa naturale, può comportare dinamiche auto-depurative molto più efficaci e permettere alle acque di arrivare ai sistemi umidi costieri in condizioni qualitative migliori.

La distanza del depuratore rispetto al sistema umido costiero sensibile, intesa come distanza tra il punto in cui i reflui vengono immessi nel sistema idrografico e l'area umida costiera può fornire, dunque, un'informazione importante rispetto alle conseguenze che l'immissione dei reflui potrebbe comportare sul sistema ecologico. Il parametro può variare da 0.1, corrispondente ad una distanza del depuratore dal corpo ricettore molto bassa, a 0.5, corrispondente ad una distanza molto elevata.

22_ livello di riutilizzo delle acque reflue [adimensionale]

Il riutilizzo delle acque reflue depurate può essere considerato un importante passo nell'ambito di un uso più razionale della risorsa idrica.

In particolare le possibilità di riutilizzo prevedono l'uso irriguo per i sistemi di irrigazione, l'uso civile per il lavaggio delle strade, per l'alimentazione dei sistemi di riscaldamento e raffreddamento e per l'alimentazione delle reti duali di adduzione, l'uso industriale per le riserve antincendio e per i lavaggi dei cicli termici. Il parametro può variare da 0.1, corrispondente ad un livello di riutilizzo molto basso, a 0.5, corrispondente ad un livello di riutilizzo molto alto.

23_ presenza di sistemi di depurazione naturale [adimensionale]

Valuta la presenza di sistemi di depurazione naturale quali fitodepurazione o lagunaggio.

Il parametro può variare da 0.1, corrispondente ad una presenza di sistemi di depurazione naturale molto bassa, a 0.5, corrispondente a una presenza di sistemi di depurazione naturale molto alta.

4.3.2 Parametri utilizzati per gli invasi artificiali

1_efficienza della rete irrigua [%]:

Questo parametro si basa su un metodo contenuto in Eficiencia de Riego ¹¹⁷, che valuta l'efficienza irrigua come prodotto dell'efficienza di conduzione, di distribuzione e di somministrazione nelle unità irrigue incluse in ogni parcella. L'efficienza totale sarà dunque la porzione somministrata alla singola parcella rispetto all'intero volume iniziale

2_rilascio medio di fosforo da fonte agricola diffusa a monte dell'invaso [Kg/ha anno]

E' un parametro che indica l'influenza del sistema agricolo sullo stato qualitativo dei corpi idrici ricettori e in questo caso degli invasi artificiali. La valutazione del fosforo avviene perché è considerata una delle cause principali dell'eutrofizzazione dei sistemi lacustri. L'indagine si è rivolta all'individuazione di un valore teorico che indichi il rilascio medio di fosforo di ogni copertura vegetale, eseguendo poi la media pesata di questo valore sulle superfici. L'individuazione dei coefficienti di immissione di fosforo è stata eseguita sulla base di molteplici studi del Dipartimento di Biologia Vegetale di Sassari¹¹⁸.

3_rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica diffusa a monte dell'invaso [Kg/ha anno]

E' un parametro che indica l'influenza del sistema zootecnico sullo stato qualitativo dei corpi idrici ricettori e in questo caso degli invasi artificiali. Viene valutato associando ad ogni capo di bestiame un valore teorico che indichi il rilascio medio di fosforo. Anche in questo caso l'individuazione dei coefficienti di immissione di fosforo

¹¹⁷ Lujàn Garcia J."Eficiencia del Riego"(1994).

¹¹⁸ Sechi, (1986); Sechi e Lugliè (1993)

è stata eseguita sulla base di molteplici studi del Dipartimento di Biologia Vegetale di Sassari¹¹⁹.

4_ presenza di colture DO, IGP, o colture biologiche a monte dell'invaso [%]

E' un parametro che viene valutato sull'intero bacino idrografico a monte dell'invaso e che indaga la presenza di superfici agricole che abbiano una certificazione DOP, IGP o che siano riconosciute come colture biologiche rispetto alla superficie agricola totale.

5_ grado di tutela dell'area [adimensionale]

E' importante nella valutazione della presenza di figure di protezione, che siano costruite per la tutela ecologica dell'area e che si occupino nello stesso tempo della gestione della frequentazione dell'area, come nel caso delle aree umide costiere.

Il parametro può variare da 0.1, corrispondente a un livello di tutela molto basso, a 0.5, corrispondente a un livello di tutela molto alto.

6_ grado di accessibilità fisica [adimensionale]

Si riferisce alla possibilità di accesso al luogo fisico con mezzi privati, con mezzi pubblici, e con la mobilità pedonale o ciclabile, e alla presenza di percorsi indicati.

Viene calcolato valutando i seguenti aspetti

Accessibilità semplice e agevole dalle arterie principali con mezzi privati (0.1:0.5)

Presenza di parcheggi (0.1:0.5)

Accessibilità tramite mezzi pubblici (0.1:0.5)

Chiara indicazione dei percorsi pedonali (0.1:0.5)

Possibilità di realizzare percorsi in bicicletta (0.1:0.5)

Il parametro può variare da 0.1, corrispondente ad un'accessibilità molto bassa, a 0.5, corrispondente ad un'accessibilità molto alta.

¹¹⁹ Sechi, (1986); Sechi e Lugliè (1993)

7_ livello di dotazione di servizi dell'area: [adimensionale]

É un parametro importante per definire l'organizzazione del sistema fruitivo in esame, è un parametro qualitativo che individua la presenza di punti informazioni, di parcheggi, di aree di accoglienza, di materiale informativo e di eventi di coinvolgimento della popolazione.

Il parametro può variare da 0.1, corrispondente ad un livello di dotazione di servizi molto basso, a 0.5, corrispondente ad un livello di dotazione di servizi molto alto.

8_ numero di specie animali di interesse comunitario [adimensionale]

Numero di specie animali e vegetali presente nel sito inclusi nella DIRETTIVA HABITAT 92/43/CEE.

9_ numero di specie vegetali di interesse comunitario [adimensionale]:

Numero di habitats presenti nel sito inclusi nella DIRETTIVA HABITAT 92/43/CEE.

10_ numero di visitatori [adimensionale]:

Valuta il numero di visitatori annui del sistema artificiale.

E' un parametro utile alla comprensione delle effettive dinamiche del turismo locale e la capacità di attrazione dei luoghi presi in esame. Non sempre è possibile la stima di questo dato, laddove non esistano enti strutturali di indagine, controllo, gestione e report dell'area.

11_ volume di sicurezza (di laminazione) /volume totale [%]

Corrisponde al volume compreso tra la quota di massimo invaso e la quota di massima regolazione rapportato al volume totale d'invaso.

12_ dotazione media giornaliera per abitante equivalente [l/ab giorno]

Valuta la dotazione media per abitante equivalente delle popolazioni connesse

all'invaso artificiale.

13 grado di variabilità del sistema [%]

Valuta la variazione tra la domanda idrica estiva e quella invernale, tenendo conto della variazione del numero di abitanti, della domanda pro capite e dell'incremento della domanda irrigua. I picchi estivi in molti territori sono infatti una delle cause principali dell'entrata in crisi dei sistemi di approvvigionamento (in caso di annate secche).

14 presenza di sistemi di immissioni civili a monte dell'invaso [adimensionale]

L'immissione dei reflui depurati a monte dell'invaso artificiale potrebbe provocare problemi nella qualità delle acque. La valutazione della presenza di depuratori a monte dell'invaso indica una possibile criticità e rappresenta un'informazione importante rispetto alle conseguenze che le immissioni dei reflui potrebbero comportare sul sistema ecologico.

Il parametro può variare da 0.1, corrispondente ad una presenza di immissioni civili molto bassa, a 0.5, corrispondente a una presenza di immissioni civili molto alta.

15 presenza di sistemi di depurazione naturale a monte dell'invaso [adimensionale]

A l'immissione di reflui civili o agricoli nel bacino idrografico a monte dell'invaso artificiale potrebbero essere associati sistemi di depurazione naturale. La valutazione della presenza questi sistemi a monte dell'invaso rappresenta un'informazione importante rispetto alle conseguenze che le immissioni dei reflui potrebbe comportare sulla qualità delle acque e sul sistema ecologico dell'invaso.

Il parametro può variare da 0.1, corrispondente ad una presenza di sistemi di depurazione naturale molto bassa, a 0.5, corrispondente a una presenza di sistemi di depurazione naturale molto alta.

La matrice d'interazione, attraverso la valutazione dei suoi parametri, permetterà dunque di:

- sistematizzare le informazioni relative ai bacini idrografici provenienti dai vari piani di settore e da studi specifici;
- valutare globalmente le relazioni tra le diverse dimensioni del sistema;
- valutare il livello di squilibrio del sistema;
- individuare le principali criticità e le potenzialità dal punto di vista della gestione della risorsa idrica in tutti i suoi aspetti;
- delineare alcune azioni guida per la progettazione e la pianificazione che tengano insieme i diversi temi trattati attraverso un approccio sistemico;
- applicare la metodologia proposta a diversi contesti territoriali rendendone possibile il confronto e lo studio comparativo.

D'altra parte l'utilizzo di una matrice che incorpori al suo interno tutti questi aspetti ha alcuni punti deboli:

- la necessità di valutare complessivamente tutti gli aspetti elencati implica una perdita di dettaglio delle informazioni, che, nonostante spesso risultino superflue ai fini dell'individuazione di strategie operative efficaci, in alcuni casi potrebbero essere importanti.
- la volontà di parametrizzare le relazioni tra le differenti dimensioni del paesaggio utilizza inevitabili semplificazioni che non sempre possono descrivere i territori in tutta la loro complessità.

Ciò nonostante, a fronte di una pianificazione idrica che si concentra settorialmente delle “caselle” rappresentate dalle stratificazioni del paesaggio, esplorandone dettagliatamente i contenuti, risulta più interessante ai fini della trattazione, per tutte le motivazioni espresse finora, concentrarsi sulle connessioni tra le “caselle”, anche

se in alcuni casi può significare perdere alcune informazioni di dettaglio.

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

5_II Sistema Muga

Aiguamolls de l'Empordà - Embassment de Boadella

Catalogna - Spagna



Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

L'obiettivo del capitolo è quello di analizzare l'evoluzione che ha subito il bacino del rio Muga, in Catalogna, dal punto di vista dell'infrastrutturazione idraulica, e di descrivere le diverse funzioni che viene chiamato a svolgere il sistema idrografico. Vengono in seguito individuati, quali punti chiave del bacino, la diga di Boadella e l'Aiguamolls de l'Empordà, luoghi fisici nei quali la multifunzionalità idrica e i conflitti che questa comporta sono più evidenti. Attraverso l'applicazione della matrice di interazione e dei parametri individuati nel capitolo 4, verrà espresso il livello di squilibrio, la qualità dell'interazione tra i differenti usi e i fattori su cui agire con un grado di priorità più alto.

5.1 Inquadramento dell'area di studio

Il bacino idrografico del rio Muga si trova nel nord della Catalogna e si estende per un'area di circa 967 Km², e per una lunghezza di circa 64 Km, presentando diversità territoriali e paesaggistiche molto marcate tra le zone montagnose pireneiche, da cui sorge, e la piana dell'area valliva: la piana dell'Alt Empordà.

Il corso del rio Muga attraversa dimensioni paesaggistiche distinte dal *Catalogo del paesaggio delle Comarques Gironine*¹²⁰ nelle seguenti *unità di paesaggio*¹²¹:

_Salines-L'Albera: questo territorio è visibile da qualunque punto dell'Alt Empordà e costituisce lo sfondo paesaggistico di tutta l'area. Formato da una rete idrografica molto fitta di torrenti tributari del rio Muga, da boschi caducifoglie e prati pascolo che dominano il territorio, con un'agricoltura poco sviluppata in cui gli uliveti sono le colture più diffuse.

_Els Aspres: è costituita da rilievi caratterizzati da sierre basse, soavemente ondulate, che si interpongono tra la Piana de l'Empordà, le sierre e le *Salines-L'Albera*. Il paesaggio è attraversato da diversi corsi fluviali di dimensioni modeste

¹²⁰ Catàleg de paisatge de les Comarques Gironines: la Legge 8/2005 dell'8 giugno, per la protezione, la gestione e la pianificazione del paesaggio della Catalogna ha individuato il catalogo del paesaggio quale nuovo strumento per l'introduzione di obiettivi di paesaggio nella pianificazione territoriale in Catalogna, adottando i principi e le strategie di azione stabiliti dalla Convenzione Europea del Paesaggio

¹²¹ Vengono definite nel Catàleg de Paisatge quali unità individuate sulla base della morfologia del territorio, rilievi, idrologia e acclività, e su aspetti identitari, sociali e culturali.

Verdina Satta

“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”

Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

tributari del Muga¹²². L'area boschiva è caratterizzata da sugherete e la superficie agricola si compone di importanti aree vitivinicole. In questo spazio si concentra buona parte della produzione della Denominazione di Origine dell'Empordà.

_Garroxa d'Empordà: è un'area di bassa montagna, di transizione tra l'Alta Garroxa e la piana Empordanesa, caratterizzata da un'alternanza di valli e spartiacque disposti quasi parallelamente, la copertura forestale predomina; il suolo agrario si estende soprattutto a sud-est e nella valle prossima al rio Muga. La maggior parte dei piccoli insediamenti presenti in questo tratto mantengono una trama urbana di origine medievale con castelli e fortificazioni di difesa, come Lladó, Boadella d'Empordà i Sant Llorenç de la Muga.

_Piana de l'Empordà: è una piana agricola molto influenzata da dinamiche di trasformazione paesaggistica, in cui il passaggio da coltivazioni secche a quelle irrigue è uno dei fenomeni più evidenti, che comporta una omogenizzazione del paesaggio, come anche una retrocessione della biodiversità agricola.

Il rio Muga è il centro idraulico della Comarca dell'Alt Empordà (Ribas, Saurí, Ventura)¹²³ e, a causa della sua posizione, il suo bacino idrografico è stato un luogo di passaggio, che ha innescato dinamiche di formazione di diversi insediamenti umani e che è diventato centro di diverse opere di progettazione idraulica di grande qualità architettonica che oggi costituiscono un insieme di testimonianze dell'evolversi dell'infrastrutturazione idraulica dell'area.¹²⁴

I rilievi di Cap de Creus e le montagne dell'alta Garrotxa circondano il territorio che si affaccia verso est sul mar Mediterraneo. Questa posizione determina le caratteristiche che rendono la piana molto fertile e produttiva dal punto di vista agronomico. La fascia costiera e la catena pireneica rappresentano le grandi

¹²² Il Llobregat d'Empordà, il Ricardell, il Merdançà e l'Orlina.

¹²³ Nell'articolo "Gestión del agua y conflictividad social en la cuenca del rio Muga" (2000) gli autori Montserrat Ventura Pujolar, Anna Ribas Palom e David Saurí Pujol analizzano la portata dei conflitti che la risorsa idrica ha generato nel bacino del Rio Muga, individuandone le cause nelle scelte di pianificazione e gestione della risorsa idrica.

¹²⁴ Pavon D. in "La gran obra hidràulica a les conques de la Muga e del Fluvià: dels projectes a les realitzacions(1850-1980)" (2007).

ancora oggi non concluso¹²⁶”

_alla foce del rio il sistema lagunare del Aiguamolls costituisce un presidio ecologico tra i più importanti della Catalogna e sicuramente il più emblematico, convertito in parco nel 1983, come conseguenza di lunghe battaglie di difesa, iniziate nel 1976, per fermare l'urbanizzazione selvaggia che intendeva realizzare una marina di 60.000 abitanti all'interno del sistema lagunare.

La scala utilizzata per le analisi varia da quella del bacino idrografico, a scale di maggior dettaglio che aiutano nell'approfondimento di dinamiche specifiche studiate nei sistemi dell' Embalse de Boadella e de l'Aiguamolls de l'Empordà, quali nodi centrali del sistema, nel senso di luoghi fisici nei quali i conflitti e le dinamiche territoriali emergono più radicalmente. Lo schema sopra riportato descrive il processo di costruzione di una strategia progettuale che tiene al suo interno i diversi aspetti legati alla risorsa e che li declina sui territori che affronta.

¹²⁶ Ribas A., Saurì D, Ventura M., in “Gestion del agua y conflictividad social en la cuenca del Rio Muga”(2000).

5.2 Le acque originarie

La piana alluvionale del rio Muga era storicamente un territorio ricco di acque stagnanti e palustri che si andarono via a via riducendo con il passare del tempo a causa della colonizzazione umana del territorio e delle diverse funzioni che la risorsa idrica fu chiamata a svolgere.

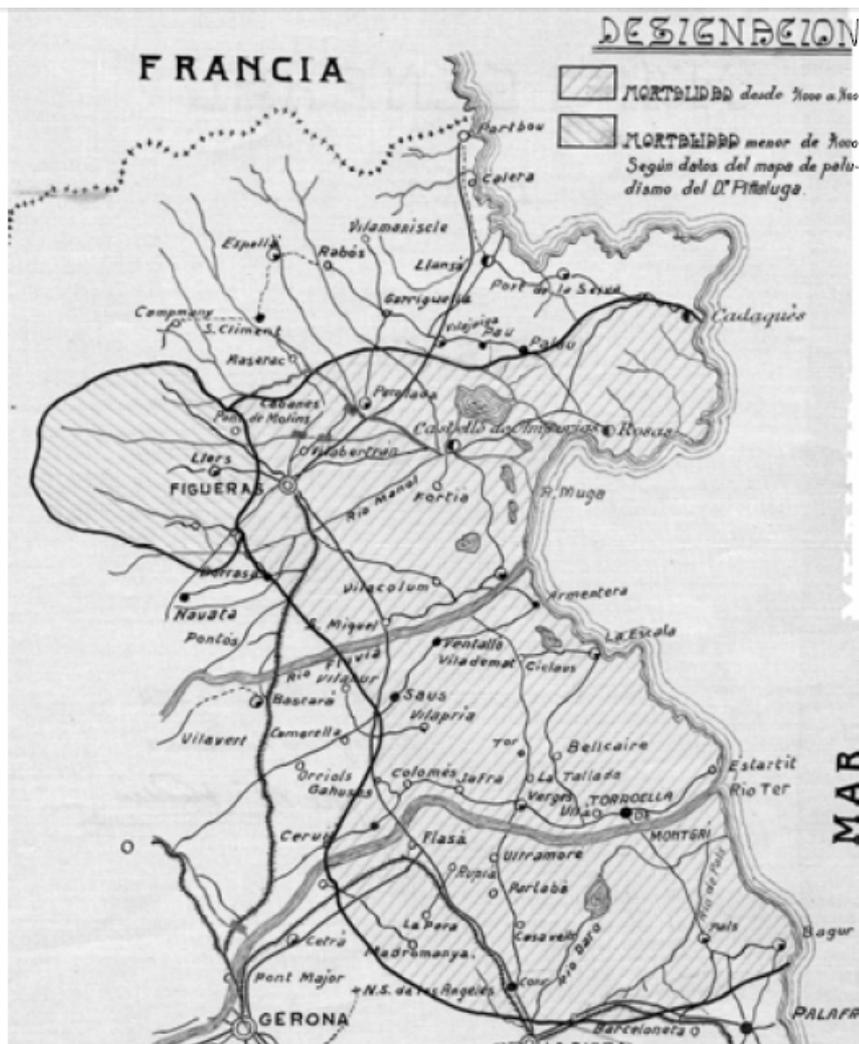


Fig. 5: carta delle aree umide dell'Empordà all'inizio del XX secolo. Fonte: Valdés 1920

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

L'agricoltura nel bacino idrografico del rio Muga, risale a tempi remoti, 4800-4500 a.C., alcuni studi paleobotanici dimostrano come ci fossero influenze antropiche nel paesaggio già dal 1000 a.C..

Durante il periodo Romano ci sono prove della parcellizzazione e del drenaggio delle aree allagate per scopi agricoli, in particolare nel II secolo a.C. le centuriazioni si adattano alle caratteristiche territoriali, fisiche, geologiche e idrografiche occupando le terre più stabili e meno soggette a fenomeni di inondazione.

Il medioevo rappresenta un momento importante nella relazione tra zone umide e processi di antropizzazione, infatti è da questo periodo che si rafforza e propaga il processo di dissecazione degli stagni, ci sono diversi documenti medievali in cui si fa riferimento ad aspetti espliciti relazionati all'utilizzo degli stagni, in particolare quello di Castelló, quali cambiamenti di proprietà della terra e concessioni per la pesca e per l'uso di imbarcazioni nello stagno. La documentazione che descrive il processo di modificazione antropica delle acque del bacino idrografico è scarsa, tuttavia un documento del IX secolo accenna a processi di bonifica del lago di Castelló. Le dimensioni di questo stagno devono essere state molto importanti, e si estendevano dal mare a Castelló d' Empuries, come descritto da Romagosa F.¹²⁷. In diversi testi, possiamo trovare citato il sito di Sant Joan Sescloses, un nome molto significativo perché fa riferimento alle *closes*: prati naturali che furono utilizzati come pascoli e che sono circondati da canali e da sottili fasce vegetate, costituiscono ancora oggi uno degli elementi del paesaggio più caratteristici dell'area litoranea del bacino del Muga¹²⁸. Il primo documento che si riferisce al drenaggio degli stagni per la realizzazione di prati pascolo e terreni agricoli è risalente al XIV secolo (Mar R., Ruiz J.¹²⁹) e ci sono diversi documenti che testimoniano la presenza di coltivazioni di riso nell'area a partire dalla prima metà del XV secolo (Barbaza Y.¹³⁰)¹³¹.

¹²⁷ Romagosa F. "Els Aiguamolls de l'Empordà, un paisatge en transformació" (2007)

¹²⁸ Romagosa F. "El proces historic de dissecacio d'estanys a la plana empordanesa"(2008)

¹²⁹ Mar R., Ruiz J., "Ampurias Romana. Historia, Arquitectura y Arqueologia" (1993)

¹³⁰ Barbaza Y., "El Paistage Humà de la Costa Brava"(1988)

¹³¹ Romagosa F. "El proces historic de dissecacio d'estanys a la plana empordanesa" (2008)

Il medioevo, nell'età media, è il periodo in cui si iniziano a sfruttare più intensamente le zone umide per la produzione alimentare, peschiera e agricola, tuttavia i macro-assetti idraulici possono ritenersi invariati, mantenendo una forma simile all'originaria fino al XVII secolo.

5.3 Le acque domate

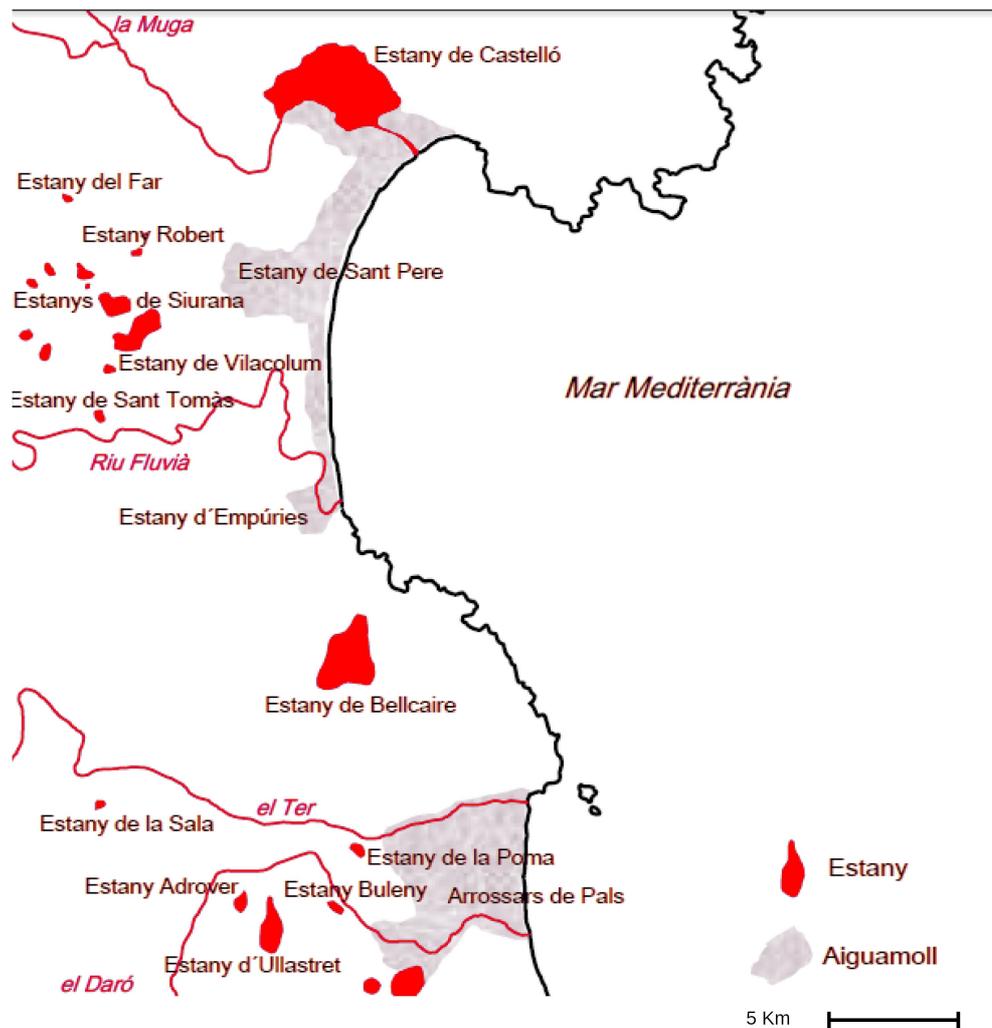


Fig. 6: Aree umide dell'Empordà nel 1800. Fonte: Romagosa (2008)

E' a partire dall'età moderna che i cambiamenti antropogenici nell'area causarono le modificazione più profonde nel territorio del bacino del rio Muga, attraverso

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

trasformazioni sostanziali negli assetti idraulici del sistema¹³². Il territorio era molto diverso da quello che conosciamo oggi perché era in gran parte dominato dalle acque, con lo stagno di Castellò nella parte più settentrionale, che rendeva difficile la coltivazione delle terre. Alcune aree umide sarebbero comunque scomparse per cause naturali, ma la percezione della popolazione dell' Empordà, che considerava le aree umide zone malsane, fastidiose e da eliminare e le esigenze legate al settore agricolo, che necessitava sempre maggiori terre a causa dell'incremento demografico, fece sì che nel XVIII-XIX secolo iniziasse un processo massivo di prosciugamento delle aree stagnali. Le terre di bonifica presentavano elevatissimi livelli di produttività ed erano molto fertili, la borghesia iniziò ad interessarsi a queste terre e ne incrementò ulteriormente l'utilizzo. Nel XIX secolo i progressi tecnologici velocizzarono questo processo attraverso l'utilizzo delle pompe a vapore.¹³³

Nonostante lo stagno di Castellò avesse già sperimentato alcuni processi di restringimento della superficie durante il medioevo, è nel XVI secolo che iniziò un autentico e definitivo processo di riduzione fino alla scomparsa nei secoli XIX e XX.

Contemporaneamente si realizzarono importanti interventi di rettificazione fluviale, il Rio Muga, così come i bacini adiacenti del Fluvià e del Ter subirono notevoli variazioni di tracciato, per evitare i frequenti fenomeni di inondazione e per favorire il drenaggio delle aree umide facilitandone lo sbocco a mare.

Il XX secolo fu il periodo storico in cui vennero pianificate e realizzate importanti opere idrauliche e di irrigazione per le Comarche Gironine, e in particolare nel rio Muga si decise di realizzare l'invaso di Boadella con la triplice funzione di mitigare il rischio inondazioni, di somministrare la risorsa idrica alle superfici colturali irrigue e di approvvigionare i centri urbani di Figueras e di Roses. La grande opera venne realizzata tra il 1959 e il 1969 e contribuì a rispondere, almeno momentaneamente, alla crescente domanda idrica che fu indispensabile per mantenere i livelli di crescita

¹³² Romagosa F. "El proces historic de dissecacio d'estanys a la plana empordanesa" (2008)

¹³³ Romagosa F. "El proces historic de dissecacio d'estanys a la plana empordanesa" (2008)

economica che si stavano manifestando nella piana¹³⁴.

L'agricoltura produttivista che si andava modernizzando in quegli anni, il turismo che si massificava e la crescita demografica dei nuclei urbani di Roses e Figueres imposero una condizione necessaria di approvvigionamento e regolazione della acque. La diga fu infatti una delle realizzazioni idrauliche che contribuirono allo “sviluppo” dell'intero territorio negli anni '60 e '70.

Così l'infrastruttura di Boadella, necessaria alla realizzazione del sistema irriguo del rio Muga, fu inserita all'interno dei Piani di Sviluppo Economico e Sociale¹³⁵.



Fig. 7: Urbanizzazione di Empuriabrava. Fonte: elaborazione propria

Dal punto di vista delle aree più pianeggianti e litorali la realizzazione della diga è una necessità imminente, d'altra parte i territori interni vedono l'opera come

¹³⁴ Pavon D., Tesi doctoral, La gran obra hidràulica a les conques de la Muga i del Fluvià: dels projectes a les realitzacions (1850-1980).

¹³⁵ Pavon D., Tesi doctoral, La gran obra hidràulica a les conques de la Muga i del Fluvià: dels projectes a les realitzacions (1850-1980).

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

un'espropriazione di aree fertili in un contesto che era già in forte recessione e colpito dall'esodo demografico verso la costa e le aree urbane, a favore di una piana agricola in pieno processo di modernizzazione e progresso con un incremento dell'urbanizzazione del territorio, che si protrasse fino alla fine del XX secolo, spinto da un turismo sfrenato, con processi irreparabili di impermeabilizzazione dei suoli e di artificializzazione degli ecosistemi litorali, contribuendo alla scomparsa di diverse specie vegetali e animali e alla perdita di importanti funzioni di regolazione idrologica delle inondazioni che svolgevano queste aree ¹³⁶

¹³⁶ Pavon D., Tesi doctoral, La gran obra hidràulica a les conques de la Muga i del Fluvià: dels projectes a les realitzacions (1850-1980).

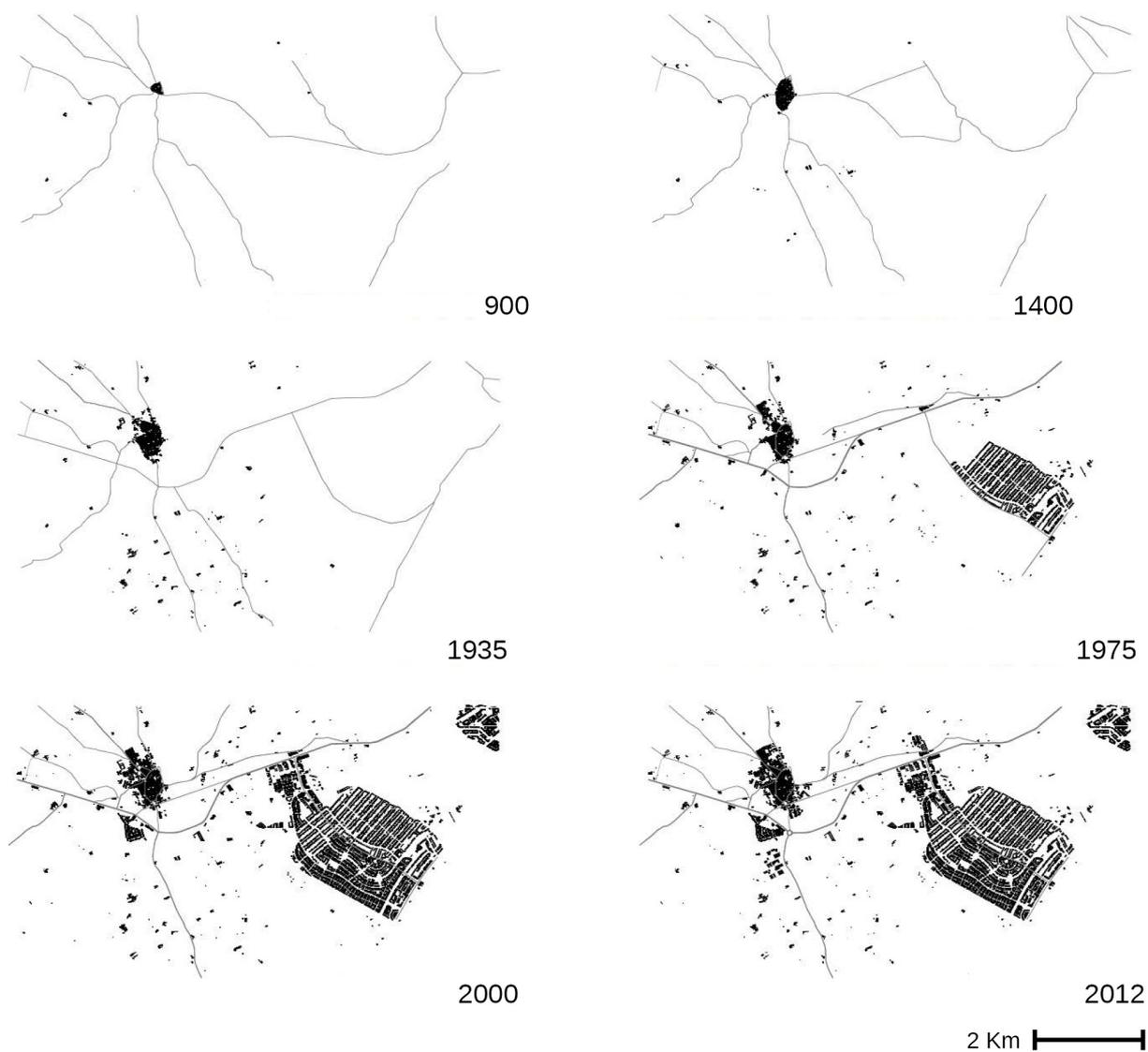


Fig. 8: Evoluzione dell'area urbana di Castello d'Empuries. Fonte: lavoro di elaborazione a partire dalle foto aeree svolto dagli studenti del Master in Pianificazione Politiche per la Città, l'Ambiente e il Paesaggio (Girona).

Le più importanti zone umide scomparvero seccandosi e trasformandosi in imponenti complessi residenziali di carattere turistico costituiti per lo più da seconde residenze attraversate da canali: la marina di Empuriabrava, così come quella di Santa

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

Margherita, sono ancora oggi esempi emblematici di un turismo di massa a cui ambiva il territorio.

Alcune aree umide situate più a sud rispetto all'urbanizzazione di Empuriabrava rischiarono di scomparire a causa di un tentativo di urbanizzazione che pretendeva di costruire una nuova marina residenziale per 60.000 abitanti, "Port Levant, *la ciutat navegable en el cor de l'Empordà*"¹³⁷.

La resistenza popolare iniziò negli anni '70 a partire da un gruppo di giovani attivisti che, in quel periodo, combatterono contro la distruzione di uno spazio che intuivano essere di interesse, ecologico, paesaggistico e culturale insostituibile¹³⁸. La lotta, ben raccontata dal documentario "tra il cielo e la terra"¹³⁹, riuscì a frenare questa operazione urbanistica e facilitò la protezione dell'area umida attraverso l'approvazione di una legge¹⁴⁰ che nel 1983 istituì il Parque de l'Aiguamolls de l'Empordà.

In seguito attraverso il convegno Ramsar, l'Aiguamolls venne considerato un'area umida di importanza internazionale e nel 1992 fu approvato il Plan de Espacios e Interes Natural (PEIN).

Una delle questioni irrisolte rispetto a questo sistema di aree umide è la loro frammentazione, la mancanza di connessione, e una visione localizzata, per questo le innovazioni rispetto a questi spazi si stanno muovendo per la diminuzione della loro vulnerabilità attraverso un miglioramento delle condizioni connettive dell'intero sistema.

5.4 Le acque usate

Il bacino idrografico del rio Muga e i suoi affluenti hanno costituito fino agli anni '60 un

¹³⁷ Fu uno degli slogan pubblicitari che promuoveva la nuova urbanizzazione costiera

¹³⁸ In Torns, M. (2000). "Aiguamolls de l'Alt Empordà. Set anys de lluita".

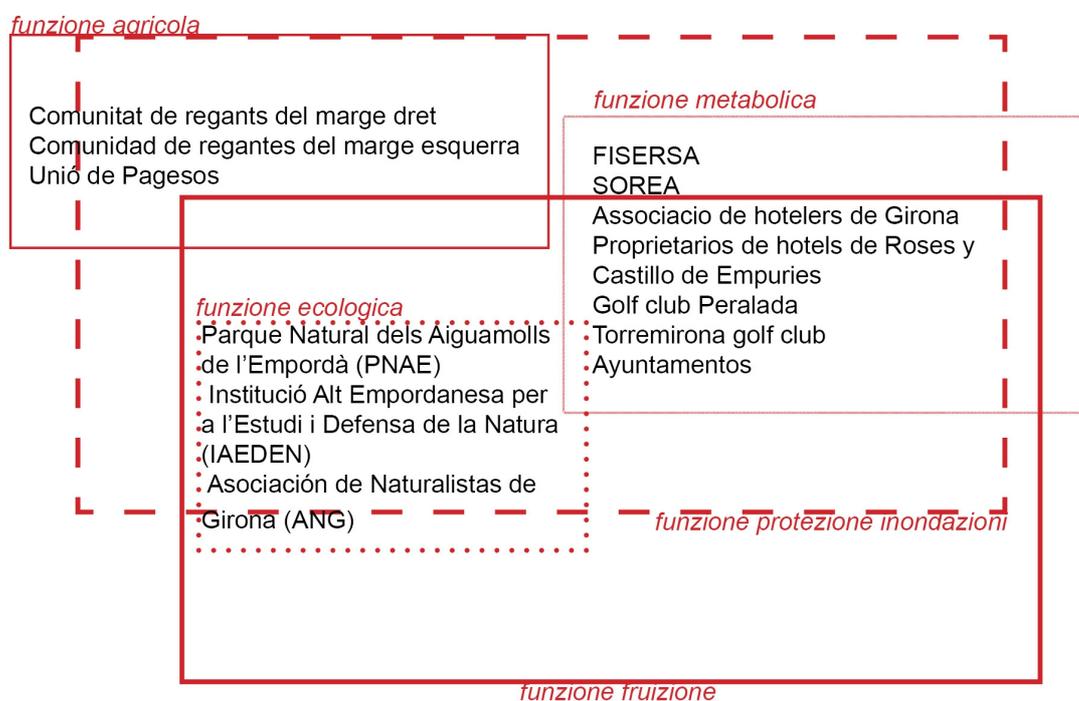
¹³⁹ "Entre el Cielo y la Tierra, 30 años de Aiguamolls de l'Empordà" di David Fernandez de Castro i Roman Parrado (2013)

¹⁴⁰ Legge 21/1983, del 28 di ottobre che dichiarò il sistema naturale di interesse nazionale e riserva integrale di zona zoologica e botanica de l' Aiguamolls de l'Empordà.

territorio eccedentario d'acqua¹⁴¹ ma, come abbiamo visto, gli avvenimenti degli ultimi decenni mutarono sostanzialmente gli equilibri del sistema, facendo emergere numerosi conflitti sociali, culturali e territoriali legati alla sovrapposizione di molteplici interessi.

L'evoluzione descritta nei paragrafi precedenti ha portato ad un assetto attuale del territorio che prevede l'utilizzo del sistema idrico allo scopo di assolvere diverse funzioni. Secondo la schematizzazione introdotta nel capitolo 3, la pluralità di funzioni che si trovano a svolgere questo tipo di sistemi idrici sono riassumibili in cinque grandi categorie: funzioni produttive, funzioni di protezione dall'inondazione, funzioni di fruizione/turismo, funzioni metaboliche e funzioni ecologiche.

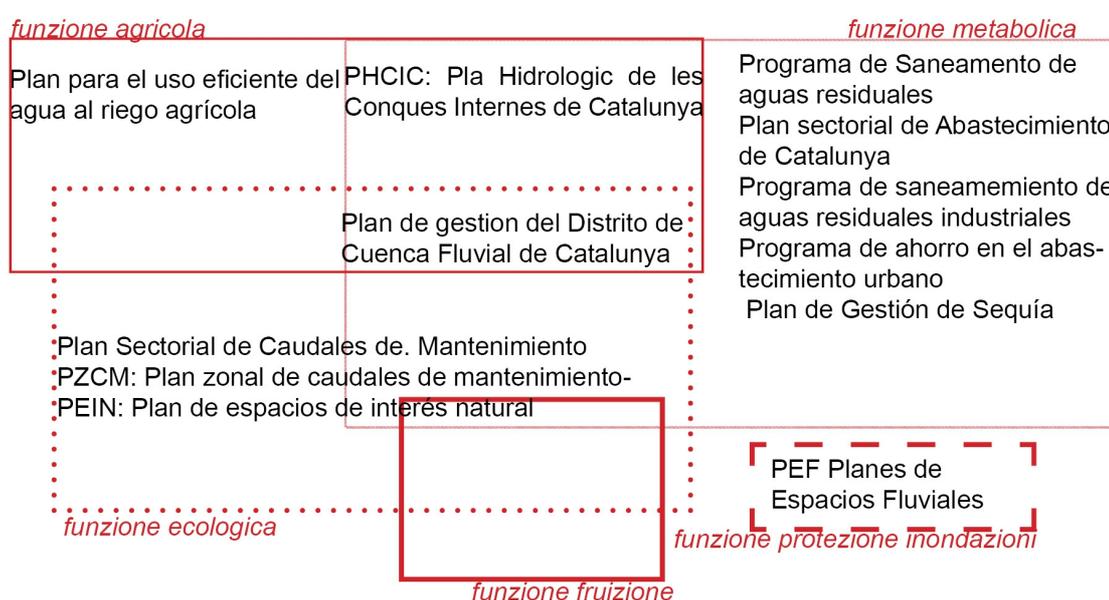
Il rio Muga, dalla presa di Boadella al mare, è considerato preliminarmente una massa di acqua fortemente modificata nel DCFC (Distrito de Cuenca Fluvial de Catalunya). Nel caso del bacino del rio Muga vediamo chiaramente che il moltiplicarsi delle funzioni connesse al sistema idrico ha comportato una difficoltà crescente nella pianificazione idraulica e nella gestione della risorsa. Diverse furono le tensioni generate da questa difficoltà, e molteplici gli attori coinvolti nel processo decisionale. Viene riportato nello Schema 12 il sistema delle entità coinvolte nei processi



Schema 12: Entità coinvolte della gestione delle diverse funzioni del sistema idrico rio del Muga. Fonte: elaborazione propria

decisionali e le funzioni alle quali fanno riferimento.

D'altra parte la pianificazione idrica ha prodotto negli anni diversi piani generali, come il Plan Hidrologico Nacional (interrotto) o il Plan de Gestion de Distrito de Cuenca Fluvial de Catalunya, o specifici, come i Planes de Espacios Fluviales o il Plan de Abastecimiento de Catalunya, che tentano di dare risposte alle numerose richieste in gioco, ma che raramente riescono a integrare i differenti utilizzi in una visione sistemica degli spazi idrici.



Schema 13: Pianificazione nel sistema idrico del rio Muga. Fonte: elaborazione propria

Nei paragrafi che seguono verranno analizzate le varie dimensioni funzionali che si sovrappongono nel territorio del bacino del Muga, interpretandone l'evoluzione e l'attuale assetto.

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi ciberneticici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

5.4.1 La dimensione ecologica

Come abbiamo detto, negli anni '70 si verificò un'importante rivendicazione popolare del valore ecologico delle zone umide dell'Alt Empordà: si sosteneva in particolar modo la rilevanza di un ecosistema capace di sviluppare un consistente numero di specie vegetali e animali. Nel 1983 il Parlamento Catalano dichiarò l'Aiguamolls de l'Empordà Spazio Naturale di Interesse Nazionale e Riserva Integrale e si svilupparono diverse strategie di conservazione ecosistemica di questi spazi lacustri, come il recupero di specie animali quali la lontra, la cicogna bianca, il daino, il recupero di antichi spazi lagunari oggi ormai prosciugati, la conservazione delle *closes*, "prati pascolo periodicamente inondati e circondati da alberi che impediscono l'impatto del forte vento di tramontana che soffia in questi territori"¹⁴².

Tutte queste rivendicazioni, peraltro necessarie per il ripristino di uno stato ecologico ottimale, hanno comportato nuove richieste idriche da assolvere.

Durante i primi anni di funzionamento il parco e la sua gestione si è orientata essenzialmente al migliorare gli habitats degli uccelli, senza tener conto di aspetti territoriali e sociali: la strategia iniziale, legata in particolar modo agli aspetti biologici, cede il passo negli anni ottanta ad un nuovo modello, quello della "seduzione ambientale", mentre negli anni novanta si manifesta una nuova tappa definita "gestione integrata dello spazio".

La rete idrografica che costituisce il parco è costituita da regimi idrologici, che non hanno nulla a che vedere con quelli di 50 o 100 anni fa, a causa delle centinaia di modificazioni antropiche che sono state realizzate nel bacino idrografico, una tra tutte, la costruzione dell'invaso artificiale. La principale strategia sviluppata dal parco cerca di ricostituire i regimi di inondazione naturali, che sono fondamentali per la sopravvivenza degli Aiguamolls e degli habitats umidi in generale, di conseguenza il controllo dell'acqua diventa fondamentale per il controllo della qualità e della biodiversità del parco. Questo controllo avviene attraverso la regolazione dei livelli

¹⁴² In Ribas, A.; Roset, D., Ventura M. (1998): Los cambios de usos del agua en el Alt Empordà (Girona): estategias de gestión y conflictividad de usos.

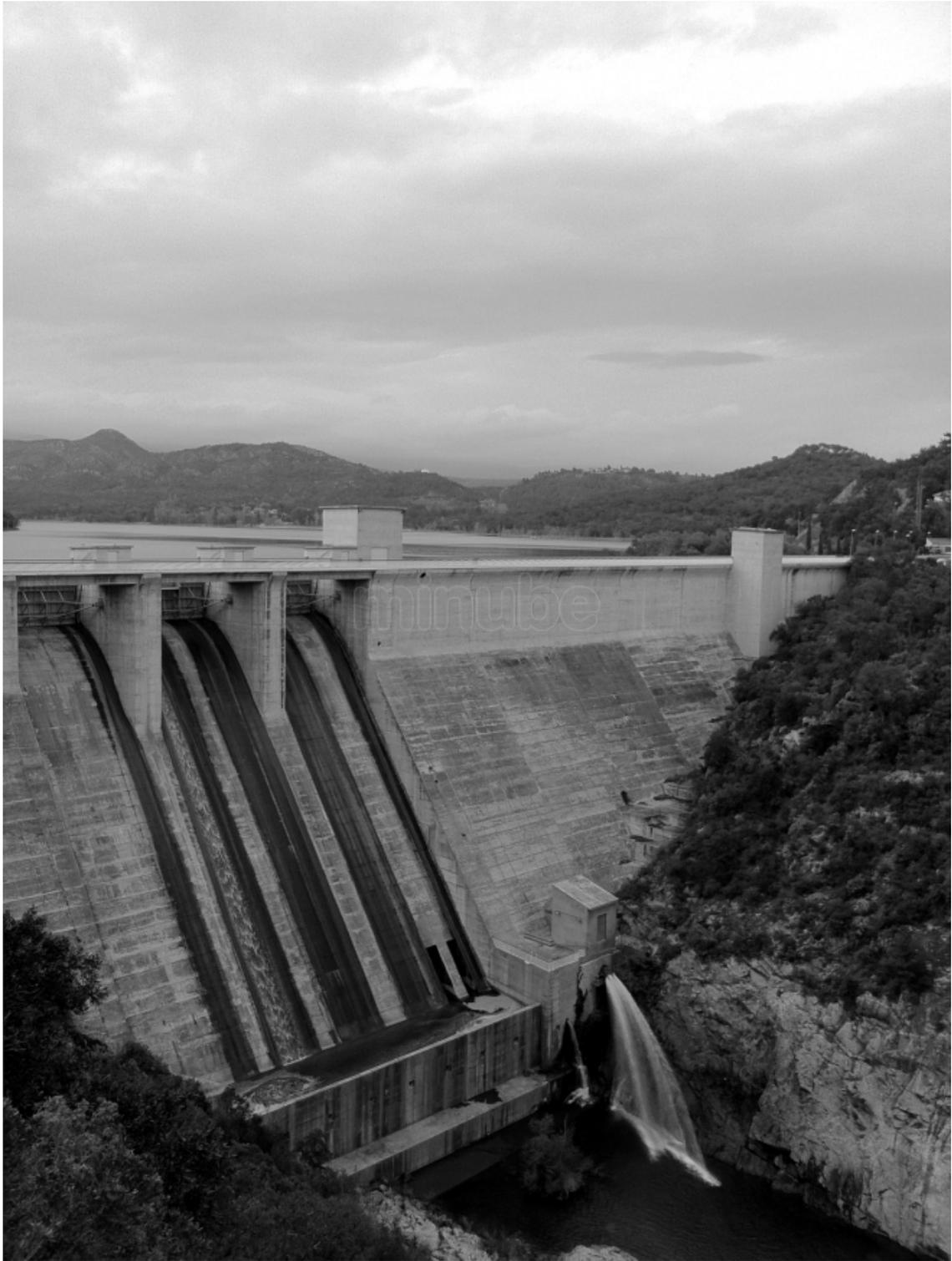


Fig. 9: Embalse de Boadella. Fonte: elaborazione propria.

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

idrici dei canali installando o recuperando paratie per la regolazione dell'entrata e dell'uscita dell'acqua dalle closes e dalle altre superfici facenti parte del parco.

“Più recentemente, i gruppi ecologisti della Comarca, così come diverse amministrazioni che hanno competenze sulla regolazione d'uso delle acque, hanno reclamato la necessità di mantenere le portate minime vitali necessarie ai corsi fluviali per garantire la conservazione ecosistemica. Così, ad esempio, il Piano Idrologico dei Bacini Interni di Catalunya, stabilisce che parte dell'acqua disponibile debba essere destinata ad assicurare il mantenimento di una portata minima vitale al fine di garantire la permanenza della comunità ecologica esistente”¹⁴³, in ottemperanza alla Direttiva Quadro Europea sulle Acque, e di mantenere il potere auto-depurante dei corsi d'acqua che ovviamente diminuisce al diminuire del flusso di portata. “Il Piano stabilisce che le opere di regolazione e di derivazione debbano garantire il mantenimento di queste portate minime e puntualizza che i volumi stabiliti non potranno essere destinati ad altri usi, ma costituiranno essi stessi una domanda d'acqua”¹⁴⁴. In Catalogna esiste anche un piano settoriale (PSCM: pla sectorial de caudal de manteniment) che è stato realizzato per il raggiungimento di questo obiettivo. Tuttavia, in previsione di possibili crisi idriche, è poco realistico poter rispettare questi obiettivi a discapito dell'approvvigionamento urbano o degli utilizzi irrigui.

Un'altra grande questione è legata alla qualità delle acque su cui vengono eseguiti controlli periodici e per la quale vengono promosse coltivazioni biologiche che evitino l'utilizzo di pesticidi, che rimangono comunque una piccolissima parte delle superfici agricole. La superficie delimitata dal parco, con i suoi vari livelli di protezione (PEIN), tuttavia non è l'unica area interessante da un punto di vista ecologico del bacino del Muga: la stessa diga di Boadella, pur avendo comportato nel primo periodo successivo alla sua costruzione uno stravolgimento degli equilibri ecosistemici, oltre

¹⁴³ In Ribas, A.; Roset, D., Ventura M. (1998): Los cambios de usos del agua en el Alt Empordà (Girona): estrategias de gestión y conflictividad de usos.

¹⁴⁴ In Ribas, A.; Roset, D., Ventura M. (1998): Los cambios de usos del agua en el Alt Empordà (Girona): estrategias de gestión y conflictividad de usos.

Verdina Satta

“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”

Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

che sociali e produttivi, costituisce oggi un presidio ecologico a cui gli esperti, biologi, ornitologi, rivolgono un marcato interesse.

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

5.4.2 La dimensione produttiva

L'agricoltura è stata storicamente la principale attività economica dell'area, nel passato composta da un mosaico di piccoli appezzamenti, negli ultimi decenni, in concomitanza con la grande infrastrutturazione idraulica, ha cambiato radicalmente il suo volto: le colture asciutte, costituite principalmente da vite e olivi, che necessitano di una quantità di acqua contenuta, continuano a far parte del paesaggio nelle aree più montagnose, ma hanno perso, in parte, la loro superficie lasciando estendere le masse forestali. D'altra parte le coltivazioni irrigue hanno aumentato considerevolmente le loro dimensioni.

L'incremento dell'offerta idrica e la costruzione della Diga di Boadella è sicuramente una delle cause scatenanti di questa rivoluzione agricola. Le aree irrigabili dalle canalizzazioni del rio Muga erano inizialmente progettate per un' area di 14830 ha. Questo progetto non è stato ancora concluso e sono stati realizzati 6531 ha di canali, All'interno di questo piano di irrigazione venne costruita una presa di derivazione a Pont de Molins, che trasferisce l'acqua proveniente dalla presa di Boadella. I benefici economici comportati dalla messa in opera di questo complesso sistema spinge gli agricoltori a rivendicare altre superfici agricole connesse al sistema irriguo.¹⁴⁵

Non a caso il *Pla Hidrologic de les Conques Internes de Catalunya*, dà la priorità all'uso d'acqua irriguo rispetto a quello industriale e nei conflitti che attualmente si sviluppano tra i differenti utilizzatori dei sistemi idrici le comunità agricole mantengono un importantissimo potere decisionale.

L'istituto nazionale di Riforma e Sviluppo ha stimato il consumo idrico medio della Comunidad de Regantes della pianura del Rio Muga intorno ai 35 hm³ annui, ovviamente nei mesi estivi si concentra la maggior parte della domanda irrigua¹⁴⁶.

¹⁴⁵ In Ribas, A.; Roset, D., Ventura M. (1998): Los cambios de usos del agua en el Alt Empordà (Girona): estrategias de gestión y conflictividad de usos.

¹⁴⁶ In Ribas A., Saurì D, Ventura M., "Gestion del agua y conflictividad social en la cuenca del Rio Muga"(2000).

Già da prima dell'entrata nell'unione europea, nell'anno 1986, erano stati realizzati cambiamenti radicali delle modalità di coltivazione agricola, l'investimento per l'intensificazione agraria generalizzata, oltre a comportare cambiamenti nelle coltivazioni, implicò la dipendenza indiretta, ma sempre crescente, degli agricoltori e degli allevatori da inputs agricoli quali fitosanitari, pesticidi, fertilizzanti, macchinari e carburante, implicando immissioni inquinanti nei corpi idrici recettori sempre più elevate. Un altro fortissimo fattore di modificazione in queste aree agricole è stato sicuramente l'entrata in vigore della Politica Agricola Comunitaria, che comportò, in generale, una conversione delle colture verso le varietà sovvenzionate. Gli effetti indiretti principali che sono emersi in seguito alla PAC, sono stati la promozione indiretta di sistemi agricoli intensivi e mono-specifici e la produzione di eccedenze. Nello specifico nella Piana dell' Empordà c'è stato un incremento notevole della produzione di latte, e il conseguente aumento di foraggio, frumento e mais necessarie all'alimentazione bovina. In un primo momento, prima che si prendessero dei provvedimenti normativi, le *closes* e altre aree prative che erano elementi caratteristici dei paesaggi dell'Alt Empordà sono state convertite in coltivazioni intensive.

Tuttavia le aree agricole della piana sono in gran parte definite dal PTPCG come aree di alto valore ambientale per la loro estensione, funzionalità ecologica e valore culturale, oppure sono aree agricole con denominazione di origine (DO), indicazione geografica protetta (IGP) o di produzione ecologica.

5.4.3 La mitigazione del rischio inondazioni

I fiumi catalani, i cui tracciati sono corti, si caratterizzano per picchi di piena molto importanti, che raggiungono valori di portata centinaia di volte più alti delle portate medie annuali. Alcune inondazioni avvenute nel rio Muga sono hanno determinato, nella sezione di chiusura, portate intorno ai 1000 m³/s, rispetto ad una portata media annua di 30 m³/s. Quando si verificano questi eventi il sistema stagnale e lagunare viene totalmente inondato. Nel caso del Muga questi eventi vengono chiamati

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

Mugades e ci sono stati diversi episodi che hanno generato grandi distruzioni nell'area alluvionale del rio. Già nel 1850 la Giunta Provinciale dell'Agricoltura di Girona descrive le azioni irresponsabili che avevano contribuito ad acuire gli effetti delle



*Fig. 10: Il sistema delle closes del Parque de l'Aiguamolls de l'Empordà.
Fonte: elaborazione propria.*

inondazioni, come la progressiva occupazione delle fasce più prossime al fiume da

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

parte di coltivazioni, l'eliminazione delle vegetazione riparia e la costruzione di recinti per uso privato, apportando una forte crescita dei livelli di piena così come nel trasporto solido e nell'erosione. La costruzione caotica di muri e barriere senza nessuno strumento pianificatorio determinava il beneficio di alcuni pregiudicando la condizione di altri.

Una delle motivazioni che spinsero alla costruzione della diga di Boadella, in effetti, fu proprio la necessità di mitigare il rischio idraulico e di proteggere il territorio dalle inondazioni.

L'altra grande opera di mitigazione del rischio idraulico fu la rettificazione del tratto finale del rio Muga attraverso la costruzione degli argini.



Fig. 11: Rettificazione Rio Muga, argine sinistro. Fonte: elaborazione propria

Nella sua parte alta ha un'ampiezza trasversale abbastanza limitata con canali stretti e profondi che minimizzano la possibilità di inondazioni, senza annullarla però, infatti si sono verificati alcuni episodi anche in queste aree come l'alluvione che colpì Sant Llorenç de la Muga nel 1992.

Nel suo tratto più pianeggiante la sezione fluviale aumenta la sua larghezza e si estende sulla piana empordanesa, sfociando con un sistema deltizio, in questa'area gli strati superficiali del suolo hanno caratteristiche poco permeabili, e la pendenza

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi ciberneticici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

media del tratto fluviale è molto bassa, questi fattori rendono l'area permanentemente allagabile, e le condizioni di rischio idraulico in cui versano diversi municipi sono molto gravi: Figueras, Vilafant, Vilabetran, Castillo d'Empuries, ricadono per porzioni molto elevate nella aree di rischio idraulico.

Il PEF el Plan Espacios Fluvial, delimita le aree di esondazione sulla base del periodo di ritorno di 10-100-500 anni.

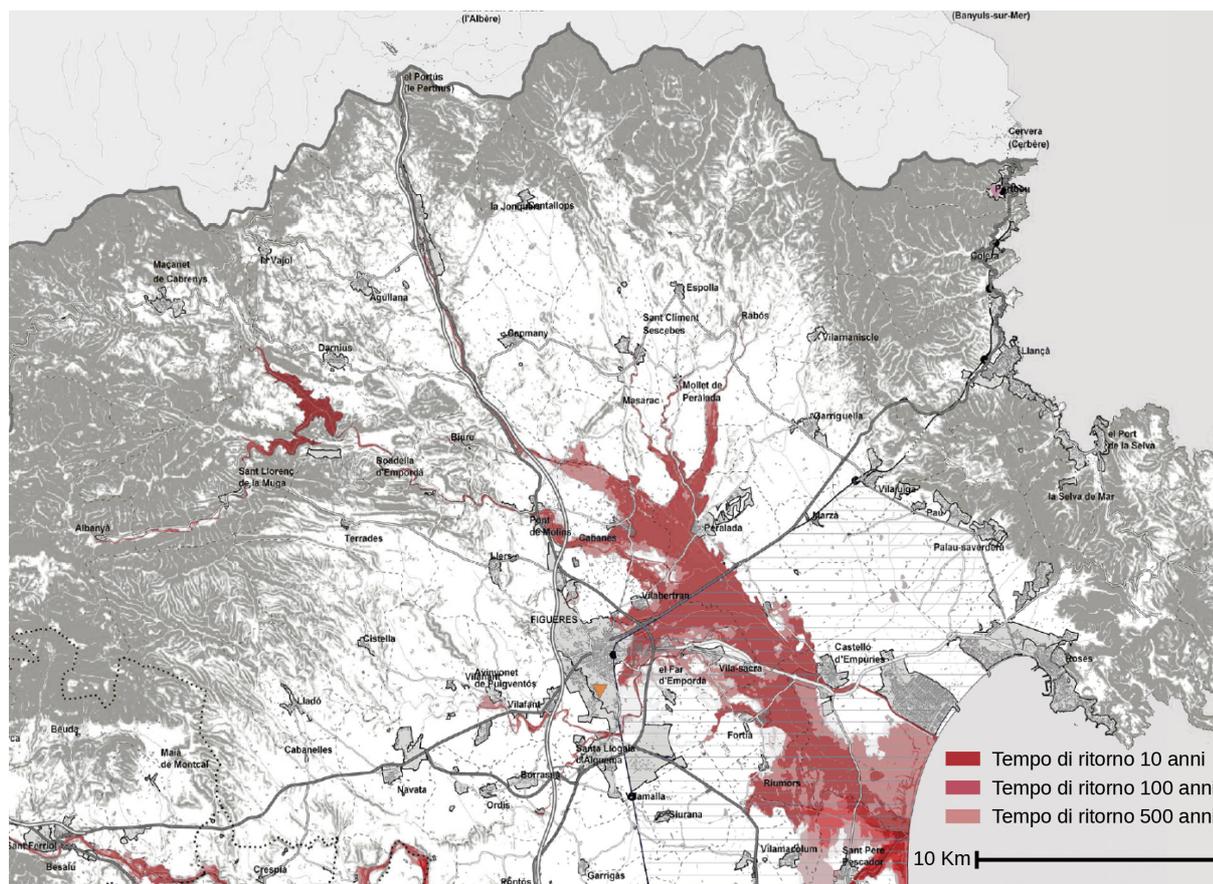


Fig. 12: La cartografia delle aree di inondazione consiste nell'associare le portate di piena a una certa probabilità di accadimento, quello che viene definito periodo di ritorno. Nel caso del Plan Espacios Fluviales PEF la cartografia è riferita a periodi di ritorno di 10, 100 e 500 anni.

Verdina Satta

“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”

Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

5.4.4 La funzione metabolica

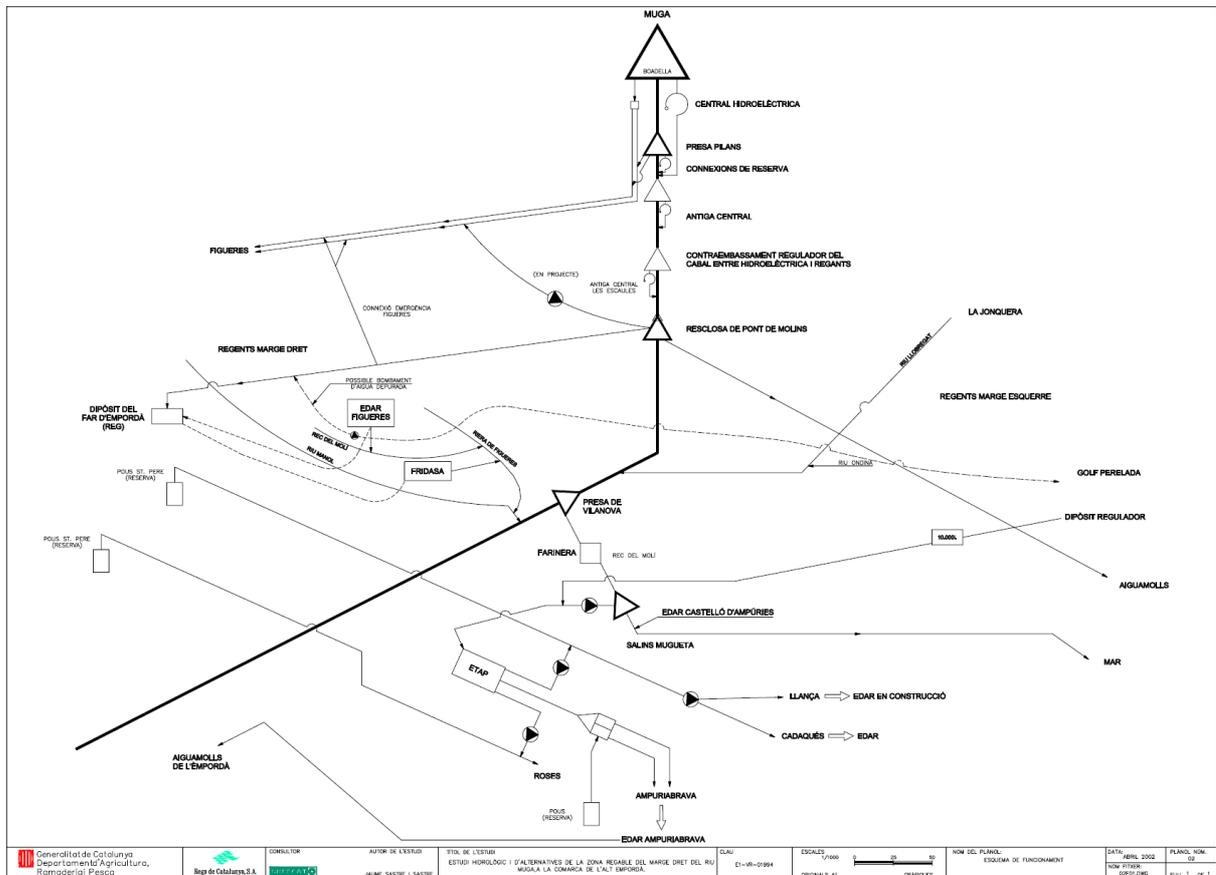


Fig. 13: Schema di funzionamento del sistema di approvvigionamento e depurazione del bacino del rio Muga. Fonte: Estudi hidrològic i d'alternatives de la zona regable del marge dret del riu Muga, a la comarca de l'Alt Empordà. Sastre i Sastre J.

In riferimento alla funzione di approvvigionamento urbano del sistema Muga, parliamo di una domanda idrica riferibile ad una popolazione media di 113.227 abitanti, corrispondenti a 138.932 abitanti equivalenti per la maggior parte residenti a Figueras con 45.609 abitanti, e nel consorzio Costa Brava con 36.436 abitanti, e comporta un consumo medio giornaliero di circa 10.000 e 5.000 m³ d'acqua, rispettivamente. La domanda idrica di approvvigionamento urbano corrisponde a circa 17,23 hm³/anno, l'equivalente al 21% della domanda totale riferita al sistema

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

Muga. Nei municipi costieri si verifica un consumo idrico 2,5 volte maggiore nei mesi estivi di maggiore affluenza turistica. Anche le attrezzature turistiche e ricreative estive, come le numerosissime piscine private, il Parco Acquatico di Roses e i campi da golf di Navada e Perelada, hanno contribuito sensibilmente all'incremento della domanda idrica. Nel caso del campo da golf di Peralada, che si approvvigiona direttamente dalla diga di Boadella, si stima che comporti una domanda idrica di circa 1500 m³ d'acqua al giorno¹⁴⁷.

Per quanto riguarda la domanda relativa agli usi industriali si contabilizza contestualmente ai consumi domestici¹⁴⁸.

Nel sistema metabolico rientrano tre depuratori sversanti nel bacino idrografico: quello di Figueras, quello di Castellò d'Empuries e quello di Empuriabrava. Quest'ultimo è dotato a valle di un impianto di fitodepurazione che migliora la qualità delle acque in uscita dal processo di depurazione tradizionale (depurazione terziaria) e reimmette le acque nel sistema stagnale del Parco per alimentare alcune aree umide.

¹⁴⁷ Ribas A., Saurì D, Ventura M., "Gestion del agua y conflictividad social en la cuenca del Rio Muga"(2000).

¹⁴⁸ Ribas A., Saurì D, Ventura M., "Gestion del agua y conflictividad social en la cuenca del Rio Muga"(2000).



Fig. 14: Depuratore di Empuriabrava e sistema di depurazione naturale e lagunaggio. Fonte: elaborazione propria

5.4.5 La fruizione

L'invaso artificiale di Boadella rappresenta un luogo di fruizione, soprattutto nei mesi estivi è possibile svolgere attività legate al settore nautico e alla balneazione.

L'area umida dell'Aiguamolls de l'Empordà è dotata di un sistema di fruizione molto funzionale e sviluppato negli anni, garantendo percorsi pedonali o ciclabili, punti di osservazione e punti di informazione.

Il corso del rio Muga, attraversa paesaggi molto eterogenei dalle aree pireneiche alla

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

sua foce nel Mar Mediterraneo, incontrando lungo il suo cammino diversi spazi naturali: *Espacio de Interés Natural (EIN) de l'Alta Garrotxa*, *EIN de les Salines*, *EIN Penya-Segats de la Muga* e *Parque Natural dels Aiguamolls de l'Empordà*, luoghi in cui emergono i vari habitat associati al rio, dal bosco fino alla pianure alluvionali.

Esiste un percorso che corre longitudinalmente lungo il rio Muga, per una distanza di circa 40 Km passando per i confini municipali di Sant Llorenç de la Muga, Terrades, Boadella y les Escaules, Pont de Molins, Cabanes, Peralada y Castelló d'Empúries-Empuriabrava.

Lungo il corso del rio Muga sono dislocate strutture e servizi che permettono di praticare attività di sentierismo, pesca, cicloturismo e luoghi che svolgono la funzione di punti di interesse quali vecchi mulini, pozzi di ghiaccio, sistemi di irrigazione e frutteti, che rappresentano tutta la cultura tradizionale e identitaria idraulica e agraria del luogo.

Il sistema fruitivo del rio Muga si connette con altri circuiti come la rete di sentieri "Itinerànnia", la GR-11, la GR-2, la GR-92, i percorsi di mountainbike (BTT) e il Cammino di Santiago.

5.5 Acque progettate: l'applicazione della matrice di interazione

Partendo dalla matrice di interazione proposta nel capitolo 4, si è deciso di applicare, in particolare, la parte della matrice riguardante la funzione ecologica e le sue interazioni con le altre funzioni. Lo scopo dell'applicazione di questo metodo è quello di verificare la possibilità di gestire gli spazi, come i sistemi stagnali e lagunari costieri da una parte, e gli invasi artificiali dall'altra, quali poli multifunzionali in cui emergano i diversi ruoli che assumono questi luoghi e la relazione con le attività antropiche, valutandone in primo luogo l'equilibrio d'interazione rispetto alla funzione ecologica.

L'applicazione della matrice di interazione farà emergere le pressioni e le sinergie che, dal punto di vista del sistema idrico, si interfacciano maggiormente con la funzione ecologica. Questo schema è stato applicato prima nella area umida

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

dell'Aiguamolls de l'Empordà, e poi nel sistema artificiale della Diga di Boadella.

Ci si è posto il problema di individuare per i due casi quali fossero le superfici da prendere in considerazione e, passando dalla discussione teorica dei parametri al loro calcolo pratico è stato necessario individuare quelle porzioni di territorio che fossero significativamente coinvolte del rapporto di relazione, queste aree non possono essere sempre uguali, ma variano al variare del parametro e a seconda del sistema di riferimento analizzato.

Dopo avere valutato il valore di ogni indicatore gli sarà associato un valore di qualità dell'interazione da 1 a 5 (5 ottima, 4 buona, 3 media, 2 cattiva, 1 pessima qualità di interazione) che è rappresentativo del livello di squilibrio del sistema e che guiderà la pianificazione nell'individuazione degli aspetti più problematici, così come delle potenzialità costituendo una piattaforma di partenza per la costruzione di una strategia di intervento.

Nella tabella che segue sono riassunti i parametri associati al sistema lagunare o stagnale e all'invaso artificiale descritti nel capitolo 4.

Aiguamolls de l'Empordà	Embalse de Boadella
Ecologia-produzione	
1_porzione della domanda irrigua rispetto alla domanda totale [%]:	1_efficienza della rete irrigua [%]
2_fabbisogno medio idrico unitario[m ³ /ha anno]	2_rilascio medio di fosforo da fonte agricola diffusa a monte dell'invaso [Kg/ha anno]
3_grado di capillarità del sistema irriguo[%]	3_rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica diffusa a monte dell'invaso [Kg/ha anno]
4_rapporto di efficienza irrigua[%]	4_presenza di colture DO, IGP, o colture biologiche a monte dell'invaso [%]
5_rilascio medio di fosforo da fonte agricola diffusa [Kg/ha anno]	
6_rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica diffusa[Kg/ha anno]	
7_presenza di colture DO, IGP, o colture biologiche [%]	

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

Ecologia-fruizione	
8_grado di tutela dell'area [adimensionale]	5_grado di tutela dell'area [adimensionale]
9_grado di accessibilità fisica [adimensionale]	6_grado di accessibilità fisica [adimensionale]
10_livello di dotazione di servizi nell'area [adimensionale]	7_livello dotazione di servizi nell'area [adimensionale]
11_numero di specie di interesse comunitario [adimensionale]	8_numero di specie di interesse comunitario [adimensionale]
12_numero di habitats di interesse comunitario [adimensionale]	9_numero di habitats di interesse comunitario [adimensionale]
13_numero di visitatori [adimensionale]	10_numero di visitatori [adimensionale]
Ecologia-mitigazione rischio idraulico	
14_presenza di infrastrutture idrauliche ad elevato impatto ambientale e paesaggistico [adimensionale]	11_volume di sicurezza(di laminazione)/volume totale
15_presenza di superfici permeabili delle aree a rischio idraulico [%]	
Ecologia-metabolismo	
16_domanda civile/domanda totale [%]	
17_dotazione media giornaliera per abitante equivalente [l/ab giorno]	12_dotazione media per ab eq [l/ab giorno]
18_grado di variabilità del sistema [%]	13_grado di variabilità del sistema [%]
19_grado di copertura del servizio di acquedotto [%]	14_presenza di immissioni di reflui civili a monte dell'invaso
20_grado di copertura del servizio di depurazione	15_presenza di sistemi di depurazione naturale a monte dell'invaso
21_posizione del depuratore rispetto al corpo ricettore	
22_livello di riutilizzo delle acque reflue	
23_presenza di sistemi di depurazione naturale	

Tabella 3: Elenco dei parametri che verranno valutati per il sistema umido costiero e per l'invaso artificiale.

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

5.5.1 Aiguamolls de l'Empordà

Ecologia_Agricoltura

L'area di relazione è tutta la superficie agricola del bacino idrografico del rio Muga, questa superficie infatti, nella sua totalità, provoca immissioni nell'Aiguamolls de l'Empordà e le dinamiche idriche agricole qualitative e quantitative fanno scaturire effetti diretti e indiretti sulle condizioni ecologiche dell'Aiguamolls. Si riporta di seguito la tabella di uso del suolo divisa per aree urbane, aree coltivate, e aree naturali. Come si può notare la superficie agricola occupa circa il 37.1% di tutta la superficie del bacino idrografico, per le valutazioni relative alle interazioni tra sviluppo agricolo e sistema ecologico sarà quindi presa in considerazione un'area totale coltivata di 358.8 Km².

Tipo di uso del suolo	Superficie [Km ²]	Superficie [%]
Aree urbane		
Infrastrutture viarie	9.4	0.97
Urbanizzazioni	9.8	1.01
Nuclei urbani	10.8	1.12
Zone industriali e commerciali	3.7	0.39
Totale zone urbane	33.7	3.5
Aree coltivate		
Coltivazioni erbacee non irrigue	172.9	17.87
Coltivazioni erbacee irrigue	124.9	12.91
Frutteti non irrigui	12.4	1.29
Frutteti irrigui	3.5	0.36
Vigneti	45.1	4.67
Totale zone coltivate	358.8	37.1
Sistemi naturali		
Prati stabili	0.4	0.05
Arbusti	185.5	19.19
Boschi sclerofille	238.2	24.63
Boschi caducifoglie	45.1	4.67

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

Boschi aciculari	64.4	6.65
Acque continentali	4.7	0.49
Suolo con vegetazione scarsa o nulla	9.8	1.02
Zone bruciate	18.5	1.91
Aree di sabbia e spiaggia	0.4	0.04
Vegetazione delle aree umide	7.4	0.76
Totale zone naturali	575.5	59.4
Totale bacino idrografico	967.1	10

Tabella 4: Copertura del suolo del bacino idrografico del Rio Muga

1_porzione della domanda irrigua rispetto alla domanda totale [%]:

Questo è un fattore che compete con i fabbisogni idrici urbani e con l'alimentazione della aree del parco dell'Aiguamolls.

La domanda agricola costituisce il 75% della domanda totale secondo i dati forniti dal *Plan de Gestion de Distrito de Cuenca Fluvial de Catalunya*, con una richiesta totale di 62 hm³/anno. Questa è una percentuale medio alta se paragonata alle domande medie agricole degli altri bacini idrografici analizzati nel Piano di Gestione dei Bacini Catalani.

Indice₁=75% -----> Qualità interazione₁=2

2_fabbisogno medio idrico unitario[m³/ha.anno]:

Le valutazioni sono state effettuate tenendo conto della copertura del suolo agricolo coltivato dell'intero bacino idrografico, e dei fabbisogni corrispondenti alle diverse colture visibili in tabella. Un maggiore fabbisogno irriguo delle aree connesse alla rete di distribuzione proveniente dall'invaso di Boadella implica una disponibilità idrica minore per la portata minima vitale, mentre una fabbisogno idrico maggiore nelle aree alimentate della falda freatica potrebbe provocare fenomeni di intrusione salina dovuti al prelievo dai pozzi (come già avvenuto nel 2004).

Verdina Satta

"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"

Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

fabbisogno idrico al mese [l/secondo/ha]													
	S (km ²)	gen	feb	ma	apr	mag	giu	lug	ago	sett	ott	nov	dec
colture erbacee non irrigue	172.9	0	0	0	0	0	0.21	0.48	0.4	0.21	0	0	0
colture erbacee irrigue	124.9	0	0	0	0.42	0.53	0.53	0.65	0.53	0	0	0	0
frutteti non irrigui	12.4	0	0	0	0.42	0.53	0.53	0.65	0.53	0	0	0	0
frutteti irrigui	3.5	0	0	0	0.42	0.53	0.65	0.65	0.53	0.42	0	0	0
vigneti	45.1	0	0	0	0.64	0.45	0.45	0.45	0.45	0	0	0	0

Tabella 5: Fabbisogno idrico unitario delle colture del bacino idrografico del Rio Muga

Valutando il fabbisogno medio annuale per ha si ottiene un valore di 5137 m³/ha anno.

Si tratta di una richiesta medio alta rispetto ai valori di letteratura, (si consideri che la fornitura massima che viene garantita dall'invaso di Boadella può raggiungere i 5000 m³/ha anno, possiamo dunque considerare poco sostenibile la composizione stessa del mosaico agricolo in tutto il bacino idrografico. Il passaggio da colture non irrigue a colture irrigue così come l'abbandono progressivo di oliveti e vigneti ha provocato, oltre che un cambiamento radicale del paesaggio agricolo anche una maggiore richiesta idrica.

Indice₂=5137m³/ha anno ----->Qualità interazione₂=1

3 grado di capillarità dell'area irrigua[%]

Questo parametro è stato valutato considerando la percentuale di superficie agricola connessa al sistema irriguo facente capo all'invaso artificiale di Boadella rispetto all'area totale, una percentuale elevata comporta un livello di capillarità maggiore, e l'utilizzo per il fabbisogno irriguo di una risorsa idrica di minore valore qualitativo rispetto all'utilizzo della falda freatica. Nel caso del bacino idrografico del Muga il sistema irriguo proveniente dal l'invaso di Boadella si compone di diversi settori: il settore I con 1077 ha irrigabili, il settore II con 2.119 ha, il settore III con 649 ha, il settore IV con 1626 ha, il settore V con con 1058 ha, per un totale di 6531,85 ha rispetto ad un'area agricola potenzialmente irrigabile totale di 25480 ha, pari dunque al 25,6% della superficie totale.

Il sistema ha un livello di capillarità medio, ciò significa che i 3/4 delle superfici agricole sottraggono la risorsa idrica dalla falda freatica o hanno altri sistemi autonomi di approvvigionamento, comportando livelli di stress idrico elevati, specialmente nell'area costiera arrivando in alcuni casi a fenomeni di intrusione salina e il conseguente sconvolgimento delle aree lagunari litorali

E' da segnalare in questo caso uno degli effetti perversi della PAC, che agevolando la coltivazione di riso in tutta la piana provoca fenomeni di intrusione salina da rapportarsi alle coltivazioni di riso nelle aree non connesse alla rete irrigua proveniente dall'invaso.

Indice₃=25,6%-----> Qualità interazione₃=2

4 rapporto di efficienza irrigua[%]

L'indicatore mira alla comprensione delle cause che possono provocare una richiesta idrica agricola eccessiva: se i metodi di irrigazione sono poco efficienti si arriva a

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

disperdere quantità irrigue consistenti. Secondo il censimento dell'agricoltura 2009¹⁴⁹, le tecniche utilizzate per l'irrigazione nei territori comunali compresi all'interno del bacino idrografico del Rio Muga hanno un'efficienza media del 49%. La metà dell'acqua immessa nella rete è destinata a disperdersi prima di arrivare a destinazione.

$Indice_4=49\%$ -----> $Qualità\ interazione_4=1$

5_rilascio medio di fosforo da fonte agricola diffusa [Kg/ha anno]

Ad ogni coltura viene associata una quantità media di fosforo rilasciata nel corpo idrico ricettore.

Il mosaico agricolo continua ad essere dominato dalle colture erbacee irrigue e non irrigue che sono anche la causa principale delle immissioni di fosforo imputate all'agricoltura, con una quantità di immissione di fosforo media pari a 0,6 Kg/ha anno. Questo indicatore è importante nella valutazione delle pressioni agricole sul corpo ricettore e sul suo stato ecologico.

Saranno dunque applicati i valori di rilascio medio di fosforo sotto riportati¹⁵⁰

Uso del suolo	Rilascio medio di fosforo
area industriale	0,3 kg/ha/anno
miniere/cave	0,3 kg/ha/anno
artificiale non agricolo	0,3 kg/ha/anno
terre arabili	0,6 kg/ha/anno
colture permanenti (frutteti, oliveti, vigneti)	0,2 kg/ha/anno
Pascoli	0,5 kg/ha/anno
Foreste	0,1 kg/ha/anno
colture arbustive	0,2 kg/ha/anno

Tabella 6: Rilascio medio di fosforo associato alla copertura del suolo

¹⁴⁹ Idescat, cens agrari 2009.

¹⁵⁰ Secondo gli studi del dipartimento di Biologia Vegetale di Sassari e in particolare di Sechi N. e Luglie A.

Viene dunque valutata l'immissione di fosforo media pesata sulle superfici di ogni coltura che risulta essere pari a 0,53.

Indice₅=0,53 -----> Qualità interazione₅=1

6_rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica [Kg/ha anno]

Per il calcolo di fosforo proveniente dagli carichi zootecnici sono stati utilizzati i dati Idescat che determinano il numero di capi per ogni comune che ricade all'interno del bacino idrografico¹⁵¹.

	Numero di capi	Rilascio medio di fosforo (Kg/capo anno)	Totale Fosforo (t/anno)
bovini	17984	0.04	0.719
ovini	16922	0.003	0.507
caprini	1827	0.003	0.005
suini	151360	0.018	2.730
avicoli	423991	0.0085	3.603
equini	745	0.05	0.037
totale			7.601

Tabella 7: Rilascio medio di fosforo associato ai capi di bestiame del bacino del Rio Muga¹⁵²

Questi valori portano ad un'immissione media di fosforo da fonte zootecnica pari a 0.21 Kg/ha/anno.

Indice₆=0.21 Kg/ha/anno -----> Qualità interazione₆=3

7_presenza di colture di origine (DO), di indicazione geografica protetta(IGP), o

¹⁵¹ Idescat, cens agrari 2009.

¹⁵² Secondo gli studi del dipartimento di Biologia Vegetale di Sassari e in particolare di Sechi N. e Luglie A.

colture biologiche.

L'agricoltura biologica sta subendo un trend positivo con l'aumento delle superfici agricole riconosciute come di origine, di indicazione geografica protetta o biologiche, anche l'allevamento biologico di bovini nella piana, i cui prodotti sono conosciuti e esportati in tutta Catalogna, sta conoscendo un incremento. Tuttavia il complesso biologico, DO, e IGP costituisce ancora un sistema marginale rispetto alla grande agricoltura produttivista, rispetto ai valori indicati nel censimento dell'agricoltura 2009, la superficie agricola dedicata a questo tipo di colture costituisce il 5% della superficie agricola totale.

Indice₇=5% -----> Qualità interazione₇= 1

Ecologia_Fruizione

L'area di relazione è l'area ecologicamente più rilevante: l'area dell'Aiguamolls e l'area circostante costituente il parco e *contigua ed esso*.

8 livello di protezione ambientale

L'area fa parte dell'Espais del Pein (Parc Natural de l'Aiguamolls de l'Empordà, espais natural de proteccion especial), e in porzioni molto estese di questo spazio vive la riserva naturale integrale, il livello di protezione dell'area è dunque elevato.

Indice₈=0.4 -----> Qualità interazione₈= 4

9 livello di accessibilità:

Per accessibilità dell'area si intende la semplicità nell'accesso all'area dell'Aiguamolls utilizzando qualunque mezzo di trasporto pubblico o privato.

Accessibilità semplice e agevole dalle arterie principali con mezzi privati (0.1:0.5)=0.5

Presenza di parcheggi (0.1:0.5)= 0.5

Accessibilità tramite mezzi pubblici (0.1:0.5)=0.1

Chiara indicazione dei percorsi pedonali (0.1:0.5)=0.5

Possibilità di realizzare percorsi in bicicletta (0.1:0.5)=0.5

L'accessibilità totale è data dalla media di tutti i parametri considerati e risulta essere pari a 0.4

Indice₉=0.4 -----> Qualità interazione₉= 4

10 livello dotazione di servizi nell'area:

Il livello di dotazione di servizi è molto alto, esiste un centro di ricerca, El Cortalet, dove è possibile ricevere tutte le informazioni sull'intera area e dove sono depositati tutti gli studi effettuati sul territorio. I ricercatori o i volontari possono risiedere gratuitamente nelle strutture interne al parco in cambio di un contributo lavorativo. Dispone di un centro di interpretazione, di un osservatorio della fauna, di itinerari segnalati, c'è la possibilità di effettuare visite guidate.

Indice₁₀=0.5 -----> Qualità interazione₁₀= 5

11 numero di specie di interesse comunitario:

Il numero di specie di interesse comunitario secondo il PEIN è pari a 297.

Indice₁₁=297-----> Qualità interazione₁₁= 5

12 numero di habitats di interesse comunitario:

Il numero di habitats di interesse comunitario secondo il PEIN è pari a 43.

Indice₁₂=43-----> Qualità interazione₁₂= 5

13_numero di visitatori annui

Attraverso interviste dirette ai gestori del parco, è stato possibile ottenere un grado di affluenza media stimato intorno ai 200.000 visitatori/anno

Indice₁₃=200.000-----> Qualità interazione₁₃= 5

Ecologia_Rischio idraulico

La superficie presa in considerazione è tutta quella coinvolta dalle aree di inondazione definite da Plan Espacios Fluviales (Fig. 10)

14_presenza di infrastrutture idrauliche di elevato impatto ambientale e paesaggistico

Esistono alcune infrastrutture di notevole impatto, in particolare la rettificazione della parte terminale del rio Muga e la costruzione di un argine sia in sponda destra che in sponda sinistra definisce una variazione radicale degli scambi idrologici e delle dinamiche di inondazione che stanno alla base del funzionamento ecologico dell'Aiguamolls.

Indice₁₄=0.4-----> Qualità interazione₁₄= 2

15_grado di naturalità delle aree di rischio idraulico

Assegnando ad ogni copertura del suolo un valore di permeabilità idraulica è stata valutata la porzione di superficie del bacino idrografico con un grado di permeabilità pari o superiore al 70 %. In particolare l'85% della copertura del suolo è risultata con un altro grado di permeabilità.

Indice₁₅=85%-----> Qualità interazione₁₅= 4

Ecologia_Metabolismo

Area di relazione: quando si parla di processi metabolici si intendono tutte quelle funzioni idriche che servono per l'approvvigionamento e la depurazione delle acque ad utilizzo civile, nel caso dell'Aiguamolls de l'Empordà, l'area utilizzata sarà quella dell'intero bacino idrografico, estendendolo a tutti quei comuni seppur non appartenenti al bacino idrografico che sono serviti dall'invaso artificiale di Boadella che e quindi concorrono alla richiesta idrica e a possibili fenomeni di crisi idrica.

16_domanda urbana/domanda totale

La domanda civile è di 17 hm³/anno pari al 21% della domanda totale secondo il *Plan de Gestion de Distrito de Cuenca Fluvial de Catalunya*.

Indice₁₆=21% -----> Qualità interazione₁₆= 4

17_dotazione media per abitante equivalente

La dotazione media giornaliera per abitante equivalente è molto alta pari a 340 l/ab*giorno, secondo il *Plan de Gestion de Distrito de Cuenca Fluvial de Catalunya*. Questo valore è da considerare molto alto rispetto alle dotazioni medie, nonostante la domanda per il consumo civile costituisca una porzione relativamente moderata, la richiesta idrica per abitante è molto ingente.

Indice₁₇= 340 l/ab.d ----->Qualità interazione₁₇= 1

18_ grado di variabilità del sistema

Sono stati valutati i picchi di presenze registrate durante l'anno rispetto al numero di abitanti stabili. Secondo i dati dell' *Institut d'Estadística de Catalunya*, e valutando la differenza di domanda idrica pro capite estate/inverno, questo rapporto è stato stimato del 250%, implicando conseguenti picchi nelle domande irrigue e negli apporti di reflui civili ai depuratori.

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetic:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

Indice₁₈= 250% ----->Qualità interazione₁₈= 1

19 grado di copertura del servizio di acquedotto

Nel bacino idrografico il servizio di acquedotto copre l'85 % delle abitazioni. (*Plan de Gestion de Distrito de Cuenca Fluvial de Catalunya*).

Indice₁₉= 85% ----->Qualità interazione₁₉= 3

20 grado di copertura del servizio di depurazione

Nell'area esistono tre sistemi di depurazione, quello di Figueres, quello di Castellò d'Empuries e quello di Empuriabrava che copre il 75 % delle abitazioni (*Plan de Gestion de Distrito de Cuenca Fluvial de Catalunya*).

Indice₂₀= 75%----->Qualità interazione₂₀= 3

21 Distanza del depuratore rispetto al corpo ricettore:

Il depuratore di Empuriabrava è localizzato nel sistema lagunare/stagnale dell'Aiguamolls, e immette i reflui nell'Estany Europa, che è a sua volta connesso all'Estany del Cortalet. Attualmente il sistema è dotato di depurazione terziaria, costituita dallo stagno artificiale Europa, ma la posizione del depuratore, è tale da poter causare, in caso di entrata in crisi, gravi danni al sistema ecologico del parco e delle sue aree umide.

Indice₂₁= 0.1----->Qualità interazione₂₁= 1

22 presenza di sistemi di depurazione naturale

E' presente nel bacino idrografico un sistema di depurazione naturale subito a valle del depuratore

Indice₂₂= 0.3----->Qualità interazione₂₂= 3

23 livello di riutilizzo delle acque reflue

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

Le acque reflue sono utilizzate per l'approvvigionamento naturale degli stagno Europa e del Cortalet.

Indice₂₃= 0.3 ----->Qualità interazione₂₃= 3

In sintesi i valori dei parametri e i conseguenti valori di qualità dell'interazione per il sistema di Aiguamolls sono:

Sistemi di interazione Aiguamolls de l'Empordà	Qualità dell'interazione
Ecologia_sistemi di produzione agricola	
1_porzione della domanda irrigua rispetto alla domanda totale [%]=75%	2=cattiva
2_fabbisogno medio idrico unitario[m ³ /ha anno]= 5137m ³ /ha anno	1=pessima
3_grado di capillarità del sistema irriguo[%]=25,6%	2=cattiva
4_rapporto di efficienza irrigua[%]=49%	1=pessima
5_rilascio medio di fosforo da fonte agricola diffusa [Kg/ha anno]=0,53 Kg/ha/anno	1=pessima
6_rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica diffusa [Kg/ha anno]= 0,21 Kg/ha/anno	4=buona
7_presenza di colture DO, IGP, o colture biologiche [%]=5%	1=pessima
Ecologia_fruizione	
8_grado di tutela dell'area [adimensionale]=0.4	4=buona
9_grado di accessibilità fisica [adimensionale]=0.4	4=buona
10_livello dotazione di servizi nell'area [adimensionale]=0.5	5=ottima
11_numero di specie di interesse comunitario [adimensionale]=297	5=ottima
12_numero di habitat di interesse comunitario [adimensionale]=43	5=ottima
13_numero di visitatori [persone/anno]=200.000/anno	5=ottima
Ecologia_mitigazione rischio idraulico	
14_presenza di infrastrutture idrauliche di elevato impatto ambientale e paesaggistico [adimensionale]=0.4	2=cattiva

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi cibernetic:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

15_presenza di superfici permeabili nella aree a rischio idraulico [%]=85%	4=buona
Ecologia_metabolismo	
16_domanda civile rispetto alla domanda totale [%]=21%	4=buona
17_domanda media giornaliera per ab eq [l/ab giorno]=340 l/ab giorno	1=pessima
18_grado di variabilità del sistema[%]= 250%	1=pessima
19_grado di copertura del servizio di acquedotto [%]=85%	3=media
20_grado di copertura del servizio di depurazione[%]=75%	3=media
21_distanza del depuratore rispetto al corpo ricettore= 0.1	1=pessima
22_presenza di sistemi di depurazione naturale=0.3	3=media
23_livello di riutilizzo delle acque reflue=0.3	3=media

Tabella 8: Elenco riassuntivo dei risultati della valutazione dei parametri e della qualità dell' interazione associata, per l'Aiguamolls de l'Empordà.

5.5.2 Embalse de Boadella

L'invaso di Boadella sottende un bacino di 182 Km², caratterizzato da precipitazioni medie di 963 mm/anno¹⁵³. Per quanto riguarda la gestione dell'invaso esiste un problema rispetto al livello di sicurezza che si intende adottare in relazione al rischio inondazioni. I picchi di portata in entrata sono sempre più frequenti e la probabilità che si verificano picchi di piena costringono l'invaso a liberare flussi idrici con portate che arrivano intorno ai 200 m³/s, coinvolgendo gravemente i nuclei urbani e i campi coltivati a valle della presa. D'altra parte lavorare con un livello di invaso molto basso con l'obiettivo principale di diminuire il rischio di inondazioni potrebbe sottrarre quantità eccessive di acqua per l'irrigazione o per l'approvvigionamento urbano a partire dal mese di giugno. Nell'invaso di Boadella è necessario inoltre garantire un volume minimo di 15 hm³ per non condizionare la qualità dell'acqua e una percentuale di riempimento massima del 75% per permettere il controllo delle inondazioni¹⁵⁴. Il volume d'acqua disponibile per l'irrigazione è stabilito durante una

¹⁵³ Plan de emergencia especial por inundaciones (INUNCAT)

¹⁵⁴ Plan de emergencia especial por inundaciones (INUNCAT)

riunione annuale che ha luogo alla fine di febbraio. In comparazione con gli anni '80 la gestione idrica dell'invaso è molto prudente, per citare un esempio, nel 1987 l'invaso si riempì del 98%, si aprirono dunque le 3 paratoie con gravi inondazioni a valle. Con il sistema di gestione attuale, che limita la percentuale di riempimento al 75%, la portata di rilascio è diminuita a 200 m³/s, con la quale non si sarebbero prodotti danni così gravi.

Ecologia_Agricoltura

Per il sistema di indicatori quantitativi, l'area di relazione che viene considerata corrisponde all'area agricola a cui è direttamente connessa la diga, attraverso il sistema irriguo, la domanda idrica irrigua modifica gli assetti ecologici dell'invaso rendendoli estremamente variabili.

Per il sistema di indicatori qualitativi, non esiste una superficie agricola considerevole, a monte dell'invaso quindi si possono considerare questi indicatori ininfluenti nel caso dell'invaso di Boadella e dunque non verranno valutati poiché l'impatto sulla qualità dell'interazione viene considerato trascurabile.

1_Efficienza della rete irrigua

Il paragrafo seguente si basa su un metodo contenuto in Eficiencia de Riego¹⁵⁵ di Javier Lujan Garcia (1992), sulla valutazione dell'efficienza irrigua come prodotto dell'efficienza di conduzione, di distribuzione e di somministrazione nelle unità irrigue incluse in ogni parcella. L'efficienza totale sarà dunque la porzione somministrata alla singola parcella rispetto all'intero volume iniziale .

Efficienza per conduzione:

Le perdite nella rete di conduzione si devono principalmente a infiltrazioni delle pareti del canale, evaporazione della lamina d'acqua, traspirazione ed evapotraspirazione della vegetazione esistente nel canale. La rete di conduzione corrisponde al canale principale.

¹⁵⁵ In Lujan Garcia, J.. "Eficiencia del Riego"(1994).

- Perdite per infiltrazione: Queste perdite dipendono dalla longitudine del canale, dalla sua permeabilità, dal perimetro bagnato, dalla profondità del livello freatico e dalla velocità dell'acqua. Secondo il metodo presentato dal Bureau de Reclamation incontriamo valori di infiltrazione di 0,3% per Km
- Perdite per evaporazione: assimilabili a circa l' 1% della portata ogni 20 Km
- Perdite per sfruttamento: l'utilizzo corretto del canale principale richiede un equilibrio tra domanda, offerta e la capacità di immagazzinamento ed è pari a circa il 2.5% della portata

Complessivamente si ottiene dunque un'efficienza per conduzione $E_c=0,83$

Efficienza di distribuzione: l'osservazione del terreno e la presenza di vegetazione caratteristica delle zone umide lungo i canali secondari e terziari ci permettono di dedurre che ci sono frequenti perdite e considerando la dimensione media delle parcelle e la durata delle irrigazioni si ottiene un valore di efficienza irrigua $E_d=0.65$.

Efficienza di applicazione: ci sono diversi metodi che tengono conto del tipo di suolo, della tipologia di irrigazione o della portata media, conducendo ad una valore di efficienza di applicazione $E_a=0,63$.

L'efficienza globale è dunque pari 0,35

Indice₁=35% ----->Qualità interazione₁=1

2_rilascio medio di fosforo da fonte agricola diffusa [Kg/ha anno]

dato non rilevabile

3_rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica diffusa [Kg/ha anno]

dato non rilevabile

4_presenza di colture DO, IGP, o colture biologiche [%]

dato non rilevabile

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

Ecologia_fruizione

L'area di relazione è l'area ecologicamente più rilevante equivalente alla superficie della diga e all'area circostante e *contigua ed essa*:

5_grado di tutela dell'area [adimensionale]

Alcune aree fanno parte del PEIN ed esiste uno studio della Generalitat de Catalunya di ordinamento degli usi ricreativi di questo spazio.

Indice₅=0.3 -----> Qualità interazione₅= 3

6_grado di accessibilità fisica [adimensionale]

Per accessibilità dell'area si intende la semplicità nell'accesso all'area dell'invaso utilizzando qualunque mezzo di trasporto, pubblico o privato.

Accessibilità semplice e agevole dalle arterie principali con mezzi privati (0.1:0.4)=0.4

Presenza di parcheggi (0.1:0.4)= 0.4

Accessibilità tramite mezzi pubblici (0.1:0.4)=0.1

Chiara indicazione dei percorsi pedonali (0.1:0.4)=0.4

Possibilità di realizzare percorsi in bicicletta (0.1:0.4)=0.4

L'accessibilità totale è data dalla media di tutti i parametri considerati e risulta essere pari a 0,3

Indice₆=0.3 -----> Qualità interazione₆= 3

7_livello dotazione di servizi nell'area:

Il livello di dotazione di servizi è relativamente alto, è possibile svolgere diverse attività tra cui navigazione, pesca, campeggio, escursioni a cavallo, attività di educazione ambientale.

Indice₇=0.4 -----> Qualità interazione₇= 4

8_ numero di specie di interesse comunitario [adimensionale]

Il numero di specie di interesse comunitario è alto, è stimato intorno a 100.¹⁵⁶

Indice₈=100 -----> Qualità interazione₈= 4

9_ numero di habitat di interesse comunitario [adimensionale]

Il numero di habitat di interesse comunitario è stimato intorno a 20.¹⁵⁷

Indice₉=20 -----> Qualità interazione₉= 3

10_ numero di visitatori [adimensionale]

Il numero medio di visitatori annui è stimato intorno ai 10.000¹⁵⁸ visitatori/anno

Indice₁₀=10.000 -----> Qualità interazione₁₀= 3

Ecologia_Rischio idraulico

11_ volume di sicurezza/volume totale

Secondo il *Plan de Emergencia especial por Inundaciones* è pari al 25%

Indice₁₁=25% -----> Qualità interazione₁₁= 3

Ecologia_Metabolismo

Per il sistema di parametri quantitativi, come area di relazione è considerata tutta la parte di territorio che viene approvvigionato dalla diga stessa, alcune porzioni di territorio in questo caso escono dal bacino idrografico, l'acqua dell'invaso è utilizzata per il consumo delle popolazioni di Figueras (ETAP di Figueras, FISERSA), Llançà, Cadaqués, Empuriabrava e Roses (ETAP de Empuriabrava, Consorci de la Costa Brava, ADAMSA).

12_ dotazione media per ab eq [l/ab giorno]

¹⁵⁶ Secondo ACA Agencia Catalana de l'Aigua.

¹⁵⁷ Secondo ACA Agencia Catalana de l'Aigua.

¹⁵⁸ Secondo ACA Agencia Catalana de l'Aigua

La domanda media per abitante equivalente riferita all'invaso è di circa 350 l/ab. eq.
Al giorno secondo il *Plan de Gestion de Distrito de Cuenca Fluvial de Catalunya*.
Indice₁₂=350 l/ab. eq./giorno-----> Qualità interazione₁₂= 1

13_ grado di variabilità del sistema [%]

La variabilità estate inverno delle richieste totali per l'invaso è del 210% secondo il
Plan de Gestion de Distrito de Cuenca Fluvial de Catalunya.
Indice₁₃=210%-----> Qualità interazione₁₃= 1

14_ presenza di immissioni di reflui civili a monte dell'invaso

Non sono riscontrabili immissioni civili nel bacino idrografico a monte dell'invaso.
Indice₁₄=0.1-----> Qualità interazione₁₄= ottima

15_ presenza di sistemi di depurazione naturale a monte dell'invaso

Ininfluente

In sintesi i valori dei parametri e i conseguenti valori di qualità dell'interazione per il sistema dell'Embalse de Boadella sono:

Embalse de Boadella	Qualità dell'interazione
Ecologia-produzione	
1_Efficienza della rete irrigua [%]:35%	1=pessima
Efficienza di conduzione	
Efficienza di distribuzione	
Efficienza di applicazione nelle parcelle	
2_rilascio medio di fosforo da fonte agricola diffusa [Kg/ha anno]	dato non rilevabile
3_porzione superficie agricola ad alto valore [%]	dato non rilevabile
4_presenza di colture DO, IGP, o colture biologiche [%]	dato non rilevabile
Ecologia-fruizione	
5_grado di tutela dell'area [adimensionale]:0.3	3= media
6_grado di accessibilità fisica [adimensionale]: 0.3	3= media
7_livello dotazione di servizi nell'area [adimensionale]: 0.4	4= buona
8_numero di specie animali di interesse comunitario [adimensionale]:98	4= buona
9_numero di specie vegetali di interesse comunitario [adimensionale]: 20	3= media
10_numero di visitatori [adimensionale]:10.000	3= media
Ecologia_rischio idraulico	
11_volume di sicurezza/volume totale= 25%	3= media
Ecologia_Metabolismo	
12_domanda media per ab eq [l/ab giorno]: 360 l/ab giorno	1=pessima
13_grado di variabilità del sistema 210%	1=pessima
14_presenza di immissioni di reflui civili a monte dell'invaso: 0.1	5=ottima
15_presenza di sistemi di depurazione naturale a monte dell'invaso:dato non rilevabile	dato non rilevabile

Tabella 9: Elenco riassuntivo dei risultati della valutazione dei parametri e della qualità dell' interazione associata, per l'invaso di Boadella.

5.5.3 Criticità e potenzialità

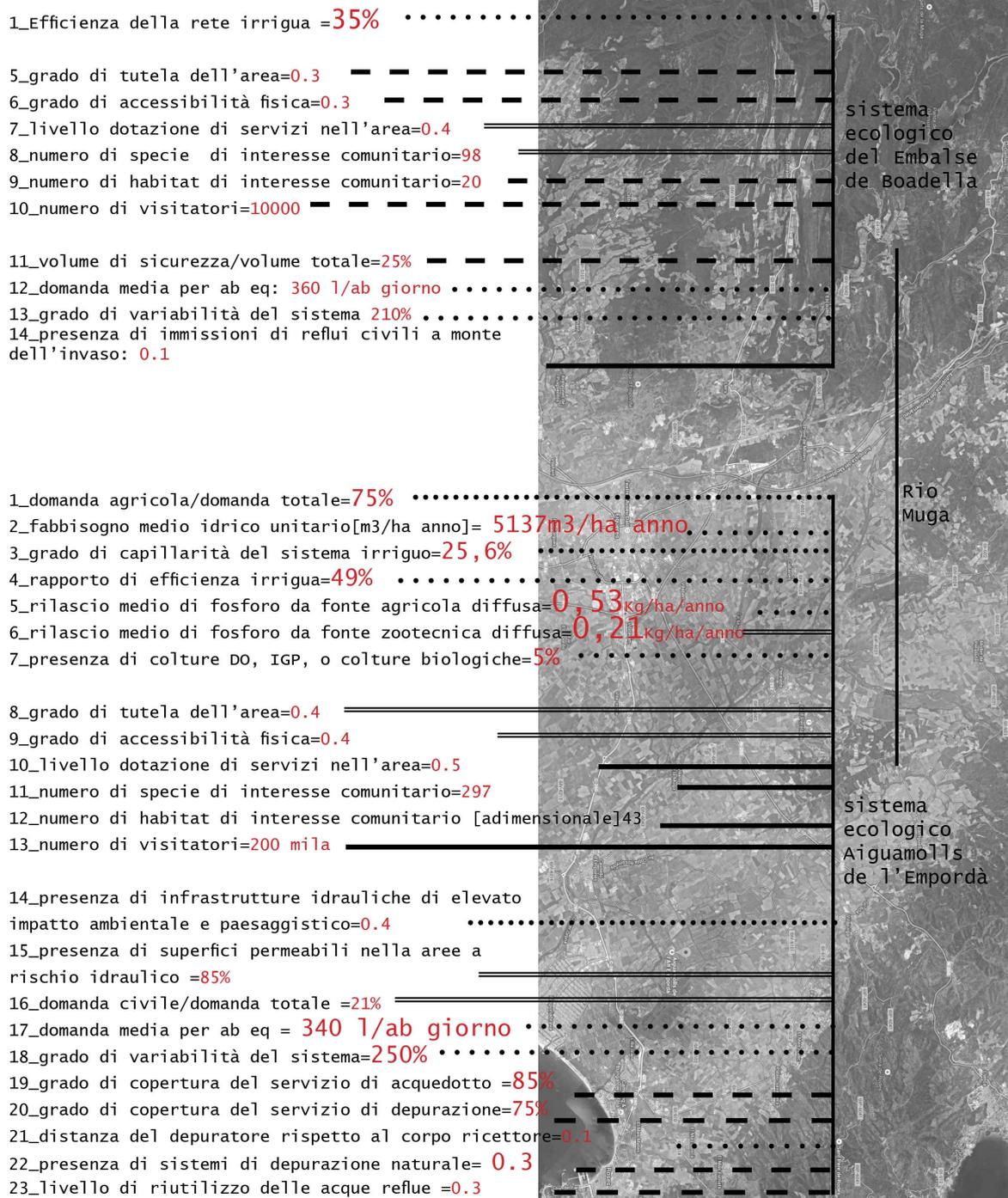
Le criticità maggiori dell'intero sistema Muga coinvolgono le relazioni tra il sistema agricolo e il sistema ecologico, sia per quanto riguarda il trasferimento di carichi inquinanti dalle superfici agricole, in particolar modo nel sistema stagnale costiero, sia per i problemi di utilizzo poco sostenibile della risorsa. Attraverso l'applicazione della matrice di interazione è stato possibile individuare i seguenti punti di debolezza e assegnare loro un ordinamento gerarchico:

- immissioni inquinanti agricole molto elevate nel sistema stagnale costiero dell'Aiguamolls;
- richiesta irrigua molto elevata dovuta alla recente conversione di colture non irrigue in colture irrigue e alla bassa efficienza di distribuzione e di applicazione della risorsa idrica;
- incapacità di garantire un approvvigionamento idrico sufficiente ai consorzi irrigui in caso di annate secche;
- consumo pro capite medio delle aree urbane servite dall'invaso molto elevato pari a 360 l/ab eq. giorno;
- picchi di stagionalità molto elevati;
- equilibrio gestione dell'inondazione/gestione della siccità problematico;
- bassa garanzia del mantenimento della portata ecologica;
- assenza di sistemi di riutilizzo irriguo delle acque rigenerate;

Le potenzialità principali emerse sono:

- buona capacità di gestione della fruizione degli spazi
- buon grado di accessibilità dell'area, sia dell'invaso che dell'area stagnale costiera
- buon livello di fruizione dell'area
- buona connessione del sistema ecologico con gli altri sistemi ad esso contigui: il sistema vulcanico della Garroxa, il sistema del Rio Muga e il sistema dell' Aiguamolls de l'Empordà

- buona qualità ecologica e elevata presenza di specie e di habitat naturali di interesse comunitario.



Schema 14: Risultati dell'applicazione della matrice di interazione nel sistema Muga

1
:
i

5.5.4 Prospettive future

Alla luce delle valutazioni effettuate è stato possibile individuare alcune linee guida, obiettivi e azioni in grado di costruire una strategia operativa territoriale che sia capace di mitigare le criticità più gravi e che potenzi i punti di forza.

LINEA GUIDA a) Migliorare la qualità dell'acqua del bacino del Muga attraverso la revisione dei sistemi di produzione agricola, che comportano le dinamiche relazionali più complesse e problematiche rispetto al sistema ecologico.

OBIETTIVI

AZIONI

a.1 Razionalizzare l'uso di fertilizzanti

a.1.1 Riduzione di fertilizzanti, concimi e diserbanti in ambito agricolo attraverso la sperimentazione di un' agricoltura economicamente e ambientalmente sostenibile (pratiche bio – agricole).

Implementazione delle seguenti tecnologie:

- water saving;
- no tillage;
- minimum tillage,

a.1.2 Utilizzo di fertilizzanti ecologici (bio-stimolanti concimi di fondo ecc.).

a.2 Migliorare la qualità delle connessioni fisiche tra i sistemi agricoli e quelli ecologici

a.2.1 Realizzazione di interventi diffusi di depurazione naturale soprattutto lungo le sponde del rio Muga costruendo alcune fasce filtro che favoriscano l'auto-depurazione in ambienti acquatici.

a.2.2 Recupero e implementazione delle *closes*, quali elementi di alta biodiversità e qualità ambientale che garantiscono il funzionamento della biocenosi che ha luogo in questo particolare

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

tipo di aree umide.

a.3 Formazione degli agricoltori in materia di pratiche agricole ecologicamente compatibili a.3.1 Realizzazione di programmi informativi e programmi di vigilanza e controllo

LINEA GUIDA b) Mitigare la domanda idrica nell'intero bacino idrografico

b.1 Mitigare gli sprechi idrici agricoli nell'intero bacino idrografico b.1.1 Reintroduzione di specie non irrigue e potenziamento di specie che richiedano minori somministrazioni idriche

b.1.2 Miglioramento dell'efficienza irrigua soprattutto mitigando le perdite per conduzione e per somministrazione.

b.1.3 Realizzazione di un censimento dei prelievi dalla falda sotterranea.

b.1.4 Introduzione di parcelle sperimentali per il riutilizzo dei reflui in agricoltura.

b.2 Mitigare il fabbisogno idrico urbano

b.2.1 Diminuzione degli sprechi

b.2.2 Tariffari variabili con soglie limite

b.2.3 Campagne di sensibilizzazione

LINEA GUIDA c) Rilanciare e potenziare i paesaggi agricoli ai margini dell'urbano tramite una gestione pubblica volta alla fruizione collettiva nel rispetto delle forme tradizionali del paesaggio, che garantisca la connettività tra le diverse aree di forte

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

interesse

OBIETTIVI

c.1 Incentivare la fruizione rurale con lo scopo di diversificare l'offerta turistica e integrata nei luoghi di produzione e potenziare il turismo culturale, ambientale e gastronomico.

c.2 Riqualificare il sistema della ricettività urbana basata sulla modernizzazione delle strutture e dei servizi e la loro integrazione con la cultura agricola e la tradizione produttiva.

c.3 Salvaguardia del territorio.

AZIONI

c.1.1 introduzione di pratiche innovative e compatibili con i caratteri agricoli del territorio periurbano e extraurbano:

c.1.2 Potenziamento dei circuiti produttivi o turistici specializzati.

c.1.3 Organizzazione di un sistema cooperativo di gestione e produzione del territorio basato sulla partnership pubblico – privato, con la creazione di un marchio di qualità.

c.2.1 incentivazione della qualità del sistema agricolo in termini anche economici e sociali, nell'intero territorio del bacino idrografico e non solo la sua area costiera

c.2.2 Recupero delle case rurali (Masias) per fini turistico – recettivi.

c.3.1 Adozione di politiche di potenziamento oltre che dell'area parco, anche di quella pre-parco. che ripensino il parco sia come dimensione, sia come luogo dei comportamenti, per facilitare l'impiego di misure di prevenzione ambientale.

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetic:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

6_ Il sistema Diga del Cuga - laguna del Calich
Sardegna-Italia



Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

L'obiettivo del capitolo è quello di analizzare l'evoluzione temporale che ha subito il territorio del bacino idrografico del Calich, laguna situata nella Sardegna Nord-occidentale, attraverso gli interventi antropici che si sono susseguiti nella storia, e di descrivere le diverse funzioni che viene chiamato a svolgere il sistema idrografico. Vengono poi individuati, quali punti chiave del bacino, la diga del Cuga e la laguna del Calich. Come nel caso studio catalano attraverso l'applicazione della matrice di interazione e la valutazione dei parametri individuati nel capitolo 4, verrà espresso il livello di squilibrio, la qualità dell'interazione tra i differenti usi e i fattori su cui agire con un grado di priorità più alto, rendendo possibile un confronto.

6.1 Inquadramento dell'area di studio

L'area in esame è situata nel golfo di Alghero, nella Sardegna nord-occidentale. Il sistema è caratterizzato dal protrarsi di uno stato di crisi, risultato di un modello di sviluppo territoriale che implica forti pressioni verso i sistemi lacustri e lagunari e che ha inciso negativamente e in maniera grave sulle biodiversità e sul fragile equilibrio del sistema, compromettendo negli ultimi anni anche le condizioni delle acque del tratto litorale di Maria Pia, cordone dunare e punto di raccordo fra il promontorio di Capo Caccia e Porto Ferro e il sistema insediativo di Alghero¹⁵⁹.

Il territorio del bacino idrografico ha un'orografia poco acclive con una limitata copertura vegetale naturale e una rilevante utilizzazione agricolo-pastorale.

Un elemento centrale di questo territorio è l'area umida del Calich, sito di grande valenza naturalistica che è stato escluso dai processi urbani e di pianificazione e considerato quale territorio marginale. La superficie lagunare può essere divisa in due differenti aree: il Calich vero e proprio che va dall'estremità occidentale alla foce del Rio Barca, e il Calighet, ovvero piccolo Calich, che si estende dalla foce del Rio

¹⁵⁹ Il Piano Paesaggistico regionale nella Scheda d'Ambito n° 13, tra gli indirizzi propone inoltre di "riequilibrare e riqualificare i sistemi di paesaggio, ambientale e insediativo, intorno al riconoscimento del ruolo strategico del Calich, quale perno ambientale da cui si diramano le reti idrografiche del Rio Barca e degli altri immissari dello stagno, il sistema dei collegamenti fra la città di Alghero e Fertilia, le strutture aeroportuali ed il sistema naturale di Capo Caccia, Porto Conte, nonché il sistema di accessi alla città ed al litorale"

Barca all'estremità sudorientale. La superficie della laguna è di circa 86 ha, con una profondità media di 0,85 metri, l'unica connessione con il mare è costituita dal canale di Fertilia.

Gli immissari dell'area umida del Calich sono il Rio Barca, il Rio Calvia ed il Canale Oruni che drenano un bacino idrografico esteso circa 365 km². All'interno del bacino sono comprese, per intero o parzialmente, le superfici comunali di Alghero, Olmedo, Putifigari, Sassari, Uri e Villanova.

Nel bacino del Rio Barca sono presenti gli invasi del Cuga e il piccolo invaso di Surigheddu. L'invaso del Cuga è un serbatoio artificiale che venne costruito nel 1975 e la cui funzione principale doveva essere legata all'approvvigionamento irriguo. La superficie dell'invaso si estende per circa di 179 ha. Le acque dell'invaso del Cuga vengono utilizzate anche per l'approvvigionamento urbano, parte delle acque del lago Temo viene trasferita attraverso un *bypass* all'invaso del Cuga per poi essere impiegata nell'irrigazione della Nurra e nell'approvvigionamento idrico dei centri urbani. Il corpo idrico è costituito da uno sbarramento e da una diga rettilinea a gravità in terra battuta.

L'azione progettuale si estenderà all'intero bacino idrografico, ma la valutazione dei parametri della matrice di interazione avverrà, nello specifico, per l'area umida del Calich e per l'invaso artificiale del Cuga.

Come per il caso catalano illustrato precedentemente si procederà con la descrizione dell'evoluzione temporale dell'area fino ad arrivare alla valutazione spaziale dei parametri che determinano la qualità dell'interazione tra gli usi secondo lo schema riportato di seguito.

G.A.¹⁶¹).

Questo territorio era caratterizzato da un assetto originale delle acque in cui lo stagno-laguna del Calich aveva tratti distintivi molto diversi da quelli attuali, le paludi Casa Sea e Fighera che si formavano sul suolo argilloso, tra la laguna e il mare, rendevano il luogo non adatto alla coltivazione, ma molto interessante dal punto di vista e ecologico, la presenza antropica era limitata ai pochi pescatori della laguna e ai pastori.

Attualmente l'unica connessione tra area umida e mare è costituita dal porto-canale di Fertilia, mentre precedentemente alle operazioni di bonifica ve ne erano diverse che garantivano periodi di ricambio idraulico più rapidi.

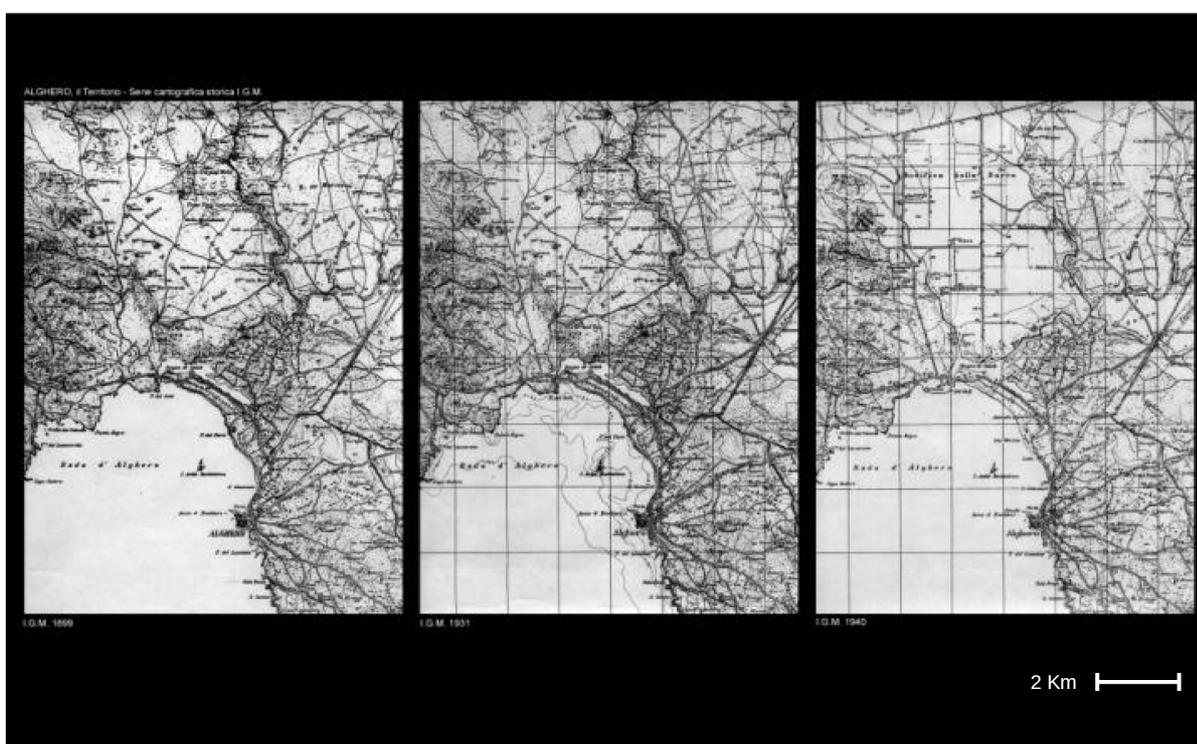


Fig. 16: Evoluzione del territorio del Calich. Fonte: Torre A.

¹⁶¹ In "Principali aspetti conoscitivi relativi alla fascia costiera del territorio di Alghero, Relazione di settore del P.U.C. di Alghero" (1998)

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

6.3 Le acque domate

Alla fine dell'Ottocento la bonifica agraria modificò completamente il paesaggio naturale dell'entroterra fino a generarne uno nuovo ben caratterizzato e, quel che più contava allora, utile e funzionale al miglioramento delle condizioni di vita.

Il territorio della Nurra era un'area paludosa, di cui il Calich costituiva la zona umida principale, che nei primi anni del '900 venne bonificata attraverso il lavoro dei detenuti del vicino carcere di Alghero e della colonia penale di Cuguttu.

Nel 1927 fu costruito il Villaggio Calik e nel 1936 nacque il centro di fondazione di epoca autarchica di Fertilia ad opera dell'Ente Ferrarese di Colonizzazione.

Seguì la realizzazione delle opere idrauliche del 1938-1940, attraverso la bonifica della Palude di Fighera, che arrivava fino a Casa Sea, la realizzazione del canale collettore di bonifica della foce del rio Barca, tramite l'innalzamento delle sponde mediante il deposito di materiale di risulta degli scavi, e la bonifica delle paludi situate nell'attuale Camping Calich.

Nel 1946 venne istituito un quadro legislativo per la formalizzazione di un progetto di Riforma Agraria.

Nel 1951 nacque l'ETFAS, l'Ente per la Trasformazione Fondiaria e Agraria in Sardegna, in questi anni venne realizzato l'esproprio sistematico di tutte le terre incolte e la realizzazione dei piani di colonizzazione e di trasformazione, unitamente alla creazione d'importanti infrastrutture, come l'invaso del Cuga che doveva servire prioritariamente all'approvvigionamento agricolo delle aree bonificate.

La diga del Cuga è gestita dal 2010 dall'Ente Acque della Sardegna, Ente gestore dei 32 invasi del sistema idrico multi-settoriale della Regione¹⁶².

¹⁶²Insieme di opere di conservazione e distribuzione della risorsa idrica in Sardegna destinata ad usi industriali, civili e potabili.

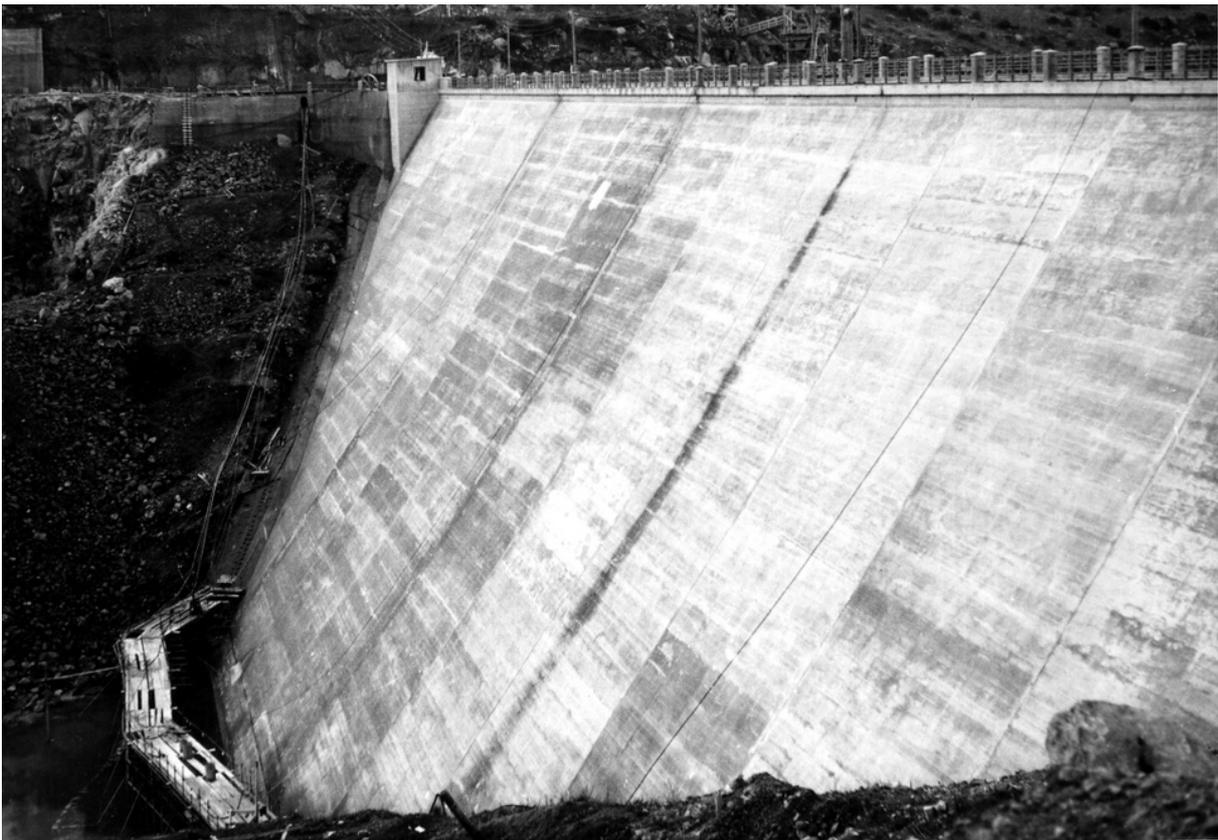


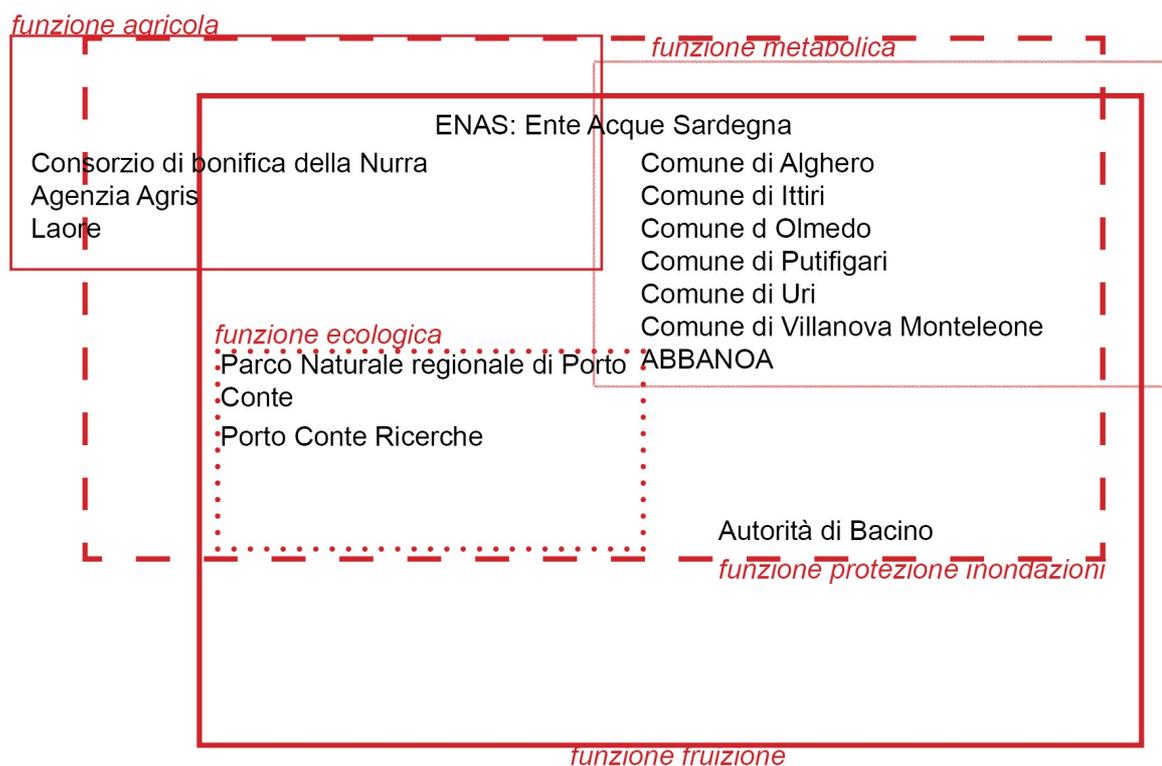
Fig. 17: Costruzione diga del Cuga. Fonte: Sardegna digital library

6.4 Le acque usate

L'assetto attuale territoriale, vede un sistema diga-laguna in cui la relazione tra infrastruttura idraulica e territorio circostante è problematica e risponde contemporaneamente a diverse esigenze legate alla risorsa idrica, incidendo pesantemente sulla dominante ambientale complessiva.

L'evoluzione temporale descritta ha portato un assetto del territorio, che vede le diverse funzioni competere tra loro coinvolgendo numerosi attori nei processi decisionali:

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari



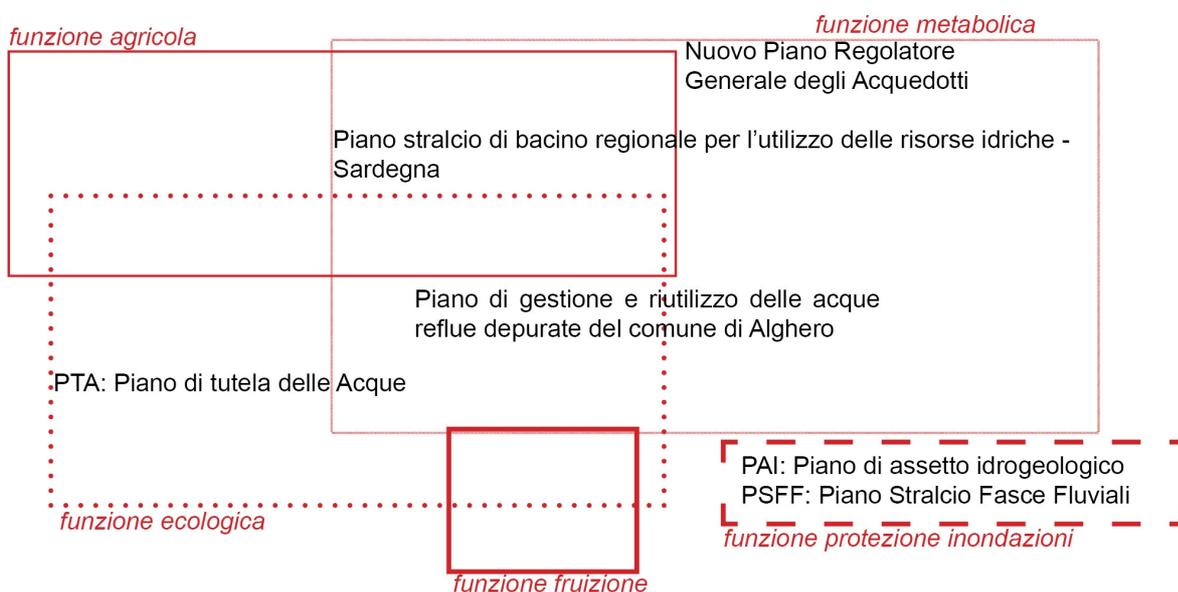
Schema 16: Relazione attori-funzioni bacino del Calich. Fonte: elaborazione propria

Queste diverse dimensioni vengono governate attraverso un sistema pianificatorio complesso che agisce settorialmente, la mancanza di una pianificazione idrica integrata e la coesistenza di differenti piani contraddittori causa competizione tra le dimensioni del paesaggio provocando forti scontri e conflitti territoriali.

La pianificazione idrica in Sardegna vede come strumento cardine il Piano di Bacino che è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificati gli interventi progettuali e le norme d'uso che dovrebbero garantire la conservazione, la difesa, e il corretto utilizzo del suolo e delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali dei territori interessati. Il PdB rappresenta lo strumento pianificatorio di riferimento a cui devono adeguarsi e adattarsi tutti i provvedimenti riguardanti il bacino e ha valore di piano territoriale di settore. In

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

principio, tramite la legge 183/89, si era previsto un piano che tenesse al suo interno tutti gli aspetti legati ai sistemi idrici. Alla luce dello stato delle conoscenze, dell'urgenza di alcuni problemi, dell'incapacità di redarre un piano così complesso, della operatività delle strutture preposte alla realizzazione degli interventi, delle risorse disponibili e dello stato di avanzamento raggiunto, la legge 493/1993 consentì che il piano potesse avere uno sviluppo graduale nel tempo rispetto alle sue linee di intervento, attraverso l'attuazione di Piani Stralcio.



Schema 17: Piani-funzioni. Fonte: elaborazione propria

Questi si sviluppano per settori funzionali come il Piano di Tutela delle Acque, il Piano di Assetto Idrogeologico, il Piano Stralcio Fasce Fluviali, il Piano per l'Utilizzo delle Risorse Idriche e Piano Regolatore Generale degli Acquedotti, di cui non viene discussa la validità, ma sono costruiti come piani a sé stanti e poco relazionati, a discapito dell'idea iniziale del P.d.B. che doveva contenere all'interno di un unico strumento i vari aspetti, indicando strategie operative e norme regolatrici coerenti e

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

omogenee.

E' inoltre in elaborazione¹⁶³ il Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Regione Sardegna, previsto dalla Direttiva Quadro sulle Acque che rappresenta lo strumento operativo attraverso il quale si dovranno programmare, realizzare e controllare le misure per la salvaguardia e il miglioramento delle condizioni ambientali dei corpi idrici superficiali e sotterranei e accelerare i processi verso un utilizzo più efficiente delle risorse idriche.

6.4.1 La dimensione ecologica

Cassola e Tassi¹⁶⁴ nel 1973 valutarono la laguna del Calich come un'importante risorsa ecologica, e già nel 1975 venne proposta per la prima volta l'istituzione del Parco di Porto Conte, comprendente anche l'area umide costiera. Nel 1999 fu istituito il Parco e nel 2007 il Calich entrò anche a far parte della Zona di Protezione Speciale¹⁶⁵ istituite dalla Regione.

L'idrografia del territorio non presenta corsi d'acqua importanti dal punto di vista delle portate, ma il bacino imbrifero della Laguna del Calich è molto vasto rispetto ad una superficie lagunare contenuta e raggiunge i 365 km². Nella laguna vengono individuati da diversi studiosi¹⁶⁶ due differenti settori che hanno un assetto vegetazionale distinto a causa dei diversi livelli di salinità: il Calighet, denominato anche Fangal in diverse mappe del Settecento e dell'Ottocento, che costituisce la zona orientale più stretta e sinuosa, e il Calich, che costituisce la parte occidentale comprendente la foce e che viene indicato anche per individuare l'intero stagno.

La laguna del Calich presenta problemi eutrofici dovuti agli apporti nutrizionali provenienti dall'intero bacino imbrifero che si sono aggravati negli ultimi anni a causa dell'entrata in funzione del depuratore comunale situato nella Zona Industriale di San Marco, le analisi dell'ARPAS 2012 certificano valori di eutrofia importanti.

¹⁶³ Dovrà essere concluso entro dicembre 2015

¹⁶⁴ Proposta per un sistema di Parchi e Riserve Naturali in Sardegna.

¹⁶⁵ Le Z.P.S. sono zone individuate tramite la "Direttiva Uccelli" dell'Unione Europea.

¹⁶⁶ Tra cui Valsecchi e Caria.

Inoltre il problema di eutrofizzazione e i conseguenti bloom algali hanno iniziato ad avere ricadute anche sul sistema litorale costiero con ingenti danni al settore turistico.

Anche l'invaso del Cuga è considerato un sistema idrico di una certa valenza ecologica nonostante anch'esso presenti diversi problemi di eutrofizzazione: il Piano di Tutela delle Acque classifica il lago del Cuga ipertrofico su tre dei quattro macrodescrittori considerati, trasparenza, clorofilla e fosforo presentano criticità significative¹⁶⁷.

Mantenere una condizione di ricambio idrico adeguato e di trofia equilibrata nei due sistemi è un'esigenza di tipo ecologico che implica un controllo su tutto il bacino idrografico.

6.4.2 La dimensione produttiva

Il comparto agricolo e quello zootecnico rappresentano economie importanti per il sistema. L'approvvigionamento idrico proveniente dal Cuga serve vaste porzioni di territorio.

Il sistema agricolo del bacino è suddiviso¹⁶⁸ in quattro campi agrari con differenti ordinamenti agronomici ed insediativi: *la Nurra di Alghero, l'area della riforma agraria, l'agro di Alghero, le aree silvo - pastorali*.

La Nurra di Alghero è un'area di pianura che si trova nella parte nord-est del centro urbano di Alghero. Questa superficie costituisce circa il 30% dei terreni agricoli del comune di Alghero ed è caratterizzata da "una pluviometria piuttosto esigua e, soprattutto mal distribuita nel corso dell'anno [...], aridità accentuata dalla presenza dei venti del III e IV quadrante"¹⁶⁹. "[...] questa regione agraria trovava nel modello organizzativo cerealicolo zootecnico l'ordinamento produttivo più consono a queste

¹⁶⁷ I macrodescrittori utilizzati per la classificazione sono trasparenza, ossigeno ipolimnico, clorofilla, fosforo, solo l'ossigeno ipolimnico non presenti mai criticità significative o non trascurabili.

¹⁶⁸ Milella A. e Dettori S., "Dinamiche e realtà dello sviluppo agrario nel territorio di Alghero" (1994)

¹⁶⁹ Milella A. e Dettori S., "Dinamiche e realtà dello sviluppo agrario nel territorio di Alghero" (1994) op.cit. pag.669

difficili condizioni ambientali"¹⁷⁰.

L'area della riforma Agraria coinvolge le superfici agricole situate nella parte nord occidentale del centro urbano, e costituisce in seguito alla bonifica di terreni per lo più paludosi. Le dimensioni delle aziende vanno dai 10 ai 12 ettari e sono caratterizzate da produzioni ibride che comprendono vigneti, colture erbacee, colture ortive, oliveti e un modesto numero di capi animali, ovini e bovini.

L'agro di Alghero costituisce l'area periferica più prossima centro urbano ed è caratterizzato da una fascia olivetata e da lacune aree in cui permangono colture ortive. L'area del lido, destinata prevalentemente agli orti è quella che ha subito le maggiori riduzioni di superfici a causa dell'avanzamento dell'urbanizzazione, essendo situata in una posizione strategica tra centro urbano e litorale costiero.

Le aree silvo - pastorali comprendono i territori localizzati ad est e a sud-est del centro urbano e sono caratterizzati dalla presenza di boschi di sugherete di proprietà demaniale.

Il fabbisogno irriguo delle superfici agricole connesso al sistema di irrigazione consortile viene parzialmente coperto dai reflui in uscita dal sistema depurativo di S. Marco, questo ha causato, negli ultimi anni, una forte resistenza da parte degli utenti preoccupati per la qualità dell'acqua e per le conseguenze che potrebbero manifestarsi nella produzione agricola e zootecnica. Nell'ottobre del 2014 la provincia ha sospeso il riutilizzo dei reflui in agricoltura ritenendo poco chiari i livelli di qualità delle acque in uscita dal depuratore e le percentuali di miscelazione delle acque.

6.4.3 La funzione metabolica

Il fabbisogno idrico delle aree connesse al sistema è in crescita, il comparto civile servito dall'invaso del Cuga necessita di circa 9 Mmc/anno, per il comparto industriale si rileva un fabbisogno di 2 Mmc/anno, mentre quello irriguo, presenta

¹⁷⁰ Milella A. e Dettori S., "Dinamiche e realtà dello sviluppo agrario nel territorio di Alghero" (1994) op.cit. pag.669

un'idroesigenza potenziale di 55 Mmc/anno¹⁷¹. Con l'avvento dell'agricoltura e la formazione dei numerosi centri abitati che sorgono nel territorio, le immissioni inquinanti concentrate e diffuse aumentano notevolmente e le condizioni qualitative delle acque della laguna del Calich e del lago del Cuga peggiorano, raggiungendo stati eutrofici rilevanti, il modello territoriale imputa infatti una pressione antropica crescente alle acque lagunari e lacustri, con problematiche relative alla mancata depurazione idrica da sorgenti puntuali e diffuse. Con la messa in opera del depuratore di San Marco¹⁷², sversante su uno degli affluenti della laguna, le criticità si sono ulteriormente aggravate.

6.4.4 La mitigazione del rischio inondazione

Nella ricerca delle interrelazioni tra interventi antropici e sistema idrico Cuga-Calich, e nella conseguente definizione delle necessità, uno dei discorsi prioritari è quello legato all'aumento della frequenza dei fenomeni estremi di piovosità e il derivante aumento del rischio idraulico e idrogeologico ad essi associato. Il piano stralcio delle fasce fluviali, aggiornato al luglio 2013, individua diverse aree produttive nel bacino del Rio Barca, che verranno sottoposte a vincolo idrogeologico in quanto ricadenti nella fascia di pericolosità più alta (hazard 4), questo comporta una serie di vincoli sul territorio e la possibilità di interventi infrastrutturali per la mitigazione del rischio¹⁷³.

¹⁷¹ Secondo il Piano Stralcio di Bacino Regionale per l'Utilizzo delle Risorse Idriche (2006), strumento valutativo per la gestione delle risorse e la valutazione del fabbisogno idrico regionale.

¹⁷² I depuratore cittadino di S. Marco fu inaugurato nel 2009, i reflui provenienti dal depuratore sarebbero dovuti essere conferiti tutto l'anno al Consorzio di Bonifica della Nurra e solo le portate in esubero o in caso di condizioni di disservizio del sistema irriguo si sarebbe proceduto allo sversamento nel Rio Filiberto, immissario del Calich, Operativamente dall'avvio del depuratore il carico dei reflui depurati è arrivato quotidianamente nel Calich. Nel Piano di gestione dei Reflui del Consorzio di Bonifica del 2011 si descrive il riutilizzo dei reflui in agricoltura variabile durante le stagioni. La stagione irrigua ufficiale è infatti di soli cinque mesi, da maggio a settembre. Negli altri mesi il riuso è parziale e tra dicembre e marzo è addirittura nullo.

¹⁷³ Norme di attuazione e misure di salvaguardia previste dal Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna.

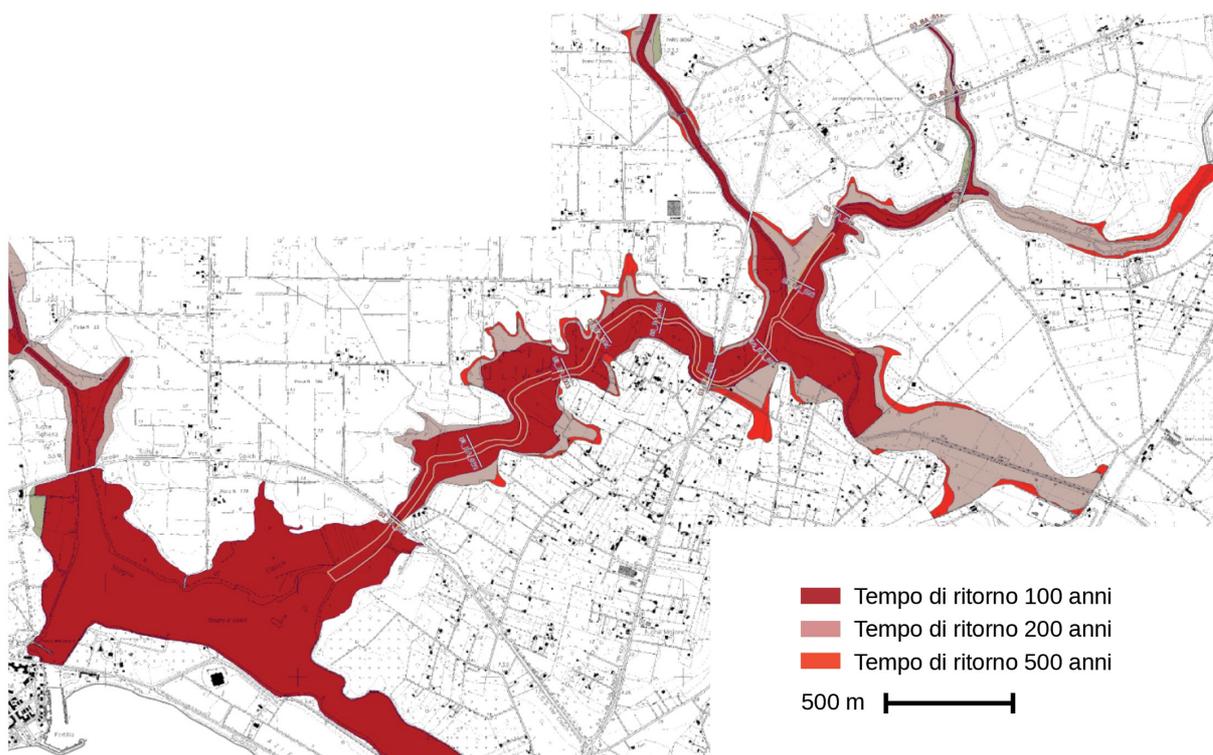


Fig. 18: aree di esondazione Rio Barca e affluenti. Fonte: elaborazione propria a partire da P.S.F.F.

L'assetto idraulico dei corsi d'acqua in oggetto è poco influenzato dalla presenza di opere idrauliche, che generalmente hanno dimensioni modeste e sono situate a grande distanza l'una dall'altra.

Sul rio Barca non sono presenti opere idrauliche e sul riu Filibertu è stata rilevata una sola difesa spondale in lastre di calcestruzzo finalizzata alla stabilizzazione della sponda destra. Si segnala tuttavia che il corso del rio Barca nella parte di monte presenta un alveo artificiale tombato al di sotto di un'ampia area destinata alla coltivazione intensiva di vigneti.

Sull'asta del Canale Urune è presente una briglia presso la località Nuraghe Fighera, si tratta di un manufatto in calcestruzzo, completamente dissestato, non più in grado

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

di assolvere alla sua funzione.

Infine è stata censita una difesa di sponda lungo la riva sinistra del canale di collegamento tra l'area umida del Calich e il mare. Si tratta di un molo, che oltre a fissare la riva del canale funge da banchina di attracco per imbarcazioni da diporto (l'area circostante è sede di un piccolo cantiere navale).

Sul Rio Calvia sono invece presenti due rilevati arginali, si tratta di rilevati in terra aventi dimensioni geometriche consistenti ma caratteristiche strutturali scadenti anche in conseguenza dello stato di abbandono e di dissesto presenti in alcuni punti. Comunque tali opere sembrano deputate solo alla difesa di coltivazioni presenti nelle aree depresse in quanto i settori urbanizzati di Alghero sono ubicati a quote più alte e possono ritenersi esclusi dalle aree di esondazione fluviale.

6.4.5 La fruizione

L'area nord di Alghero, è definita dal Piano Paesaggistico Regionale come una porzione di territorio caratterizzata dalla presenza di un'importante funzione urbana e ambientale, tuttavia il sistema lacustre, fluviale e lagunare versa in condizioni di degrado e di abbandono, e non esiste la percezione di questo sistema idrico quale luogo di possibile fruizione, quale spazio pubblico.

Le infrastrutture viarie di supporto che sostengono il traffico del periodo estivo in particolar modo tra Alghero, Porto Conte, Porto Ferro e Lago di Baratz, garantiscono i collegamenti con l'aeroporto e i porti turistici e sono connettori indispensabili tra il nucleo urbano di Alghero, Fertilia, le borgate e l'area agricola.

L'intero bacino idrografico si trova quindi in una posizione baricentrica e strategica per i collegamenti.

Il sistema di percorrenza presenta però numerose criticità dal punto di vista ambientale, dovute alla presenza di due barriere stradali: una litoranea che, oltre ad essere un'interruzione fisica tra la costa e la laguna, rallenta i processi di ricostituzione dunale, la seconda, a scorrimento veloce, Viale Burruni, dotata di due

corsie per senso di marcia, senza punti di sosta, che costituisce un'ulteriore cesura tra infrastruttura, in questo caso viaria, e paesaggio.

Attualmente la percorrenza ciclo-pedonale si presenta frammentata o assente e il trasporto pubblico è inefficiente e non serve tutte le parti del territorio, i tempi di attesa sono molto elevati e il numero dei mezzi di trasporto non è sufficiente per il periodo di maggior afflusso turistico.

6.5 Le acque progettate: l'applicazione della matrice di interazione

Come nel capitolo 5, nel quale è stato affrontato il caso catalano, è stata applicata la parte della matrice riguardante la funzione ecologica e le sue interazioni con le altre funzioni.

Questo schema è stato applicato prima all'area umida del Calich, e poi all'invaso artificiale del Cuga.

Come nel caso precedente sono state individuate le aree di influenza e, passando dalla discussione teorica dei parametri alla loro valutazione è stato necessario individuare quelle porzioni di territorio che siano significativamente coinvolte del rapporto di relazione, queste aree non possono essere sempre uguali, ma variano al variare del parametro preso in esame a cui sarà associato un valore di qualità dell'interazione da 1 a 5 (5 ottima, 4 buona, 3 media, 2 cattiva, 1 pessima). I parametri individuati sono gli stessi di tabella 3.

6.5.1 Laguna del Calich

Ecologia_Agricoltura

L'area di relazione è l'intera superficie agricola del bacino idrografico del Calich, quest'area infatti, nella sua totalità, provoca immissioni nella laguna facendo scaturire effetti diretti e indiretti sulle condizioni ecologiche del sistema ambientale. Si riporta di

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

seguito la tabella di uso del suolo. Come si può notare la superficie agricola occupa buona parte della superficie del bacino idrografico, per le valutazioni relative alle interazioni tra sviluppo agricolo e sistema ecologico sarà quindi presa in considerazione una superficie agricola utilizzata¹⁷⁴ di 206 Km², suddivisa come segue:

Tipo di uso del suolo	Superficie [Km ²]	Superficie [%]
aree coltivate		
seminativi	91.78	44%
vigneti	8.34	4%
olivi	16.79	8%
agrumi	0.19	0.09%
frutteti	0.64	0.3%
orti familiari	0.51	0.25%
prati permanenti e pascoli		
arboricoltura da legno annessa ad az agricole	14.2	0.07%
boschi annessi ad az agricole	22.65	0.11%

Tabella 10: Copertura del suolo agricolo del bacino idrografico del Calich

1_ porzione della domanda irrigua rispetto alla domanda totale[%]

La domanda agricola è predominante rispetto agli altri usi e costituisce il 85%, della domanda totale con una richiesta idrica di 55 hm³/anno¹⁷⁵.

Indice₁=83% -----> Qualità interazione₁=1

2_ fabbisogno medio idrico unitario [m³/ha anno]

Le valutazioni sono state effettuate tenendo conto della copertura del suolo agricolo coltivato dell'intero bacino idrografico, e dei fabbisogni corrispondenti alle diverse colture visibili in tabella 10.

¹⁷⁴ Secondo dati Istat

¹⁷⁵ Secondo il Piano Stralcio di Bacino Regionale per l'Utilizzo delle Risorse Idriche (2006), strumento valutativo per la gestione delle risorse e la valutazione del fabbisogno idrico regionale.

Valutando il fabbisogno medio annuale per ettaro si ottiene un valore di 5795 m³/ha/anno.

Si tratta di una richiesta medio-alta rispetto ai valori di letteratura, possiamo dunque considerare poco sostenibile la composizione stessa del mosaico agricolo in tutto il bacino idrografico.

Indice₂= 5 795 m³/ha/anno ----->Qualità interazione₂=1

3 _grado di capillarità del sistema irriguo[%]

Questo parametro è stato valutato considerando la percentuale di superficie agricola connessa al sistema irriguo facente capo all'invaso artificiale del Cuga rispetto all'area totale, una percentuale elevata comporta un livello di capillarità maggiore, e l'utilizzo per il fabbisogno irriguo di una risorsa idrica di minore valore qualitativo rispetto all'utilizzo della falda freatica. Nel caso del bacino idrografico del Cuga 4588 ha sono irrigati con acqua consortile rispetto ad una SAU di 20662 ha, pari al 22%¹⁷⁶. Il sistema ha un livello di capillarità medio-basso, ciò significa che i 3/4 delle superfici agricole potenzialmente irrigabili sottraggono la risorsa idrica dalla falda freatica comportando livelli di stress idrico elevati, specialmente nell'area costiera, arrivando in alcuni casi, a fenomeni di intrusione salina e al conseguente sconvolgimento delle aree lagunari litorali.

Indice₃=22%-----> Qualità interazione₃=2

4 _rapporto di efficienza irrigua[%]

Secondo il VI censimento ISTAT dell'agricoltura, le tecniche utilizzate per l'irrigazione nei comuni compresi all'interno del bacino idrografico del Calich hanno un'efficienza media del 52%. La metà dell'acqua immessa nella rete è destinata a disperdersi prima di arrivare a destinazione.

Indice₄=52%-----> Qualità interazione₄=2

¹⁷⁶ Secondo lo "Studio sulla Gestione Sostenibile delle risorse idriche: analisi dei modelli di consumo per usi irrigui e civili. ENEA, 2008.

5_rilascio medio di fosforo da fonte agricola diffusa [Kg/ha anno]

L'area umida è compresa tra le aree sensibili, individuate ai sensi della Direttiva 271/91/CE e dell'Allegato 6 del D.Lgs. 152/99.

Sulla base dei criteri dell'Allegato 7/A-I del D.Lgs. 152/99, nell'unità idrografica del Rio Barca è stata riscontrata la presenza di zone vulnerabili ai nitrati. In particolare è stata individuata un'area potenzialmente vulnerabile ai nitrati di origine agricola coincidente con l'Acquifero dei Carbonati Mesozoici della Nurra, per il quale i valori di vulnerabilità rientrano nella classe alta.

Per valutare il grado di immissioni ad ogni coltura è stata associata una quantità media di fosforo rilasciata nel corpo idrico ricettore, l'indicatore ci sarà utile per capire se e quali colture hanno un maggiore impatto nell'eutrofizzazione del sistema.

Le colture erbacee, seminativi semplici e prati pascolo sono anche causa principale delle immissioni di fosforo imputate all'agricoltura, con un valore medio di immissione di fosforo pari a 0,6 Kg/ha/anno.

Si applicano i valori medi di rilascio di fosforo sotto riportati¹⁷⁷:

seminativi ----->	0.6
vigneti ----->	0.2
olivi ----->	0.2
agrumi ----->	0.2
frutteti ----->	0.2
orti familiari ----->	0.2
prati permanenti e pascoli ----->	0.5
arboricoltura da legno annessa ad Az. Agricola ----->	0.1
boschi annessi ad az. Agricole ----->	0.1
Indice ₅ =0.51 Kg/ha/anno ----->	Qualità interazione ₅ =1

¹⁷⁷ Secondo gli studi del dipartimento di Biologia Vegetale di Sassari e in particolare di Sechi N. e Luglie A.

6_rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica diffusa [Kg/ha anno]

Per il calcolo di fosforo proveniente dagli carichi zootecnici sono stati utilizzati i dati ISTAT che determinano il numero di capi per ogni comune che ricade all'interno del bacino idrografico e il valore teorico di rilascio medio di fosforo associato ad ogni capo¹⁷⁸.

	Numero di capi	Rilascio medio di fosforo (Kg/capo anno)	Totale Fosforo (t/anno)
bovini	2491	0.04	0.100
ovini	197799	0.003	0.593
caprini	1879	0.003	0.006
suini	1979	0.018	0.036
avicoli	4044	0.0085	0.034
equini	978	0.05	0.049
totale			0.818

Tabella 11: Rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica nel bacino idrografico del Calich¹⁷⁹

Questi valori portano ad un'immissione media di fosforo da fonte zootecnica pari a 0.039 Kg/ha/anno.

Indice₆=0.039 Kg/ha/anno -----> Qualità interazione₅=4

7_presenza di colture di origine (DO), di indicazione geografica protetta (IGP), o colture biologiche.

¹⁷⁸ Secondo gli studi del dipartimento di Biologia Vegetale di Sassari e in particolare di Sechi N. e Luglie A.

¹⁷⁹ Secondo gli studi del dipartimento di Biologia Vegetale di Sassari e in particolare di Sechi N. e Luglie A.

L'agricoltura biologica sta subendo una tendenza positiva con l'aumento delle superfici agricole riconosciute come tali, secondo il censimento Istat, tuttavia il complesso biologico, DO, e IGP costituisce ancora un sistema marginale rispetto alla grande agricoltura produttivista. La superficie agricola dedicata a questo tipo di colture costituisce il 3% della superficie agricola totale.

Indice₇=3% -----> Qualità interazione₇= 1

Ecologia_Fruizione

L'area di relazione è la superficie ecologicamente più rilevante, l'area lagunare e l'area circostante e contigua ed essa.

8_Grado di tutela dell'area

Lo Stagno del Calich, ai sensi della L.R. 31/89, fa parte del Parco Regionale di Porto Conte. Sulla base della stessa normativa il sito è stato anche identificato come riserva naturale. Con riferimento alla L.R. n° 23/98 lo stagno è anche oasi permanente di protezione faunistica e di cattura.

livello di protezione ambientale = 0.3

Indice₈=0.3 -----> Qualità interazione₈= 3

9_grado di accessibilità fisica

Per accessibilità dell'area si intende la semplicità nell'accesso al sito di interesse utilizzando qualunque mezzo di trasporto, pubblico o privato, nel caso del Calich l'accessibilità è molto bassa:

Accessibilità semplice e agevole dalle arterie principali con mezzi privati (0.1:0.4)=0.1

Presenza di parcheggi (0.1:0.4)= 0.1

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

Accessibilità tramite mezzi pubblici (0.1:0.4)=0.1

Chiara indicazione dei percorsi pedonali (0.1:0.4)=0.1

Possibilità di realizzare percorsi in bicicletta (0.1:0.4)=0.2

L'accessibilità totale risulta essere pari a 0,1

Indice₉=0.1-----> Qualità interazione₉= 1

10_ livello di dotazione di servizi nell'area:

Il livello di dotazione di servizi è nullo, sono infatti totalmente assenti tutti i servizi di base.

Indice₁₀=0.1 -----> Qualità interazione₁₀= 1

11_ numero di specie di interesse comunitario:

dato non rilevabile

12_ numero di habitats di interesse comunitario:

dato non rilevabile

13_ numero di visitatori annui

dato non rilevabile

Ecologia_Rischio idraulico

14_presenza di infrastrutture idrauliche di elevato impatto ambientale e paesaggistico

L'assetto idraulico dei corsi d'acqua connessi al sistema lagunare del Calich, è influenzato in maniera modesta dalla presenza di opere idrauliche, che generalmente hanno dimensioni contenute e sono situate a grande distanza l'una dall'altra.

Indice₁₄=0.2-----> Qualità interazione₁₄= 4

15_presenza di superfici permeabili nelle aree a rischio idraulico [%]

Attraverso la copertura vegetale e la geologia delle aree a rischio idraulico è stata individuata una porzione di superficie permeabile pari all'81%.

Indice₁₅=81%-----> Qualità interazione₁₅= 4

Ecologia_Metabolismo

Area di relazione: quando si parla di processi metabolici si intendono tutte quelle funzioni idriche che servono per l'approvvigionamento e la depurazione delle acque ad utilizzo civile, nel caso del Calich, l'area utilizzata sarà quella dell'intero bacino idrografico estendendolo a tutti quei comuni seppur non appartenenti al bacino idrografico che sono serviti dall'invaso artificiale del Cuga e che quindi concorrono alla richiesta idrica e a possibili fenomeni di crisi.

16_domanda civile rispetto alla domanda totale

La domanda civile è di 11hm³/anno pari al 17% della domanda totale¹⁸⁰.

Indice₁₆=17% -----> Qualità interazione₁₆= 4

¹⁸⁰Secondo il Piano Stralcio di Bacino Regionale per l'Utilizzo delle Risorse Idriche (2006), strumento valutativo per la gestione delle risorse e la valutazione del fabbisogno idrico regionale.

17_ dotazione media giornaliera per abitante equivalente [l/ab giorno]

La dotazione idrica per abitante è pari a 372 l/ab giorno¹⁸¹, è un valore molto elevato, anche se inferiore rispetto a quello attribuibile ad ogni abitante di Cagliari, il quale si aggira intorno ai 700 l/ab al giorno, ma comunque molto superiore alla dotazione media ottimale stimata nell'ambito della pianificazione regionale di 180 l/ab al giorno. Questo valore è da considerare molto alto rispetto alle dotazioni medie, nonostante la domanda per il consumo civile costituisca una porzione relativamente moderata.

Indice₁₇= 372 l/ab.giorno ----->Qualità interazione₁₇= 1

18_ grado di variabilità del sistema [%]

L'area in esame è costituita da aree urbane costiere a forte vocazione turistica: la variabilità del sistema, attraverso la valutazione della differenza stagionale tra abitanti estivi e invernali e della variazione delle domanda irrigua pro-capite, è del 253%¹⁸².

Indice₁₈= 253% ----->Qualità interazione₁₈= 1

19_ grado di copertura del servizio di acquedotto [%]

Il sistema di acquedotto copre l'85 % delle abitazioni del bacino idrografico¹⁸³

Indice₁₉= 85%----->Qualità interazione₁₉= 3

20_ grado di copertura del servizio di depurazione [%]

Il sistema di depurazione copre il 80 % delle abitazioni¹⁸⁴ del bacino idrografico

Indice₂₀= 80%----->Qualità interazione₂₀= 3

¹⁸¹ Secondo lo "Studio sulla Gestione Sostenibile delle risorse idriche: analisi dei modelli di consumo per usi irrigui e civili. ENEA, 2008.

¹⁸² Secondo il Piano Stralcio di Bacino Regionale per l'Utilizzo delle Risorse Idriche (2006), strumento valutativo per la gestione delle risorse e la valutazione del fabbisogno idrico regionale.

¹⁸³ Secondo censimento Istat.

¹⁸⁴ Secondo censimento Istat.

21_Distanza del depuratore rispetto al corpo ricettore:

Il depuratore di Alghero è localizzato nel sistema lagunare del Calich, ma la posizione del depuratore, è tale da poter causare, in caso di entrata in crisi o di malfunzionamento, gravi danni al sistema ecologico del parco e delle sue aree umide.

Indice₂₁= 0.1----->Qualità interazione₂₁= 1

22_presenza di sistemi di depurazione naturale

Lo stagno ha subito in passato vari interventi al fine di migliorarne la produttività ittica. Un ultimo intervento ha visto la realizzazione di una zona umida di interfaccia tra l'immissario Rio Barca e lo stagno, a cui si legava un'importante funzione di fitodepurazione delle acque immesse. In precedenza è stata realizzata una cassa di espansione per ridurre la torbidità delle acque immissarie che, durante le forti precipitazioni, determinavano deflussi consistenti con notevole trasporto solido, tanto da ridurre la penetrazione della radiazione solare nelle acque e di conseguenza limitare l'attività fotosintetica delle alghe. Comunque la capacità di fitodepurazione di questi sistemi è molto bassa.

Indice₂₂= 0.2----->Qualità interazione₂₂= 2

23_livello di riutilizzo delle acque reflue

Le acque reflue sono state in parte utilizzate per l'approvvigionamento agricolo durante il periodo irriguo fino ad ottobre 2014 quando la provincia lo ha impedito per effettuare accertamenti sui livelli qualitativi dei reflui e sulle modalità di miscelazione delle acque reflue con le acque provenienti dall'invaso.

Indice₂₃= 0.3----->Qualità interazione₂₃= 3

Sistemi di interazione laguna del Calich	Qualità dell'interazione
Ecologia_sistemi di produzione agricola	
1_porzione della domanda irrigua rispetto alla domanda totale [%]=83%	1=cattiva
2_fabbisogno medio idrico unitario[m ³ /ha anno] = 5 795 m ³ /ha/anno	1=pessima
3_grado di capillarità del sistema irriguo[%]=22%	2=cattiva
4_rapporto di efficienza irrigua[%]=52%	2=cattiva
5_rilascio medio di fosforo da fonte agricola diffusa [Kg/ha anno]=0,51 Kg/ha/anno	1=pessima
6_rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica diffusa [Kg/ha anno]=0,039 Kg/ha/anno	4=buona
7_presenza di colture DO, IGP, o colture biologiche [%]=3%	1=pessima
Ecologia_fruizione	
8_grado di tutela dell'area [adimensionale]=0.3	3=media
9_grado di accessibilità fisica [adimensionale]=0.1	1=pessima
10_livello dotazione di servizi nell'area [adimensionale]=0.1	1=pessima
11_numero di specie animali di interesse comunitario [adimensionale]=n.d.	n.d.
12_numero di habitat di interesse comunitario [adimensionale]=n.d.	n.d.
13_numero di visitatori [persone/anno]=n.d.	n.d.
Ecologia_mitigazione rischio idraulico	
14_presenza di infrastrutture idrauliche di elevato impatto ambientale e paesaggistico [adimensionale]=bassa	4=buona
15_presenza di superfici permeabili nelle aree a rischio idraulico [%]=81%	4=buona
Ecologia_metabolismo	
16_domanda civile/domanda totale [%]=17%	4=buona
17_domanda media per ab eq [l/ab giorno]=372 l/ab giorno	1=pessima

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi cibernetic:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

18_grado di variabilità del sistema[%]= 253%	1=pessima
19_grado di copertura del servizio di acquedotto [%]= 85%	3=media
20_grado di copertura del servizio di depurazione: 80%	3=media
21_posizione del depuratore rispetto al corpo ricettore:0.1	1=pessima
22_presenza di sistemi di depurazione naturale: 0.2	2=cattiva
23_livello di riutilizzo delle acque reflue: 0.3	3=media

Tabella 12: Elenco riassuntivo dei risultati della valutazione dei parametri e della qualità dell' interazione associata, per l'area umida del Calich.

6.5.2 Invaso del Cuga

L'invaso del Cuga ha una capacità di 30 milioni di m³, la maggior parte della risorsa viene distribuita alle aziende agricole per gravità e una parte tramite alcune vasche di sollevamento. L'invaso del Cuga è collegato a quello del Temo, per consentire l'approvvigionamento, oltre che al sistema agricolo anche a quello urbano. La presenza di diversi utilizzi della risorsa idrica e di diverse fonti di approvvigionamento per la copertura dei fabbisogni, anche nei periodi più siccitosi, hanno complicato notevolmente la gestione del sistema. In alcuni periodi, specialmente alla fine degli anni '90, primi anni 2000, i prelievi a scopo potabile sono stati anche superiori, rispetto a quelli a scopo agricolo condizionando notevolmente la disponibilità irrigua della Nurra¹⁸⁵. Dal 2003 il comune di Alghero si approvvigiona, in parte, direttamente dal lago Coghinas, anche se nel periodo estivo, l'apporto dal Cuga è maggioritario.

Ecologia_Agricoltura

Per il sistema di parametri che affrontano il problema quantitativo della risorsa idrica, come nel caso dell'invaso di Boadella, l'area di relazione corrisponde all'area agricola a cui è direttamente connessa la diga attraverso il sistema irriguo, la domanda idrica irrigua modifica gli assetti ecologici dell'invaso rendendoli estremamente variabili.

Per il sistema di parametri che indicano la qualità della risorsa invasata, si considera la superficie agricola a monte dell'invaso.

1_Efficienza della rete irrigua

Il paragrafo seguente si basa su un metodo contenuto in *Eficiencia de Riego di Javier Lujan Garcia*¹⁸⁶, che valuta l'efficienza irrigua come prodotto dell'efficienza di

¹⁸⁵ Studio sulla gestione sostenibile delle risorse idriche, analisi dei modelli di consumo per usi irrigui e civili. ENEA

¹⁸⁶ Lujan Garcia, J. "Eficiencia del Riego" (1994).

conduzione, di distribuzione e di somministrazione nelle unità irrigue incluse in ogni parcella. L'efficienza totale sarà dunque la porzione somministrata alla singola parcella rispetto all'intero volume iniziale .

Efficienza per conduzione: anche in questo caso le perdite nella rete di conduzione si devono principalmente a infiltrazioni delle pareti del canale, evaporazione della lamina d'acqua, traspirazione ed evapotraspirazione della vegetazione esistente nel canale. La rete di conduzione corrisponde al canale principale.

- Perdite per infiltrazione: secondo il metodo presentato dal Bureau de Reclamation incontriamo valori di infiltrazione di 0,3%/Km, paria nel nostro caso ad una perdita media per infiltrazione del 0,43 m³/s
- Perdite per evaporazione: assimilabili a circa l' 1% della portata ogni 20Km, pari a 0.076 m³/s
- Perdite per sfruttamento: l'utilizzo corretto del canale principale richiede un equilibrio tra domanda, offerta e la capacità di immagazzinamento ed è pari a circa il 2.5% della portata, nel nostro caso corrisponde ad una portata media di 0,095 m³/s.

Complessivamente si ottiene dunque un'efficienza per conduzione $E_c=0,81$

Efficienza di distribuzione: viene considerata pari a 0.8.

Efficienza di applicazione: ci sono diversi metodi che tengono conto del tipo di suolo, della tipologia di irrigazione, conducendo ad una valore di efficienza di applicazione $E_a=0,70$

L'efficienza globale è dunque pari a 0,45

Indice₁=45% ----->Qualità interazione₁=1

2_rilascio medio di fosforo da fonte agricola diffusa [Kg/ha anno]

A monte dell'invaso del Cuga la superficie agricola è di circa 4600 ha, provocando un apporto medio di fosforo di circa 0.58 t/ha anno, stimato sulla base della copertura vegetale e dell'uso del suolo. Si tratta di un valore molto alto considerando che le

immissioni medie di fosforo possono arrivare ad un valore teorico massimo di 0,6 t/ha*anno.¹⁸⁷

Indice₂=0.58Kg/ha anno -----> Qualità interazione₂= 1

3_rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica diffusa [Kg/ha anno]

Per il calcolo di fosforo proveniente dagli carichi zootecnici sono stati utilizzati i dati ISTAT che determinano il numero di capi per ogni comune che ricade all'interno del bacino idrografico a monte dell'invaso.

	Numero di capi	Rilascio medio di fosforo (Kg/capo anno)	Totale Fosforo (t/anno)
bovini	64	0.04	0.003
ovini	13746	0.003	0.041
caprini	99	0.003	0.000
suini	54	0.018	0.001
avicoli	7	0.0085	0.000
equini	22	0.05	0.001
totale			0.046

Tabella 13: Rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica per l'invaso del Cuga¹⁸⁸.

Questi valori portano ad un'immissione media di fosforo da fonte zootecnica pari a 0.01 Kg/ha anno.

Indice₃=0.01Kg/ha/anno -----> Qualità interazione₃=4

4_presenza di colture DO, IGP, o colture biologiche [%]

Le superfici agricole con presenza di colture DO, IGP o colture biologiche a monte

¹⁸⁷ Secondo gli studi del dipartimento di Biologia Vegetale di Sassari e in particolare di Sechi N. e Luglie A.

¹⁸⁸ Secondo gli studi del dipartimento di Biologia Vegetale di Sassari e in particolare di Sechi N. e Luglie A.

dell'invaso sono pari al 3 %.

Indice₄=3%-----> Qualità interazione₄= 1

Ecologia_Fruizione

L'area di relazione è l'area ecologicamente più rilevante equivalente alla superficie d'invaso e l'area circostante e contigua ed essa.

5_ grado di tutela dell'area

Il grado di tutela è molto basso, l'invaso del Cuga non rientra in territorio tutelato

Indice₅=0.1-----> Qualità interazione₅= 1

6_ grado di accessibilità fisica

L'accessibilità all'invaso è molto limitata:

Accessibilità dalle arterie principali con mezzi privati (0.1:0.4)=0.3

Presenza di parcheggi segnalati(0.1:0.4)= 0.1

Accessibilità tramite mezzi pubblici (0.1:0.4)=0.1

Chiara indicazione dei percorsi pedonali (0.1:0.4)=0.1

Possibilità di realizzare percorsi in bicicletta (0.1:0.4)=0.1

Indice₆=0.1-----> Qualità interazione₆= 1

7_ livello dotazione di servizi nell'area

Il livello di dotazione di servizi nell'area è medio basso

Indice₇=0.2-----> Qualità interazione₇= 2

8_ numero di specie animali di interesse comunitario [adimensionale]

dato non rilevabile

9_numero di habitat di interesse comunitario [adimensionale]

dato non rilevabile

10_numero di visitatori [adimensionale]

dato non rilevabile

Ecologia_Rischio idraulico

11_volume di sicurezza/volume totale [%]

La porzione del volume di invaso che viene adibita a volume di sicurezza è pari al 20%¹⁸⁹.

Indice₁₁=20%-----> Qualità interazione₁₁= 3

Ecologia_Metabolismo

Per il sistema di indicatori quantitativi l'area di relazione viene considerata tutta la parte di territorio che viene approvvigionato dalla diga stessa, alcune porzioni di territorio in questo caso escono da bacino idrografico.

12_dotazione media giornaliera per ab eq [l/ab giorno]

Sulla base del rapporto tra consumi ufficiali e numero di residenti, si perviene ad un consumo medio teorico per abitante di circa 400 l/ab giorno

Indice₁₂=400 l/ab eq./giorno-----> Qualità interazione₁₂= cattiva

13_grado di variabilità del sistema [%]

Si passa da 45.000 abitanti equivalenti a 108.000 abitanti equivalenti, con una variazione del 240%¹⁹⁰.

Indice₁₃=240%-----> Qualità interazione₁₃= pessima

¹⁸⁹ Secondo lo "Studio sulla Gestione Sostenibile delle risorse idriche: analisi dei modelli di consumo per usi irrigui e civili". ENEA, 2008.

¹⁹⁰ Secondo il Piano Stralcio di Bacino Regionale per l'Utilizzo delle Risorse Idriche (2006), strumento valutativo per la gestione delle risorse e la valutazione del fabbisogno idrico regionale.

14_ presenza di immissioni da reflui civili a monte dell'invaso

Non esistono immissioni di reflui civili valutabili a monte dell'invaso.

Indice₁₄=0.1-----> Qualità interazione₁₄= ottima

15_ presenza di sistemi di depurazione naturale a monte dell'invaso

Dato non disponibile

Invaso del Cuga	Qualità dell'interazione
Ecologia-produzione	
1_Efficienza della rete irrigua [%]:45%	1=pessima2
Efficienza di conduzione	
Efficienza di distribuzione	
Efficienza di applicazione nelle parcelle	
2_rilascio medio di fosforo da fonte agricola diffusa= 0.58Kg/ha/anno	1=pessima
3_rilascio medio di fosforo da fonte zootecnica diffusa= 0.01Kg/ha/anno	4=buona
4_presenza di colture DO, IGP, o colture biologiche [%]=3%	1=pessima
Ecologia-fruizione	
5_grado di tutela dell'area [adimensionale]:0.1	1=pessima
6_grado di accessibilità fisica [adimensionale]:0.1	1=pessima
7_livello dotazione di servizi nell'area [adimensionale]: 0.2	2=cattiva
8_numero di specie di interesse comunitario [adimensionale]: dato non disponibile	
9_numero di habitat di interesse comunitario [adimensionale]: dato non disponibile	
10_numero di visitatori [adimensionale]: dato non disponibile	dato non disponibile
Ecologia_rischio idraulico	
11_volume di sicurezza/volume totale: 20%	3= media
Ecologia_metabolismo	
12_domanda media giornaliera er ab.eq.= 400/ab.* giorno	1=pessima
13_grado di variabilità del sistema: 240%	1=pessima
14_presenza di immissioni di reflui civili a monte dell'invaso=0.1	5=ottima
15_presenza di sistemi di depurazione naturale a monte dell'invaso= ininfluente	dato non disponibile

Tabella 14: Elenco riassuntivo dei risultati della valutazione dei parametri e della qualità dell' interazione associata, per l'invaso del Cuga.

6.5.3 Criticità e potenzialità

Il sistema idrico invaso del Cuga-laguna del Calich versa in condizioni ecologiche precarie con alte concentrazioni di fosforo totale.

Le immissioni inquinanti agricole costituiscono la principale causa di eutrofia dello stagno, anche i sistemi di depurazione dei reflui riversano le sostanze negli affluenti dell'area umida del Calich. Le fluttuazioni stagionali sono molto marcate e le acque reflue sono riutilizzate in agricoltura senza un opportuno controllo. Anche le acque del bacino del Cuga sono in condizioni eutrofiche e anche in questo caso le cause emerse dall'analisi sono da imputare soprattutto al sistema agricolo.

L'area agricola è quasi totalmente esclusa dai confini del Parco Naturale Regionale di Porto Conte, costituendo un'ulteriore cesura tra l'ambiente naturale e il paesaggio agrario con le sue realtà produttive, il parco include solo la superficie stagnale del Calich escludendo tutto il bacino idrografico e l'invaso del Cuga.

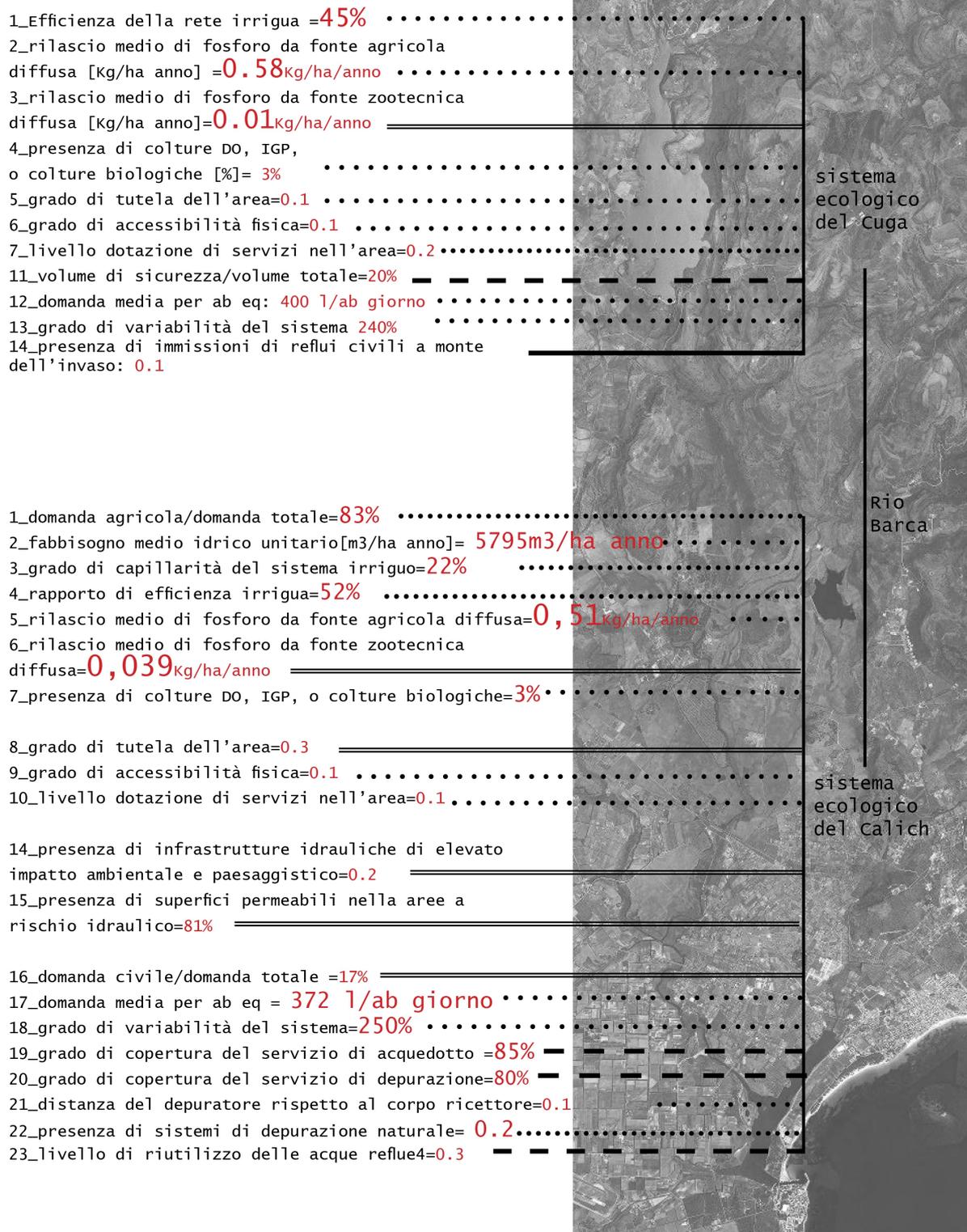
Oltre ad un cattivo modello di gestione dei sistemi produttivi la trattazione rivela una carenza di opportune politiche di salvaguardia compatibili con l'ambiente e di strumenti che regolino la gestione e la fruizione dei sistemi idrici. I collegamenti del sistema idrico con il territorio circostante risultano inadeguati e c'è una totale assenza di percorsi naturali, di aree attrezzate e di accessi per la fruizione dell'area umida, risulta assente anche una promozione e una gestione dell'entroterra rurale al fine di favorire alternative al turismo balneare.

Alcuni punti di forza possono essere individuati nell'importanza ecologica e paesaggistica che assume il sistema idrico e in particolare il sistema umido costiero e l'invaso del Cuga. Entrambi sono caratterizzati da una presenza importante di specie dell'avifauna, nonostante non sia possibile valutare il numero di specie e di habitats, essendo assente un osservatorio dedicato o comunque un censimento aggiornato. Il Calich rientra nella perimetrazione del Parco Regionale di Porto Conte, ed è una delle oasi permanenti di protezione e riserva naturale, in questo senso è facile immaginare un'inclusione agevole nelle attività del parco, che potrebbe

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

comprendere, con sistemi normativi più elastici, il sistema agricolo e idrologico dell'intero bacino potenziando un'offerta esistente agro-alimentare di qualità e utilizzando la presenza di numerose strutture ricettive e servizi diffusi nel territorio.

La posizione geografica dell'intero sistema idrico è strategica dal punto di vista della centralità rispetto alle infrastrutture di mobilità, caratterizzata dalla presenza di un aeroporto civile di importanza internazionale come sostegno al sistema turistico, di un'articolata rete di interconnessione infrastrutturale per la mobilità e di due porti turistici (Alghero e Fertilia).



Schema 18: Risultati dell'applicazione della matrice di interazione nel sistema Cuga-Calich. Fonte: elaborazione propria

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

6.5.4 Prospettive future

Alla luce delle considerazioni effettuate tramite l'applicazione parziale della matrice d'interazione è possibile individuare alcune linee guida, obiettivi e azioni prioritarie.

LINEA GUIDA a) Riqualificare il sistema idrico attraverso il controllo del sistema agricolo

OBIETTIVI

a.1 Mitigare i livelli di immissioni inquinanti.

AZIONI

a.1.1 Riduzione di fertilizzanti, concimi e diserbanti nei sistemi di produzione agricola che utilizzino tecnologie volte alla sostenibilità ambientale ed ecologica (pratiche bio – agricole): tecnologia di lavorazione water saving, no tillage e minimum tillage, utilizzo di fertilizzanti ecologici (biostimolanti, concimi di fondo ecc.), tecnologia a goccia che minimizza gli apporti nutrizionali mirando direttamente all'apparato radicale.

a.1.2 Interventi diffusi di fitodepurazione soprattutto lungo le sponde del Rio Filiberto e del Rio Barca e ricostruzione della copertura vegetale.

a.1.3 Implementazione di sistemi di drenaggio sostenibile che trattengano parte delle immissioni inquinanti provenienti da fonte agricola (SUDS).

a.2 Mitigare gli sprechi idrici agricoli

a.2.1 Miglioramento dell'efficienza irrigua soprattutto mitigando le perdite per conduzione e per somministrazione.

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi ciberneticici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

a.2.2 Implementazione di tecnologie che consentano di minimizzare la richiesta idrica agricola: utilizzo di tecnologie efficienti.

b.2 Realizzazione di un censimento dei prelievi dalla falda sotterranea.

a.3 Migliorare il livello di gestione dei sistemi produttivi agricoli, introducendo misure di salvaguardia e di presidio del territorio

a.3.1 Istituzione all'interno del Piano del Parco delle aree di connessione, che possono includere il sistema agricolo e l'intero bacino idrografico sversante nell'area umida del Calich, adottando politiche di valorizzazione, oltre che dell'area Parco, anche di tutto in sistema idrico che è connesso al Parco.

LINEA GUIDA b) Attraverso le reti infrastrutturali potenziare le relazioni tra i sistemi ambientali e quelli agricoli, garantendone l'accessibilità e la fruizione.

OBBIETTIVI

b.1 Riprogettare e ridefinire l'accessibilità all'area.

AZIONI

b.1.1 Revisione della sezione stradale dell'infrastruttura viaria che corre lungo la sponda ovest della laguna, utilizzando dispositivi di diminuzione della velocità.

b.1.2 Istituzione di aree a percorrenza lenta negli assi stradali adiacenti al sistema idrico attraverso l'integrazione della rete ciclo-pedonale che collega il centro urbano con il suo territorio agricolo e costiero.

b.1.4 Recupero e potenziamento di sentieri e percorsi naturalistici all'interno del sito.

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

b.2 Organizzare i servizi di fruizione dei siti di interesse

b.2.1 Realizzazione di luoghi di sosta attrezzati negli accessi ai sentieri del sito e punti informazione.

b.2.2 Segnalazione dei percorsi e delle caratteristiche ecologiche del sito.

b.2.3 Realizzazione di un sistema informativo efficace.

b.3 Migliorare l'efficienza del trasporto pubblico.

b.3.1 Aumento della frequenza nei periodi estivi

b.3.2 Integrazione con sistemi di trasporto collettivo privato e previsione di alcune fermate a chiamata.

b.3.3 Implementazione di un sistema di gestione e comunicazione degli orari e delle frequenze efficiente.

LINEA GUIDA c) Migliorare l'efficienza del sistema di approvvigionamento e di depurazione

OBBIETTIVI:

c.1 Mitigare le immissioni civili inquinanti

AZIONI

c.1.1 Realizzazione di un sistema di fitodepurazione a valle del sistema di depurazione tradizionale.

c.1.2 Realizzazione di vasche di compensazione

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

che assorbano i picchi stagionali

c.2 Riutilizzare le acque depurate nel sistema
agricolo

c.2.1 Redazione di uno studio sperimentale su
campi agricoli, che valuti gli effetti nel tempo sui
diversi tipi di suolo e colture.

c.2.2 Predisposizione di vasche di miscelazione
o bacini di equalizzazione che permettano
l'effettivo utilizzo in parti uguali di acque reflue e
acque d'invaso.

c.2.3 Attivazione di un sistema di monitoraggio
permanente, che effettui controlli periodici sulle
acque in uscita dal depuratore e dai bacini di
equalizzazione e sulle acque di irrigazione.

7_Conclusioni

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

All'interno della ricerca sono stati rintracciati i seguenti livelli di approfondimento:

_un livello di conoscenza: considerando gli obiettivi proposti, il periodo di ricerca ha permesso di approfondire concetti innovativi e centrali nello studio dei sistemi idrici: l'aggettivo cibernetico ha assunto un ruolo di fondamentale importanza, si sono individuati i paesaggi dell'acqua quali testimoni di sistemi sociali che si sono susseguiti nel tempo e che possono produrre reazioni e trasformazioni chimiche, fisiche e biologiche che costruiscono stratificazioni paesaggistiche entrando a far parte del ciclo idrologico delle acque e intersecandolo con il produttivismo, la costruzione e l'artificio.

_un livello interpretativo: la mancanza di definizione delle diverse dimensioni che si sovrappongono in questi luoghi ha provocato un'aleatorietà che li priva di identità, ne diminuisce la qualità ambientale rendendoli inospitali. Il periodo di ricerca è servito per individuare alcune categorie interpretative che, seppur discutibili, ne rendono possibile la comprensione negli assetti generali.

_un livello relazionale: la proposta di una metodologia che ne scovi le interazioni funziona come strumento guida per l'orientamento e per l'individuazione delle linee di intervento prioritarie, permettendo di valutare la capacità di autoregolazione e il livello di equilibrio dei due casi studio presi in considerazione e potrebbe essere replicata in altri sistemi.

_i casi studio: il raffronto tra le esperienze ha permesso di raggiungere un livello di conoscenza dei cicli idro-sociali instauratisi in questi territori e di ipotizzare alcuni indirizzi generali per la progettazione del paesaggio delle acque.

La ricerca ha premesso di individuare un approccio innovativo alla pianificazione dei sistemi idrici passando da un paradigma idraulico ad un'*interpretazione idro-sociale* dei territori dell'acqua quali *organismi cibernetici*, individuandone le stratificazioni e le relazioni tra i differenti usi. Alla luce delle funzioni che assumono i sistemi idrici, spesso conflittuali, è necessario stabilire un criterio progettuale che li consideri nel loro insieme e che ne renda possibile la convivenza. E' indispensabile dunque

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

spingere la pianificazione idrica verso un'inversione di tendenza dalla gestione a matrice idraulica e funzionalista del progetto alla salvaguardia del sistema risorse tramite il riconoscimento delle potenzialità territoriali. Per fare questo è necessario un sistema pianificatorio dei bacini idrografici, che sistematizzi le informazioni recepite dai vari piani di settore e le renda operative attraverso azioni mirate: questo ruolo può essere svolto dalla matrice di interazione, perché sposta l'attenzione dagli elementi che costituiscono le dimensioni dal paesaggio dell'acqua alle loro interazioni. Questo strumento ha diversi vantaggi: l'output della matrice è una valutazione globale del sistema che ne individua le principali criticità e i punti di forza valutandone le cause e i principali campi di intervento; d'altra parte un sistema matriciale implica delle inevitabili semplificazioni che riducono la complessità di ogni dimensione del paesaggio. Tali semplificazioni potrebbero essere accusate di superficialità dagli esperti delle sfere scientifiche toccate dalla matrice: si passa dall'ecologia, alla limnologia, all'ingegneria idraulica, alla pianificazione di bacino, alla difesa del rischio idraulico, discipline molto specifiche che vengono coinvolte nel sistema attraverso alcuni parametri che inevitabilmente non possono avere lo stesso livello di approfondimento di uno studio settoriale.

La matrice di interazione è ancora in una fase di elaborazione, in particolare è stata approfondita la prima riga della matrice che vede le interazioni tra dimensione ecologica dei paesaggi dell'acqua e le altre dimensioni individuate, ma restano da definire con la stessa precisione anche le altre relazioni. Declinando questa parte della matrice d'interazione nei territori in esame è stato possibile individuare per ogni sistema relazionale, rilevanza, criticità e opzioni strategiche specifiche.

Attraverso lo studio di due sistemi idrici, uno in Catalogna e uno in Sardegna è stato analizzato il processo di crescita e di sviluppo agricolo, urbano e turistico che ha causato le criticità maggiori. Il sistema ecologico e di conseguenza l'uso fruitivo di questi spazi sono gli ambiti che subiscono maggiormente la pressione degli altri utilizzi in atto.

Verdina Satta
“I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere”
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

Nel caso dei sistemi esaminati è emersa la necessità di definire nuovi obiettivi che considerino la struttura territoriale paesistica complessiva, identificando gli spazi d'acqua quali contesti di potenzialità urbane, in cui la qualità della città si potrà esprimere attraverso la qualità di uno spazio che può assumere funzioni urbane seppur in un contesto territoriale.

Le aree di studio sono state definite e riconosciute quali grandi sistemi ambientali urbani, individuando, nelle varie funzioni che assumono, circuiti complessi e di interazione, è emersa in entrambi i casi la necessità di riconnettere i sistemi idrici con il territorio circostante, aumentando la qualità ambientale dell'intero sistema.

In entrambi i casi analizzati si evidenzia una criticità principale e prioritaria rispetto alle altre, relativa alla relazione tra sistema agricolo e funzione ecologica dei sistemi idrici. Attraverso questo studio è stato possibile rilevare una capacità di influenza del sistema agricolo sull'assetto ecologico molto maggiore rispetto a tutti gli altri aspetti analizzati (metabolico, di fruizione e di difesa dal rischio), mettendo in luce alcune necessità di intervento che la pianificazione idrica si dovrebbe porre. In entrambi i casi la produzione agricola comporta il trasporto e l'immissione di carichi inquinanti incontrollati e vagamente normati, è necessario dunque fornire agli operatori in ambito agricolo le condizioni attraverso le quali poter operare trasformazioni nei sistemi di produzione che consentano un utilizzo più moderato di agenti inquinanti, specialmente in prossimità di aree sensibili, nelle quali i tempi di ricambio idraulico non consentono un rinnovo così frequente delle acque. L'influenza dei sistemi agricoli sulle acque ha un forte impatto anche sullo spreco idrico: in entrambi i casi l'efficienza irrigua è stata valutata molto bassa, intorno al 50%, i problemi più rilevanti riguardano l'efficienza di applicazione. Le misure di intervento dovranno incentivare l'utilizzo di tecniche di minimizzazione degli sprechi idrici (water saving e sistemi di irrigazione a goccia). Abbiamo già detto nella definizione dei parametri (cap. 4), che una bassa efficienza non sempre è un'indicazione negativa, ma lo spreco idrico può essere visto come un fattore che determina l'alimentazione delle falde sotterranee,

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

per questo, tra le linee strategiche future, al miglioramento dell'efficienza irrigua viene affiancata la ricerca di nuove fonti di approvvigionamento irriguo, come il riutilizzo delle acque reflue urbane, sebbene ciò implichi sistemi di miscelazione e controllo efficaci. Si delinea un modello di utilizzo della risorsa che tende alla circolarità.

Esistono problemi evidenti relativi alla stagionalità dei flussi, si registrano incrementi di presenze che vanno dal 200% al 260%, una fluttuazione così marcata implica anche un apporto di reflui ai sistemi di depurazione molto variabile.

Nel caso sardo, il problema dell'eutrofia della laguna costiera del Calich è acuito dall'entrata in funzione, nel 2009, di un impianto di depurazione che immette i reflui nella laguna costiera, sconvolgendone gli equilibri. Anche nel caso catalano esiste un sistema di depurazione che sversa sulle zone umide costiere, ma dimostra una maggiore resilienza agli stress inquinanti derivanti dai picchi estivi, essendo dotato di un sistema di fitodepurazione e di lagunaggio a valle del sistema depurativo, mentre il caso sardo è assolutamente sensibile e poco adattabile alle fluttuazioni.

Il livello di presidio del territorio nel caso catalano è molto maggiore, e di conseguenza anche la capacità di attrarre visitatori sia per il sistema lagunare costiero che per l'invaso artificiale. Nel primo caso è possibile riscontrare una capacità di comunicazione e di divulgazione delle potenzialità dei siti di interesse e un'offerta di fruizione molto articolata, del tutto assenti nel caso sardo, anche se con qualche segnale positivo per l'invaso del Cuga.

Una delle prospettive future in entrambi i contesti dovrà rivolgersi ad una dimensione ecologica di più ampio respiro che veda il parco come parte di un sistema reticolare formato da nodi e linee, in cui i nodi sono le aree che possono corrispondere ai punti di maggior interesse, costituiti per l'appunto dal sistema umidi costieri (Aiguamolls de l'Empordà e Laguna del Calich) e dai laghi artificiali (Boadella e Cuga), e le linee sono invece importanti corridoi e connettori ambientali, in primo luogo con i sistemi agricoli. La nuova frontiera di questi territori è rappresentata dunque dalla volontà di perdere la caratteristica frammentaria e di riappropriarsi di una connessione

ecologica, anche e prioritariamente con i sistemi agricoli, e di una continuità che possa aumentare la qualità ambientale di tutto il territorio.

In prospettiva l'applicazione della matrice di interazione proposta, analizzata in tutte le sue parti, e non solo nella parte relativa alle relazioni rispetto al sistema ecologico, potrebbe fornire un importante strumento per la valutazione delle priorità gestionali e pianificatorie, la sua applicazione anche agli scenari progettuali, oltre che allo stato di fatto, potrebbe essere utile per la comprensione di effetti e modificazioni indotte dalle politiche sull'equilibrio sistemico.

In futuro si vorrà concentrare l'interesse in particolare nello studio delle relazioni tra la mitigazione del rischio idraulico e le altre dimensioni del paesaggio, tema che in questa tesi è stato affrontato solo parzialmente. Nell'ottica della dimensione ibrida degli oggetti che compongono i paesaggi dell'acqua anche le infrastrutture per la mitigazione del rischio perdono il loro ruolo mono-funzionale e si affacciano ad altri approcci che vedono l'infrastruttura come materia socio-naturale che coinvolge anche le altre dimensioni del paesaggio dell'acqua: la fruizione attraverso la relazione tra sistemi di mitigazione e spazio pubblico, la produzione attraverso la relazione tra le aree di esondazione e le aree agricole, l'approvvigionamento legato a sistemi capillari di micro-laminazione, sono temi contemporanei a cui la pianificazione idrica dovrà volgere lo sguardo per individuare nuovi dispositivi di intervento per nuovi paesaggi resilienti.

Bibliografia

- AA.VV.(1984), "Tra acqua e terra: la palude, gli equilibri naturali e l'uomo" in *Il Paesaggio Dalla Natura alla Cultura*. Officina Edizioni. Roma.
- AA.VV.(2000), *Dams and Development a new framework from decision-making, the report of the World Commission on Dams*. Earthscan Publications Ltd, London.
- AA.VV.(2008), *Studio sulla Gestione Sostenibile delle risorse idriche: analisi dei modelli di consumo per usi irrigui e civili*. ENEA.
- Bakker K. (2012), "Water: political, biopolitical, material" in *Social Studies of Science* 42 (4), pp. 616-623.
- Baxter R.M. (1977), "Environmental effects of dams and impoundments".in *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 8, pp. 255-283.
- Bateson G.(1987), *Verso un'ecologia della mente*. Adelphi, Milano.
- Barbaza Y. (1988), *El Paistage Humà de la Costa Brava*. Edicions 62, Barcelona.
- Bazzoni A. M., Pulina S., Padedda B. M., Satta C. T., Lugliè A., N. Sechi N., Facca C. (2013), "Water quality evaluation in Mediterranean lagoons using the Multimetric Phytoplankton Index (MPI): Study cases from Sardinia" in *TWB* 7, n. 1

Verdina Satta
"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"
Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

- Bertalanffy (von) L. (1971), *Lineamenti di teoria generale dei sistemi*. Isedi, Milano
- Bettini V.,Campeol G.(1984), "Fiumi e sviluppo urbano" in *Progetto fiume*. Il lavoro Editoriale, Ancona, pp. 9-20.
- Botkins K. (1996), *Discordant Harmonies: A New Ecology for the Twenty-first Century*. Oxford university press, New York.
- Boulding, Kenneth E.(1966), "The Economics of the Coming Spaceship Earth" in H. Jarrett (ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy*, Essays from the Sixth RFF Forum, pp. 3-14.
- Budds, J. (2008), "Whose scarcity? The hydrosocial cycle and the changing waterscape of La Ligua river basin, Chile" in Goodman, M., Boykoff, M., Evered, K. (Eds.), *Contentious Geographies: Environment, Meaning, Scale*. Ashgate, Aldershot, pp. 59-68.
- Budds, J., Linton J. (2013), "The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water" in. Geoforum. Anticipo online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.10.008>.
- Busino G.(2004),"Per leggere Moscovici" in *Nuova Antologia* Le Monnier, Firenze, vol. 139, n.2229,pp.152-159.
- Calzolari V.(1999), *Storia e natura come sistema: un progetto per il territorio libero dell'area romana*. Àrgos. Roma.
- Capra F., Spretnak C.(in collaboration with Rudiger Lutz) (1984), *Green Politics*. E. P. Dutton, New York.

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

- Cassola F., Tassi F. (1973), *Proposta per un sistema di Parchi e Riserve Naturali in Sardegna*. Boli. Società Sarda Scienze Naturali, pp. 13-51
- Changeux J.P., Ricoeur P. (1999), *La natura e la regola. Alle radici del pensiero*. Cortina Raffaello, Milano.
- Chessa A. L., Russino G. A. (1998), *Principali aspetti conoscitivi relativi alla fascia costiera del territorio di Alghero*, Relazione di settore del P.U.C. di Alghero, Alghero.
- Commoner B. (1986), *Il cerchio da chiudere: la natura l'uomo e la tecnologia*, Garzanti, Milano.
- Corboz A. (2001), *Le Territoire comme palimpseste et autres essais*. Les édition de l'imprimeur, Parigi.
- Davies B.R., Biggs J., Williams P.J., Lee J.T., Thompson S. (2010), "A comparison of the catchment sizes of rivers, streams, ponds, ditches and lakes: implications for protecting aquatic biodiversity in an agricultural landscape" in *Pond conservation in Europe*. Springer Netherlands, pp 7-17
- Dettori S., Milella A. (1994), "Dinamiche e realtà dello sviluppo agrario nel territorio di Alghero" in *Alghero, la Catalogna, il Mediterraneo : storia di una città e di una minoranza catalana in Italia (14.-20. secolo)*, pp. 670-675
- Devall B., Session G. (1989), *Ecologia Profonda. Vivere come se la Natura fosse Importante*, Edizioni Gruppo Abele, Torino.
- Dudgeon D. (2003), "Clinging to the wreckage: unexpected persistence of freshwater biodiversity in a degraded tropical landscape", in *Aquat. Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 13, pp. 93–97

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

- Dudgeon D., Arthington A.H., Gessner M.O., Kawabata Z., Knowler D.J., Levequ C., Naiman R.J., Prieur-Richard A., Soto D., Stiassny M.L.J., Sullivan C.A. (2006), "Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges" in *Biol. Rev.*, 81, pp. 163–182
- Ekers M., Loftus A. (2008), "The power of water: developing dialogues between Foucault and Gramsci" in *Environment and Planning D: Society and Space* 26(4), pp698-718
- Ercolini M. (2006), *Dalle esigenze alle opportunità. La difesa idraulica fluviale occasione per un progetto di «paesaggio terzo»*, Firenze University Press, Firenze.
- Farina A., Schipani I. (2005), "Complessità ed ontogenesi dei paesaggi: un punto di incontro", in *Estimo e territorio* 68(3), pp. 51-55
- Farina A., Hong. S.K. (2004), "A theoretical framework for a science of landscape" in *Ecological Issues in a Changing World: Statue, Response and Strategy* (Sun-Ke Hong, John A. Lee, Byung-Sun Ihm, Almo Farina, Yowhan Son, Eun-Shik Kim and Jae Chun Choe. Eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 3-13.
- Foladori G. (2005), "Una tipología del pensamiento ambientalista" in Foladori, G. y Pierri, N., "¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable". Miguel Ángel Porrúa, México.
- Frolova M. (2007), "El estudio de los paisajes del agua en una cuenca vertiente: Propuesta metodológica", in *Revista de Estudios Regionales*, nº. 83, pp. 21-47.
- Ghetti P. F. (1993), *Manuale per la difesa dei fiumi*. Studi e ricerche.FGA Ed., Torino.

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

- Glacken, C.J. (1967), *Traces on the Rhodian Shore: Nature and Culture in Western Thought from Ancient Times to the End of the Eighteenth Century*. University of California Press, Berkeley, CA.
- Gladwin, T., Kennelly, J.J. & Krause, T.S. (1995). "Shifting Paradigms for Sustainable Development – Implications for Management Theory and Research" in *Academy of Management Review* 20 (4), pp. 874-907.
- Goleman D. (2009), *L'intelligenza ecologica*. Rizzoli, Milano.
- B. Gopal, (2013), "Future of wetlands in tropical and subtropical Asia, especially in the face of climate change", in *Aquat. Sci.*, 75, pp. 39–61.
- Harvey D. (1993), "The nature of environment: dialectics of social and environmental change" in R. Miliband and L. Panitch (eds) *Real Problems, False Solutions. A special Issue of Socialist Register*. The Merlin Press, London.
- Harvey D. (1996), *Justice, Nature and the Geography of Difference* . Blackwell Publishers, London.
- Haraway D. (1991), *Simians, Cyborgs and Women—The Reinvention of Nature*. Free Association Books. London.
- Harris M.(1977), *Cannibals and Kings: The Origins of Cultures*. Random House, New York.
- Herzon I., Helenius J. (2008), "Agricultural drainage ditches, their biological importance and functioning" in *Biol. Conserv.* 141, pp. 1171–1183.

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

- Heynen N., Kaika M., Swyngedouw E. (2006) *In the Nature of Cities: Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism*, University of Bristol, UK; Sophie Watson, The Open University, UK.
- Heynen N., Kaika M., Swyngedouw E. (2006), "Urban political ecology. Politicizing the production of urban natures" in *In the Nature of Cities: Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism*, University of Bristol, UK; Sophie Watson, The Open University, UK, pp. 1-19.
- Hoffman A.J., Sandelands L.E. (2005), "Getting right with nature: Anthropocentrism, ecocentrism, theocentrism." in *Organization and Environment*, 18, pp.141-162.
- Horton, R.E. (1931), "The field, scope, and status of the science of hydrology. Transactions" in *American Geophysical Union*, 12, pp. 189–202.
- Irace F. (2009), "I navigli come monumenti", in Pugliese R., Lucchini M., *Milano città d'acqua. Nuovi paesaggi urbani per la tutela dei navigli*, Alinea, Firenze, pp. 21-24.
- Kaika, M. (2005), *City of flows: Modernity, nature, and the city*. London: Routledge.
- Kercher S., Zedler J. (2005), "Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability" in *Annual Review of Environment and Resources*, 30, pp. 39-74
- Kipar A. (2010), "Infrastrutture e paesaggio" in *Atti del XXXIX Incontro di Studio Ce.S.E.T.*, Firenze University Press, pp. 47-53.

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

- Kusler J., Mitsch W.J., Larson J.S. (1994), "Wetlands" in *Scientific American* 270(1): 64-70
- Latour, B. (1993), *We Have Never Been Modern*, Harvester Wheatsheaf, London.
- Lefebvre H. (1994), "The Production of Space" in *The Journal of Modern History*, 66, pp. 346-348, The University of Chicago Press, Chicago.
- Leopold A. (1949), "The Land Ethic", in *A Sand County Almanac*, Oxford University Press, New York.
- Linton, J. (2004), "Global hydrology and the construction of a water crisis" in *Great Lakes Geographer* 11 (2), pp. 1–13.
- Linton J. Budds J., (2013) *The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water*, Geoforum.
- Linton, J. (2008), "Is the hydrological cycle sustainable? A historic-geographic critique of a modern concept" in *Annals of the American Association of Geographers* 98(3), pp. 630-649
- Llausàs A. (2008), Tesi di dottorato: Natura i cultura en l'evolució del paisatge de closes a l'Alt Empordà (1957-2007). Universitat de Girona, Girona.
- Loftus, A. (2009), "Rethinking Political Ecologies of Water" in *Third World Quarterly*. 30 (5), pp. 953-968
- Lugliè A., Sechi N. (1993) "Trophic status and phytoplankton in Lake Bidighinzu" in *Giornale botanico italiano*, Vol. 127 (4), pp. 765-785

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

- Lugliè A., Naselliflores L. (2014), "Laghi artificiali dell'Italia meridionale e Isole maggiori" in CISBA, Reggio Emilia, Vol 28 (2), pp. 1 - 8
- Lugliè A., Sechi N. et al. (2012) " Ecosistemi lacustri della Sardegna" in *la rete italiana per la ricerca ecologica a lungo termine* (LTER-Italia), Aracne Editrice, pp. 143 - 154
- Luján Garcia J. (1994), *Eficiencia del Riego*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Centro de Estudios Hidrográfico.
- Lundholm J.T., Richardson P.J. (2010), "Habitat analogues for reconciliation ecology in urban and industrial environments" in *Journal of Applied Ecology*, 47(5), pp. 966-975.
- Maciocco G., Sanna G., Serreli S. (2011), *The Urban Potencial of External Territories*, Franco Angeli, Milano.
- May, R. M., Seger J. (1986), "Ideas in ecology" in *American Scientist*, 74, pp. 256-267
- Mar R., Ruiz J. (1993), *Ampurias Romana. Historia, Arquitectura y Arqueologia*, Sabadell.
- Marx K., *Manoscritti Economici e Filosofici del 1844*, Einaudi, Torino.
- Merchant C. (2005), *Radical Ecology: The Search for a Livable World*, Routledge, New York.
- Moroni S., Patassini D. (2006), *Problemi valutativi nel governo del territorio e dell'ambiente*, Franco Angeli, Milano.

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

- Morzer Bruyns M. F. (1976), "Zone umide, uccelli acquatici e protezione della natura" in *Naturopa, bollettino del centro Europeo per la Conservazione della Natura del Consiglio d'Europa*, n. 24.
- Moscovici S. (1968), *Essai sur l'histoire humaine de la nature*, Flammarion, Éditeur., Parigi.
- Novitzki, R. P. (1979), "Hydrologic characteristics of Wisconsin's wetlands and their influence on floods, stream flow, and sediment" in *Wetland Functions and Values: The State of Our Understanding*, P.E. Greeson, J. R. Clark, and J. E. Clark, eds., American Water Resources Assoc., Minneapolis, pp. 377-388.
- O'Riordan T. (1989), "The challenge for environmentalism" in R. Peet and N. Thrifts (Eds). *New models in geography*, 48, pp. 33-46.
- Passmore J. A. (1974), *Man's responsibility for nature: Ecological problems and Western traditions*, Duckworth, London.
- Paul M.J., Meyer J.L. (2001), "Streams in urban landscapes" in *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 32 pp. 333–365.
- Pavón D. (2008), Tesi di dottorato: *La gran obra hidràulica a les conques de la Muga i del Fluvià: dels projectes a les realitzacions (1850-1980)*. Universitat de Girona. Girona
- Pavón, D. (2010): "Evolució, justificacions i propostes de la gran obra hidràulica a les conques de la Muga i del Fluvià (1850-1980). La irrigació com a protagonista" in *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 70, pp. 129-155.
- Pennacchi A.(2000), *Palude: storia d'amore, di spettri e trapianti*, Donzelli editore, Roma.

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

- Pepper D. (1993), *Ecosocialism: from Deep Ecology to Social Justice Ecology*. Routledge, London.
- Porrit J. Winner D. (1988), *The Coming of the greens*, Fontana Porteous, London
- Ponticelli L., Micheletti C. (2003), *Nuove Infrastrutture per nuovi paesaggi*, Skira, Milano.
- Potter K. W. (1994), "Estimating Potential Reduction Flood Benefits of Restored Wetlands" in *Water Resources Update*, 97, pp. 34-38.
- Ribas A., Saurì D, Ventura M. (2000), "Gestion del agua y conflictividad social en la cuenca del Rio Muga (Alt Empordà)", in *Geographicalia*, 38, pp. 59-75.
- Ribas A. (2007), "Los Paisajes del agua como paisajes culturales. Conceptos, métodos y una experiencia práctica para su interpretación y valorización", *Apogeo: Revista da Associação de Professores de Geografia*, 32, pp. 39-48.
- Ribas, A.; Roset, D. y Ventura M. (1998), "Los cambios de usos del agua en el Alt Empordà (Girona): estrategias de gestión y conflictividad de usos" in Arrojo, P. y Martínez, J. (eds) *El Agua a Debate desde la Universidad. Hacia una nueva cultura del agua*, Zaragoza, Universidad de Zaragoza.
- Romagosa F. (2007), Tesi di dottorato: *Els Aiguamolls de l'Empordà, un paisatge en trsformació*. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.
- Romagosa F. (2007), "Les funcions de les zones humides" in *Soldó. Informatiu del Parc Natural del Delta de l'Ebre*, 28.

Verdina Satta

"I sistemi idrici come organismi cibernetici:
un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
e aree umide costiere"

Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
Università degli Studi di Sassari

- Romani V. (1994), *Il paesaggio. Teoria e Pianificazione*, Franco Angeli, Milano.
- Rosenzweig M. L., (2003), *Reconciliation ecology and the future of species diversity*, *Oryx*, 37, pp. 194–205.
- Sansoni G. (1993), La rinaturalizzazione degli ambienti fluviali.
- Sauri D. (2001), *Natura, cultura i geografia des del món de les rieres mediterrànies*, Seminari interdisciplinar sobre l'aigua, Institut d'Estudis Catalans.
- Sauri D. (2000), “Canvi global i canvi en els usos del sòl: aspectes conceptuals” in *Canvis socioambientals a l'Alt Empordà (1950-2000). Natura i història en l'evolució recent del paisatge altempordanès*. Girona: Servei de Publicacions de la Universitat de Girona, pp. 19-34.
- Schama S. (1997), “Landscape and Memory”, in *Annals of the Association of American Geographers*, 87, pp. 564–565.
- Sechi N., (1983), “Lo stato trofico e le condizioni ambientali dei laghi e degli stagni costieri della Sardegna”, in Pinna M. (a cura di) “*Atti del Convegno sul tema: la protezione dei laghi e delle zone umide costiere in Italiane*”, Società Geografica Italiana, Roma, pp.373-383.
- Simon J., Kahn H., (1984), *The resourceful earth: A response to global 2000*, Simon J., Kahn H., Basil Blackwell, New York.
- Swyngedouw E.(1997), “Power, nature and the city. The conquest of water and the political ecology of urbanization in Guayaquil, Ecuador: 1880–1990” in *Environment and Planning A* 29, pp. 311–332.

Verdina Satta
 “I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere”
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

- Swyngedouw E. (1999), "Modernity and hybridity: nature, regeneracionismo, and the production of the Spanish waterscape, 1890–1930" in *Annals of the Association of American Geographers* 89 (3), pp. 443–465.
- Swyngedouw E. (2004), *Social Power and the Urbanization of Water: Flows of Power*. Oxford University Press, Oxford.
- Swyngedouw E. (2009) "The political economy and political ecology of the hydrosocial cycle", *Universities Council on Water Resources Journal of Contemporary Water Research and Education* 142, pp.56–60.
- Torns, M. (2000). "Aiguamolls de l'Alt Empordà. Set anys de lluita" in Riera J.;Dalmau A. *Girona en el canvi de Mil·lenni*, 7, pp.128-129.
- Valsecchi F. (1996), "Il paesaggio naturale" in *Alghero e il suo volto*, vol.1, Carlo Delfino Editore, Sassari, pp.33-49.
- Ventura Pujolar M., Ribas Palom A., Saurì Pujol D. (2002), "Dos discursos antagónicos a la gestión integral de los ríos: El río antropocéntrico «versus» el río ecocéntrico" in *Estudios Geograficos*, 63, pp 119-141.
- Ventura Pujolar M.,(2005), Tesi di dottorato: *Conflictos Socioterritoriales I Participacion Publica en la Gestion de l'Agua de la Conca del Rio Muga (Alt Empordà)*. Universitat de Girona, Girona.
- Verry, E. S., Boelter D. H. (1979), "Peatland hydrology, in *Wetland Functions and Values: The State of Our Understanding*" in P.E. Greeson, J. R. Clark, and J. E. Clark, eds., *American Water Resources Assoc.*, Minneapolis, MN, pp. 389-402

Verdina Satta
 "I sistemi idrici come organismi cibernetici:
 un approccio relazionale nella pianificazione di laghi artificiali
 e aree umide costiere"
 Tesi di dottorato in Architettura e Pianificazione
 Università degli Studi di Sassari

- Vollenweider R. (1976), "Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication" in *Men. 1st. Ital. Idrobiol.*, 33: pp. 53-83.
- Williams M. (1983), *Wetlands: A Threatened Landscape*, Institute of British Geographers London.
- Wittfogel K. (1957), *Oriental Despotism: A comparative study of Total Power*. Yale University Press, London.
- Worster D. (1985), *Rivers of Empire: Water, Aridity, and the Growth of the American West*, Oxford University Press, Oxford.
- Worster D. (1990), "The ecology of order and chaos" in *Environmental History Review*, 14, pp.1-18.
- Zardini M. (2000), *Paesaggi ibridi. Highway, Multiplicity*. Skira, Milano.