



## **LIFE+ 2008**

LIFE+ Programme (European Commission)  
**LIFE+ Environment Policy and Governance**

### **Project INHABIT - LIFE08 ENV/IT/000413**

*Local hydro-morphology, habitat and RBMPs: new measures to improve ecological quality in South European rivers and lakes*

**ACTION GROUP D1: Demonstration actions on classification and uncertainty**

### **Deliverable D1d1**

Rapporto tecnico - Risultati dell'attività di classificazione nelle aree studiate

*Report on classification results in the study areas*

### **Classificazione dei siti e corpi idrici fluviali nelle aree investigate dal progetto INHABIT**

Cazzola M.<sup>1</sup>, R. Casula<sup>2</sup>, A. Bottino<sup>3</sup>, D. Demartini<sup>1</sup>, R. Tenchini<sup>1,4</sup>, M. Coni<sup>2</sup>, M. Pintus<sup>2</sup>, P. Botta<sup>3</sup>, L. Giordano<sup>3</sup>, A. Nicola<sup>3</sup>, S. Erba<sup>1</sup>, A. Buffagni<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CNR-IRSA - Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca sulle Acque, U.O.S. Brugherio, Via del Mulino 19, 20861, Brugherio (MB)

<sup>2</sup> REGIONE SARDEGNA - Regione Autonoma della Sardegna, Direzione Generale Agenzia Regionale Distretto Idrografico della Sardegna, Servizio Tutela e Gestione delle Risorse Idriche, Vigilanza sui Servizi Idrici e Gestione delle Siccità. Via Mameli 88, 09123 Cagliari

<sup>3</sup> ARPA Piemonte - Arpa Piemonte - Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale, Qualità delle acque - Asti, Piazza Vittorio Alfieri 33, 14100 Asti

<sup>4</sup> DEB, Università della Tuscia, largo dell'Università s.n.c., 01100 Viterbo

Hanno contribuito alle attività sperimentali e alle analisi di laboratorio nonché dato supporto generale all'organizzazione e realizzazione delle diverse attività correlate con la produzione di questo Deliverable

#### CNR-IRSA

Romano Pagnotta, Elena Recchia, Laura Marziali, Vittorio De Santo, Federica Dusi, Daniela Pisati, Annamaria De Girolamo, Raffaella Balestrini.

#### ARPA PIEMONTE

Elio Sesia, Fulvia Castino, Marinella Fenocchio, Mauro Ferrando, Antonietta Fiorenza, Maria Pizzone, Mara Raviola, Matilde Simoniello, Maria Enza Tumminelli, Claudia Vanzetti.

#### REGIONE SARDEGNA

Giuliana Erbi, Maria Gabriella Mulas, Roberto Coni, Elisabetta Massidda, Simona Spanu.

## Sommario

Riassunto .....	1
Extended Abstract.....	2
1. Introduzione e obiettivi del deliverable.....	3
2. Siti investigati e strumenti per la classificazione .....	5
2.1 Siti investigati e cenni alle criticità relative alla tipizzazione .....	5
2.2 Criteri per la classificazione dei corpi idrici fluviali studiati in INHABIT.....	11
2.3 Classificazione biologica – macroinvertebrati .....	11
2.4 Classificazione delle condizioni di habitat .....	13
2.5 Classificazione elementi di qualità chimico-fisica.....	18
3. Risultati della classificazione.....	19
3.1 Opzioni per la classificazione biologica e principali risultati.....	19
3.2 Risultati della classificazione di habitat e chimico-fisica .....	27
3.3 Relazione tra le diverse classificazioni ottenute nei siti della Sardegna .....	38
3.4 Classificazione del corpo idrico mediante differenti opzioni di combinazione dell'informazione raccolta in tratti fluviali diversi: l'esempio del Riu Mulargia.....	43
4. Considerazioni conclusive .....	50
Bibliografia minima di supporto .....	52



## Riassunto

La WFD ha introdotto molteplici aspetti innovativi nell'ambito delle attività di monitoraggio e classificazione dei corpi idrici. La legislazione italiana ha recepito le indicazioni della direttiva mediante una serie di decreti attuativi, predisponendo l'applicazione di nuovi metodi per il monitoraggio in grado di integrare le informazioni circa la qualità dei corpi idrici riguardanti diversi elementi. Gli elementi biologici hanno ora un ruolo centrale nella definizione dello stato di qualità di un corpo idrico mentre gli elementi idromorfologici e chimico fisici generali sono utilizzati a supporto dell'interpretazione dei risultati. Il progetto INHABIT si inserisce nel complesso contesto di innovazione rappresentato dalla WFD e dai metodi a questa conformi ripresi dalla legislazione nazionale e si occupa di porre in relazione le informazioni derivanti dalle condizioni di habitat e dall'idromorfologia locale con quelle di natura biologica al fine di proporre misure pratiche per l'implementazione dei Piani di Gestione dei Bacini Idrografici.

Il presente deliverable è parte delle attività di dimostrazione del progetto (D1) ed è dedicato alla presentazione dei risultati della classificazione relativa ai siti fluviali oggetto di indagine nel progetto, effettuata in accordo con i metodi disponibili più aggiornati. Con tale attività non ci si prefigge di fornire una classificazione 'ufficiale' dei siti, di competenza degli Enti preposti, ma di evidenziare alcune delle criticità connesse con la definizione della qualità ecologica. Sono stati oggetto dell'attività i siti fluviali delle due aree oggetto di studio nel progetto, Sardegna e Piemonte, oltre a un set di dati esterni al progetto relativi a siti fluviali della Sardegna investigati da CNR-IRSA in precedenza. In accordo con le tipizzazioni regionali, i siti investigati sono stati attribuiti al relativo corpo idrico mediante un confronto con i dati disponibili. I risultati relativi alla classificazione dei singoli siti sono stati confrontati con quelle ottenute per i corpi idrici. La classificazione è stata condotta in accordo con tre aspetti dell'ecosistema: comunità dei macroinvertebrati (STAR\_ICMi), aspetti di habitat (indici Habitat Modification Score, Habitat Quality Assessment, Land Use Index e Indice di Qualità dell'Habitat) e condizioni chimico fisiche (LIMeco). I metodi applicati, conformi alla legislazione nazionale e alla WFD, sono descritti nei loro punti salienti e ne sono evidenziati alcuni aspetti critici che introducono le tematiche della variabilità affrontate nelle successive fasi del progetto. La classificazione biologica è stata effettuata considerando, qualora presenti, i campioni raccolti in due mesohabitat e sono proposte alcune considerazioni circa il confronto dei risultati ottenuti nei due casi. Con un maggiore focus sulla regione Sardegna, sono descritte le relazioni tra le classificazioni ottenute in accordo con gli aspetti biologici e quelle relative alle caratteristiche di habitat e chimico fisiche. È infine presentato, relativamente ad un bacino fluviale in Sardegna (Riu Mulargia), un esempio di attribuzione alternativa dei siti ai corpi idrici che considera la ponderazione dei singoli tratti fluviali in funzione della loro estensione e rappresentatività, nonché l'inclusione di corsi d'acqua minori appartenenti alla rete idrografica dello stesso bacino.

## Extended Abstract

The WFD has introduced several innovative elements in policies for monitoring and classification of water bodies. Dedicated decrees have been recently issued adsorbing WFD requests in the Italian legislation. New monitoring protocols have also been introduced in order to integrate the definition of water bodies' ecological status based on different Quality Elements. According to WFD classification scheme general status of a water body is assessed through the evaluation of the chemical status together with the ecological status. Assessment of ecological status is based on sampling and interpretation of data on Biological Quality Elements whilst hydromorphological and chemical-physical elements are considered in order to support biological data interpretation. In the context of innovation represented by WFD requirements and by the recently adopted monitoring assessment methods, INHABIT Project is aimed at integrating information about local hydro-morphological features into practical measures to improve the reliability of implementation of WFD River Basin Management Plans (RBMPs).

The present deliverable is part of the project's demonstration actions on classification and uncertainty and is dedicated to the results of classification carried out on river sites surveyed in the project. Classification has been performed according to the most up to date WFD classification tools. Aim of such activity is not to produce an official sites' classification but to highlight critical elements in the assessment of ecological quality through the analysis of classification results. River sites from the two project's sampling areas, Sardinia and Piedmont, have been considered. In addition an extra set of data related to Sardinian sites investigated during a research project in 2004 has been included. All investigated sites have been assigned to water bodies through a comparison with available data from regional river typologies. Classifications obtained for single sampling sites and water bodies as a whole have been compared. Classification has been performed according to three aspects of river ecosystem: benthic macroinvertebrates (STAR\_ICMi), habitat features (indices Habitat Modification Score, Habitat Quality Assessment, Land Use Index and IQH Index of Habitat Quality) and chemical-physical conditions (LIMEco index). Applied methods are compliant with WFD requirements and national legislation. Methods are described in their relevant points and some critical issues introducing classification variability are highlighted. Evaluation of variability and uncertainty of sites classification will be addressed in the upcoming phases of the project. Biological classification has been performed considering, when present, samples collected in two mesohabitats. Some remarks on comparison between results obtained in the two options are emphasized. With a focus on Sardinia, relationship between the classifications obtained according to benthic community and abiotic features are described. In the final part of the deliverable an example is presented for Riu Mulargia watershed (Sardinia) where alternative options for attribution of sites to water bodies are considered. Such options involves the classification of water bodies according to weighting of river stretches according to their relative length and the consideration for classification activities of small sized water courses.

## 1. Introduzione e obiettivi del deliverable

Il raggiungimento dello stato di qualità buono entro il 2015 è obiettivo primario in accordo con le indicazioni della Direttiva Quadro sulle Acque (EC, 2000: WFD). In conformità alle richieste della direttiva, gli stati membri attuano programmi di monitoraggio finalizzati alla classificazione dei corpi idrici. Vi sono molteplici aspetti di innovazione introdotti dalla WFD nell'ambito delle attività di monitoraggio. Tra questi, una delle novità più rilevanti rispetto alla preesistente legislazione nazionale italiana e di altri paesi comunitari è costituita dalla modalità di classificazione della qualità ambientale attraverso il confronto con ambienti di riferimento, definiti all'interno dello stesso tipo di corpo idrico. Sulla base di questo principio la classificazione è effettuata in termini di rapporto di qualità ecologica, i.e. rapporto tra le condizioni osservate e quelle attese in condizioni prossime alla naturalità per lo stesso tipo. Un altro importante elemento di novità è la centralità delle comunità biologiche (EQB o BQE, Elementi di Qualità Biologica: macroinvertebrati bentonici, flora acquatica e pesci), sulle quali è incentrata una parte importante della valutazione dello stato ambientale (affiancata a quella dello stato chimico), con la considerazione degli elementi idromorfologici e chimico fisici come supporto per l'interpretazione del dato biologico. In particolare, nella WFD l'utilizzo delle informazioni idromorfologiche e di habitat è ritenuto basilare ai fini di una caratterizzazione dell'ecosistema fluviale necessaria per la comprensione delle risposte biologiche alle alterazioni indotte dalle attività antropiche e per la descrizione delle condizioni attese di naturalità.

Le indicazioni della WFD sono state recepite nella legislazione italiana, tra gli altri, con il decreto monitoraggio D.M. 56/09 e con il decreto classificazione D.M. 260/10, promulgato nel novembre 2010. Sebbene non pubblicato in tempo utile al fine di permetterne sempre l'inclusione nei piani di monitoraggio, il decreto 260/10 contiene le specifiche dei nuovi protocolli di classificazione dei corpi idrici aggiornati sulla base delle indicazioni della WFD.

Nel complesso contesto di innovazione rappresentato dalla WFD e dai metodi a questa conformi contenuti nella legislazione nazionale, il progetto INHABIT prende in considerazione gli aspetti relativi alle caratteristiche idromorfologiche locali e si occupa di integrare le informazioni da queste derivanti in misure pratiche volte al miglioramento dei Piani di Gestione dei Bacini Idrografici. Un importante obiettivo del progetto riguarda l'indagine degli aspetti di incertezza associata ai metodi della valutazione dello stato ecologico legata alla variabilità delle condizioni ambientali ed in particolare delle condizioni di habitat.

Il gruppo di attività D1 del progetto INHABIT (<http://www.life-inhabit.it/it/temi-risultati-inhabit/classificazione-incertezza>) prevede la realizzazione di azioni volte a dimostrare l'efficacia della classificazione effettuata sui siti oggetto di studio e ad evidenziare gli aspetti relativi all'incertezza di tale classificazione. Tali attività sviluppano uno degli aspetti chiave del progetto relativo al miglioramento della comprensione dei fattori che maggiormente possono influenzare la determinazione dello stato ecologico. Gli aspetti che incrementano per ragioni naturali o legate a fattori antropici la variabilità delle caratteristiche dell'ecosistema acquatico possono rivestire un'importanza cruciale influenzando, talvolta in modo determinante, sui risultati della classificazione. Le attività descritte nel presente deliverable si occupano in particolare della prima fase del gruppo di azioni, volta ad applicare alle aree di studio, e qui in particolare per i fiumi, i metodi disponibili più aggiornati per la classificazione di siti e corpi idrici. Le attività di classificazione presentate costituiscono in questo senso una descrizione della situazione allo stato attuale, precedente alle potenziali innovazioni obiettivo del progetto INHABIT, sebbene in forma articolata e volta a mettere in luce gli effetti di diverse combinazioni possibili dei campioni raccolti/siti studiati o di più

opzioni di calcolo. I metodi utilizzati per effettuare la classificazione fanno riferimento alla normativa nazionale recentemente emanata con lo scopo di soddisfare i requisiti della WFD. Tali metodi rappresentano nella maggior parte dei casi una novità per la realtà italiana e la loro completa integrazione nei piani di monitoraggio da parte delle Regioni e delle Agenzie competenti è ancora in fase di attuazione.

L'attività del presente deliverable è volta a presentare i risultati ottenibili attraverso l'utilizzo di questi metodi su alcuni set di dati campione. Tali dati hanno incluso, oltre ai siti investigati nel progetto nelle due aree Sardegna e Piemonte, un gruppo di dati raccolti da parte di CNR-IRSA nel corso del progetto di ricerca MICARI (D.M. 408 RIC. 20/03/02) svoltosi nella regione Sardegna nell'anno 2004. Come previsto dal progetto INHABIT, sono stati indagati tre aspetti dell'ecosistema fluviale: comunità dei macroinvertebrati, caratteristiche di habitat e condizioni chimico fisiche. Ci si è concentrati in particolare sulla comparazione delle classificazioni ottenute in accordo con diverse alternative, considerando i confronti tra le classificazioni effettuate sui singoli siti e sui siti accorpati in corpi idrici e le relazioni tra le classificazioni ottenute in accordo con i diversi aspetti, biologico, di habitat e chimico-fisico. Sono inoltre effettuate alcune considerazioni sul confronto tra le classificazioni biologiche osservate considerando i diversi mesohabitat (i.e. pool e riffle) e sono introdotte alcune problematiche relative all'attribuzione tipologica di tratti fluviali della Regione Sardegna.

Si ricorda che non è tra gli scopi del presente deliverable, né del progetto INHABIT, quello di fornire una classificazione ufficiale dei siti ma ci si prefigge invece, attraverso l'analisi dei risultati della classificazione prodotta, di mettere in evidenza alcuni aspetti problematici legati alla definizione della qualità ecologica.

## 2. Siti investigati e strumenti per la classificazione

### 2.1 Siti investigati e cenni alle criticità relative alla tipizzazione

La strategia di selezione dei siti di campionamento per il Progetto INHABIT è stata ampiamente descritta in precedenti deliverables del progetto. In particolare, i siti e le aree di studio investigate sono stati descritti nel dettaglio nel deliverable I1d1 (Erba et al., 2011) mentre i criteri per la selezione dei siti di riferimento e l'attribuzione tipologica dei siti sono riportati nel deliverable Pd2 (Erba et al., 2010). Nel contesto del presente deliverable si riportano alcuni elementi relativi ai siti investigati, utili al fine di interpretare i risultati della classificazione.

I siti investigati nelle due regioni di studio, Sardegna e Piemonte, sono stati selezionati all'interno di diversi tipi fluviali ritenuti, sulla base delle informazioni contenute nei Piani di Gestione delle due regioni (si veda Marziali et al., 2010), tra i più rappresentativi della tipologia regionale.

Nella regione Piemonte sono stati considerati 2 tipi: 'fiumi piccoli da scorrimento superficiale della idroecoregione Alpi Occidentali' (codice 01SS2) e 'fiumi piccoli da scorrimento superficiale della idroecoregione pianura padana' (codice 06SS2). Tali tipi risultano i più rappresentativi nella regione in termini di chilometri e di numero di corpi idrici per tipo (Marziali et al., op. cit.). La tabella 1 presenta la lista dei siti piemontesi del progetto INHABIT con l'indicazione del corpo idrico e del tipo fluviale corrispondente.

Tabella 1 Elenco siti investigati per il progetto INHABIT in Piemonte con relativa attribuzione a corpo idrico e tipo fluviale. È riportata l'indicazione del tipo fluviale utilizzato per derivare i valori di riferimento per la classificazione (si veda par. 2.3 per descrizione).

Cod	Fiume/sito	Raccolta benthos (campagna invernale)	Raccolta benthos (campagna prim-estiva)	Denominazione Corpo Idrico	Codice Corpo Idrico	Tipo tratto	Tipo per calcolo valori di riferimento
P1	Campiglia	04/04/2011	16/06/2011	Campiglia	01SS2N082PI	01SS2Nna	01SS2
P2	Loana	13/04/2011	13/07/2011	Loana	01SS2N282PI	01SS2Nna	01SS2
P3	Pogallo	14/04/2011	08/08/2011	Pogallo	01SS2N462PI	01SS2Nna	01SS2
P4	Savenca REF	10/03/2011	20/06/2011	Savenca	01SS2N710PI	01SS2Nna	01SS2
P5	Savenca SDOP	10/03/2011	20/06/2011	Savenca	01SS2N710PI	01SS2Nna	01SS2
P6	Tesso	31/03/2011	04/07/2011	Tesso	01SS2N817PI	01SS2Nna	01SS2
P7	Tesso SDOP	31/03/2011	04/07/2011	Tesso	01SS2N817PI	01SS2Nna	01SS2
P8	Viona	05/04/2011	30/06/2011	Viona	01SS2N934PI	01SS2Nna	01SS2
P9	Viona SDOP	05/04/2011	30/06/2011	Viona	01SS2N934PI	01SS2Nna	01SS2
P10	Sizzone REF	03/03/2011	5/07/2011*	Torrente Sizzone	06SS2T842PI	06SS2Tna	06SS2
P10a	Sizzone mulino		26/05/2011	Torrente Sizzone	06SS2T842PI	06SS2Tna	06SS2
P11	Sizzone REF monte	21/03/2011*	--	Torrente Sizzone	06SS2T842PI	06SS2Tna	06SS2
P12	Guarabione guado	08/03/2011	19/05/2011	Guarabione	06SS2T256PI	06SS2Tna	06SS2
P13	Guarabione SDOP	24/02/2011	19/05/2011	Guarabione	06SS2T256PI	06SS2Tna	06SS2
P14	Olobbia	07/03/2011	27/06/2011	Olobbia	06SS2T339PI	06SS2Tna	06SS2
P15	Olobbia SDOP	07/03/2011	06/07/2011	Olobbia	06SS2T339PI	06SS2Tna	06SS2
P16	Strego	21/02/2011	17/05/2011	Strego	06SS2T740PI	06SS2Tna	06SS2
P17	Ceronda REF	14/02/2011	23/06/2011	Ceronda	06SS2T103PI	06SS2Tna	06SS2
P18	Odda	24/02/2011	24/05/2011	Odda	06SS2T267PI	06SS2Tna	06SS2
P19	Curone**	30/03/2011	--	Curone**	(n.t.)	(n.t.)	06SS2

\* solo caratterizzazione idromorfologica

\*\* sito localizzato in Lombardia

Per quanto riguarda la Sardegna i siti rientrano nelle due categorie di persistenza dell'acqua, perenne e temporaneo. Sono stati considerati complessivamente 6 tipi fluviali, di cui 3 appartenenti ai fiumi perenni e 3 ai fiumi temporanei.

La presenza di un'unica idroecoregione in Sardegna (HER 21) non attenua la complessità della situazione tipologica in questa regione, nella quale la definizione dell'informazione sulla persistenza dell'acqua in alveo si rivela un aspetto di particolare criticità. Come illustrato in precedenza (Erba et al., 2010), la Regione Sardegna ha sviluppato un sistema di modellizzazione che consente di ricavare l'informazione sulla persistenza dei corsi d'acqua sulla base della stima della portata transitante (RAS, 2009). I risultati di tale modellizzazione, che rappresenta un interessante approccio potenzialmente trasferibile ad altri contesti regionali in area mediterranea, dovranno essere confermati sulla base di dati sperimentali. Nel corso delle attività sperimentali del progetto INHABIT in Sardegna sono state riscontrate alcune apparenti discrepanze tra le indicazioni utilizzate nella tipizzazione ufficiale e le osservazioni di campo, tali da indurre a ipotizzare un'attribuzione alternativa di alcuni tratti fluviali da temporanei a perenni o viceversa. La situazione di complessità è accentuata dal possibile mutamento del medesimo tratto fluviale dalla condizione perenne a temporanea (o viceversa) al verificarsi di particolari annate idrologiche, determinando gradienti di persistenza anziché categorie nettamente definite. Nel presente deliverable sarà considerata per i siti della Sardegna esclusivamente la tipizzazione ufficiale RAS, mentre il confronto tra possibili attribuzioni tipologiche alternative sarà discusso in deliverable successivi.

La tabella 2 presenta la lista completa dei siti del progetto INHABIT in Sardegna comprensiva di attribuzione al corpo idrico e al tipo fluviale corrispondente. L'attribuzione al corpo idrico dei siti è stata effettuata mediante il confronto tra la posizione del punto individuato dalle coordinate su un riferimento cartografico (Google Earth) e la localizzazione del corpo idrico, come riportato sulla cartografia CEDOC della regione Sardegna (Centro Documentazione Bacini Idrografici, RAS, 2007), consultabile sulla rete.

Tabella 2. Elenco siti investigati per il progetto INHABIT in Sardegna con relativa attribuzione a corpo idrico e tipo fluviale. È riportata l'indicazione del tipo fluviale utilizzato per derivare i valori di riferimento per la classificazione (si veda par. 2.3 per descrizione).

Cod	Fiume	Sito	Corpo Idrico CEDOC Sardegna	Codice ID CEDOC	Tipo RAS	Tipo per calcolo valori di riferimento (HER21)
S1	Barrastoni	Barrastoni	Riu Barrastoni	0164-CF001000	21EF7Tsa	M5
S2	Liscia	Liscia Valle Lago	Fiume Liscia (-02)	0164-CF000102	21IN7Tsa	IN7-IN8
S3	Cialdeniddu	Cialdeniddu	ND <sup>(1)</sup>	ND <sup>(1)</sup>	n.t. <sup>(2)</sup>	M5
S4	Safaa	Safaa Alientu	Riu della Faa	0170-CS0001	n.t. <sup>(2)</sup>	M5
S5	Sperandeu	Sperandeu	Riu Sperandeu	0171-CF000100	21EF7Tsa	M5
S6	Baldu	Baldu Monte Culvert	Riu di Baldu	0164-CF000800	21EF7Tsa	M5
S7	Baldu	Baldu Down Culvert	Riu di Baldu	0164-CF000800	21EF7Tsa	M5
S8	Sud Limbara	Terra Mala Valle Ponte	Canale Terramala	0177-CF002500	21EF7Tsa	M5
S9	Sud Limbara	Terra Mala Ref	Canale Terramala	0177-CF002500	21EF7Tsa	M5
S10	Saserra	Saserra Ref	Fiume Posada (-01)	0115-CF000101	21EF7Tsa	M5
S11	Posada	Posada Valle Guado	Fiume Posada (-02)	0115-CF000102	21EF8Tsa	M5
S12	Lorana	Lorana Monte	Riu Lorana	0102-CF003700	21IN7Tsa	IN7-IN8
S13	Posada Affluente	Posada Af	Riu s'Astore	0115-CF001400	21EF7Tsa	M5
S14	Rio San Giuseppe	Solago/Sarossa	Riu Orvani	0102-CF002600	21IN7Tsa	IN7-IN8
S15	Lorana	Lorana Valle	Riu Lorana	0102-CF003700	21IN7Tsa	IN7-IN8
S16	Cedrino Irgoli Affl.	Irgoli	Riu Santa Maria	0102-CF000200	21IN7Tsa	IN7-IN8
S17	Flumineddu	Gorroppu	Riu Flumineddu	0102-CF005500	21SS3Tsa	SS2
S18	Corr'e Pruna	Corr'e Pruna Monte	Riu Corr'e Pruna	0035-CF000200	21EF7Tsa	M5
S19	Corr'e Pruna	Corr'e Pruna Valle	Riu Corr'e Pruna	0035-CF000200	21EF7Tsa	M5
S20	Corr'e Pruna	Ponte	Riu Corr'e Pruna	0035-CF000200	21EF7Tsa	M5
S21	Solana	Solana	Riu Solanas	0016-CF000100	21EF7Tsa	M5
S22	Picocca	Picocca Ref	Rio Picocca	0035-CF000102	21IN8Tsa	IN7-IN8
S23	Foddeddu	Foddeddu Valle	Fiume Foddeddu	0073-CF000102	21IN8Tsa	IN7-IN8
S24	Porceddu	Porceddu	Riu di Monte Porceddus	0035-CF000400	21EF7Tsa	M5
S25	Museddu	Museddu	Rio Is Arpas	0065-CS0001	n.t. <sup>(2)</sup>	M5
S26	Canale	Canale Monte Dep.	Riu Bau Samuccu	0067-CF000100	21IN7Tsa	IN7-IN8
S27	E Gurue	E Gurue	Riu Pramaera	0074-CF000102	21SS2Tsa	SS2
S28	Tirso	Tirso	Fiume Tirso	0222-CF000101	21SR1Tsa	SS1

<sup>(1)</sup>: Fiume Cialdeniddu: affluente del Riu Barrastoni non riportato nel CEDOC.

<sup>(2)</sup>: non tipizzato

#### *Set di dati esterni al progetto INHABIT: i siti fluviali del progetto MICARI*

Come previsto dal piano del Progetto INHABIT, le attività di dimostrazione per classificazione ed incertezza (gruppo di azioni D1) si sviluppano in una prima fase con l'applicazione dei metodi disponibili per le classificazione ai siti investigati nel corso del progetto. Successivamente, qualora si rendano disponibili dati idonei, l'applicazione dei metodi di classificazione potrà essere estesa ad altri siti nelle stesse aree di studio, includendo corpi idrici non direttamente investigati nel progetto. I dataset esterni possono provenire da diverse fonti, in particolare possono fare riferimento a dati raccolti nel corso di precedenti progetti di ricerca, disponibili presso gli Istituti coinvolti in INHABIT o meno, e dati forniti dalle agenzie competenti relativi alle reti di monitoraggio. In questa fase del progetto non è stato possibile includere dati provenienti dalle agenzie regionali (ARPA Piemonte e ARPAS Sardegna) dal momento che i risultati della

classificazione risultano al momento in corso di validazione. Le tempistiche per il completamento del processo di classificazione dei corpi idrici inclusi nella rete di monitoraggio non sono note in via definitiva, essendo stati adottati solo in tempi molto recenti i nuovi protocolli di classificazione. Qualora tali dati si rendessero disponibili, la loro inclusione nelle attività di dimostrazione sarà possibile in fasi successive del progetto.

Nel corso delle attività svolte in preparazione del presente deliverable si è proceduto all'inclusione di un set di 37 siti investigati in Sardegna nell'anno 2004 da parte del CNR-IRSA nel corso del progetto MICARI (MIUR, 2002. D.M. 408 Ric. 20/03/2002). Il Progetto MICARI, attivo nel periodo 2002-2004, ha avuto l'obiettivo di sviluppare strumenti e procedure per il miglioramento della capacità ricettiva dei corpi idrici superficiali mediante l'applicazione di tecniche ecologiche in ambienti acquatici naturali e artificiali.

I siti del progetto MICARI sono stati investigati in tre stagioni (febbraio, giugno e agosto 2004) con modalità analoghe a quelle utilizzate nel 2011 per il progetto INHABIT, in particolare per quanto riguarda il campionamento della fauna macrobentonica, il rilievo delle variabili idromorfologiche e di habitat e l'analisi delle variabili di qualità dell'acqua. È stato pertanto possibile effettuare anche su tali siti l'applicazione dei metodi di classificazione, analogamente a quanto effettuato per i siti INHABIT.

Nella tabella 3 sono riportati i siti investigati nel corso del progetto MICARI con l'indicazione del corpo idrico e del tipo fluviale di appartenenza. Come per i siti INHABIT l'attribuzione al corpo idrico è stata effettuata mediante il confronto con la cartografia CEDOC della regione Sardegna.

Per i siti MICARI sono stati considerati complessivamente 5 tipi fluviali, di cui 2 appartenenti ai fiumi perenni e 3 ai fiumi temporanei.

Tabella 3. Elenco siti investigati per il progetto MICARI in Sardegna considerati per la classificazione con relativa attribuzione a corpo idrico e tipo fluviale.

Cod	Fiume	Sito	Data campione mese/anno	Corpo Idrico CEDOC Sardegna	Codice ID CEDOC	Tipo RAS	Tipo per calcolo valori di riferimento
M1	Girasole	Girasole Foce	02/2004	Riu Girasole (-02)	0073-CF001802	21IN7Tsa	IN7-IN8
M2	Girasole	Girasole Foce	06/2004	Riu Girasole (-02)	0073-CF001802	21IN7Tsa	IN7-IN8
M3	Girasole	Girasole Foce	08/2004	Riu Girasole (-02)	0073-CF001802	21IN7Tsa	IN7-IN8
M4	Mannu	Mannu Valle	08/2004	Flumini Mannu (-03)	0001-CF000103	21SS3Tsa	SS2
M5	Mannu	Mannu Villamar	06/2004	Flumini Mannu (-03)	0001-CF000103	21SS3Tsa	SS2
M6	Mirenu	Mirenu Condotta	02/2004	Riu Girasole (-02)	0073-CF001802	21IN7Tsa	IN7-IN8
M7	Mirenu	Mirenu Condotta briglia	08/2004	Riu Girasole (-02)	0073-CF001802	21IN7Tsa	IN7-IN8
M8	Mirenu	Mirenu Monte Condotta	06/2004	Riu Girasole (-02)	0073-CF001802	21IN7Tsa	IN7-IN8
M9	Mulargia	Mulargia B Autocampionatore	02/2004	Riu Arroglasia <sup>(1)</sup>	0039-CS0194	n.t. <sup>(1)</sup>	IN7-IN8
M10	Mulargia	Mulargia B Autocampionatore	06/2004	Riu Arroglasia <sup>(1)</sup>	0039-CS0194	n.t. <sup>(1)</sup>	IN7-IN8
M11	Mulargia	Mulargia B Autocampionatore	08/2004	Riu Arroglasia <sup>(1)</sup>	0039-CS0194	n.t. <sup>(1)</sup>	IN7-IN8
M12	Mulargia	Mulargia C Intermedio	08/2004	Riu Mulargia (-01)	0039-CF015401	21SS3Tsa	SS2
M13	Mulargia	Mulargia C monte	02/2004	Riu Mulargia (-01)	0039-CF015401	21SS3Tsa	SS2
M14	Mulargia	Mulargia C valle	06/2004	Riu Mulargia (-01)	0039-CF015401	21SS3Tsa	SS2
M15	Mulargia	Mulargia D Foce	02/2004	Riu Mulargia (-01)	0039-CF015401	21SS3Tsa	SS2
M16	Mulargia	Mulargia D Foce valle	08/2004	Riu Mulargia (-01)	0039-CF015401	21SS3Tsa	SS2
M17	Mulargia	Mulargia D Ponte centralina	06/2004	Riu Mulargia (-01)	0039-CF015401	21SS3Tsa	SS2
M18	Mulargia	Mulargia ref	02/2004	Riu Bau Longu <sup>(1)</sup>	0039-CS0186	n.t. <sup>(1)</sup>	IN7-IN8
M19	Mulargia	Mulargia ref	06/2004	Riu Bau Longu <sup>(1)</sup>	0039-CS0186	n.t. <sup>(1)</sup>	IN7-IN8
M20	Mulargia	Mulargia ref	08/2004	Riu Bau Longu <sup>(1)</sup>	0039-CS0186	n.t. <sup>(1)</sup>	IN7-IN8
M21	Gorbini	Oleandro ref	02/2004	Riu Girasole (-01)	0073-CF001801	21IN7Tsa	IN7-IN8
M22	Gorbini	Oleandro ref	06/2004	Riu Girasole (-01)	0073-CF001801	21IN7Tsa	IN7-IN8
M23	Gorbini	Oleandro ref	08/2004	Riu Girasole (-01)	0073-CF001801	21IN7Tsa	IN7-IN8
M24	Leni	Rio Leni ref	06/2004	Riu Bidda Scema	0001-CF002800	21EF7Tsa	M5
M25	Pelau	Rio Pelau Ponte	08/2004	Fiume Pelau	0066-CF000102	21SS2Tsa	SS2
M26	Su Corongiu	Su Corongiu Monte	06/2004	Fiume Fodeddu	0073-CF000102	21IN8Tsa	IN7-IN8
M27	Su Corongiu	Su Corongiu Ponte	08/2004	Fiume Fodeddu	0073-CF000102	21IN8Tsa	IN7-IN8
M28	Su Corongiu	Su Corongiu Valle	02/2004	Fiume Fodeddu	0073-CF000102	21IN8Tsa	IN7-IN8

<sup>(1)</sup>: Piccolo affluente del corpo idrico del Riu Mulargia non tipizzato

(segue)

Tabella 3 (segue). Elenco siti investigati per il progetto MICARI in Sardegna considerati per la classificazione con relativa attribuzione a corpo idrico e tipo fluviale. È riportata l'indicazione del tipo fluviale utilizzato per derivare i valori di riferimento per la classificazione (si veda par. 2.3 per descrizione).

Cod	Fiume	Sito	Data campione mese/anno	Corpo Idrico CEDOC Sardegna	Codice ID CEDOC	Tipo RAS	Tipo per calcolo valori di riferimento
M29	Su Lernu	Su Lernu Castagna	08/2004	Riu de su Piricone	0129-CF002200	21EF7Tsa	M5
M30	Su Lernu	Su Lernu monte Padru	06/2004	Riu de su Piricone	0129-CF002200	21EF7Tsa	M5
M31	Su Lernu	Su Lernu ref	02/2004	Riu de su Piricone	0129-CF002200	21EF7Tsa	M5
M32	Su Lernu	Su Lernu ref	08/2004	Riu de su Piricone	0129-CF002200	21EF7Tsa	M5
M33	Su Lernu	Su Lernu ref monte	06/2004	Riu de su Piricone	0129-CF002200	21EF7Tsa	M5
M34	Su Lernu	Su Lernu Valle	02/2004	Riu de su Piricone	0129-CF002200	21EF7Tsa	M5
M35	Santa Lucia	Santa Lucia Confluenza	02/2004	Riu Tricardi	0073-CF002100	21IN7Tsa	IN7-IN8
M36	Santa Lucia	Santa Lucia Ponte	08/2004	Riu Tricardi	0073-CF002100	21IN7Tsa	IN7-IN8
M37	Santa Lucia	Santa Lucia Ponte FS	06/2004	Riu Tricardi	0073-CF002100	21IN7Tsa	IN7-IN8

## 2.2 Criteri per la classificazione dei corpi idrici fluviali studiati in INHABIT

Per quanto riguarda i dati considerati nel presente deliverable è stato possibile effettuare la classificazione dei singoli campioni e dei corpi idrici per quanto riguarda tre aspetti: la comunità dei macroinvertebrati bentonici, le condizioni di habitat e gli elementi di qualità chimico-fisica.

La classificazione di qualità dei corpi idrici è effettuata in conformità con i metodi normativi nazionali aggiornati (D.M. 260/10), e l'analisi dei risultati di tale classificazione – oltre all'importante carattere dimostrativo – è propedeutica agli obiettivi successivi del progetto, consentendo di porre in evidenza gli aspetti di criticità nella definizione della qualità ecologica nelle aree di studio.

La classificazione sulla base degli aspetti menzionati è stata effettuata sia per i singoli campioni (singolo sito di campionamento o, qualora presente, singola stagione) sia per i corpi idrici ai quali i singoli siti fluviali possono essere attribuiti. La classificazione per un dato corpo idrico è stata effettuata calcolando il valore medio di tutti i campioni ad esso riferibili i.e. diversi siti in diverse stagioni, per ciascuno degli indici applicati. Inoltre, per un corpo idrico della Regione Sardegna, per il quale si dispone di un adeguato numero di campioni distinti, si è proceduto a derivare, a titolo di esempio, un valore di indice – e conseguente classificazione – calcolato come media ponderata tra i valori osservati nei diversi siti sulla base della percentuale di corpo idrico rappresentata da ciascun sito (si veda par. 3.4).

Si evidenzia che per tutte le classificazioni qui presentate è stata utilizzata la seguente codifica per le classi, in ordine decrescente di qualità: Elevato, Buono, Moderato, Scarso e Cattivo. Le classi numeriche corrispondenti, sempre in ordine decrescente di qualità sono: 1, 2, 3, 4 e 5.

## 2.3 Classificazione biologica – macroinvertebrati

La classificazione in accordo con i macroinvertebrati bentonici è stata effettuata secondo i criteri utilizzati per il monitoraggio operativo riportati nella normativa nazionale (D.M. 260/10), i.e. mediante il sistema di classificazione MacrOper basato sul calcolo dell'Indice Multimetrico STAR di Intercalibrazione (STAR\_ICMi: Buffagni et al., 2006, 2007; [CNR-IRSA, 2007](#), [2008](#)). Tale indice, conforme alle indicazioni della WFD, è composto da 6 diverse metriche biologiche, che prendono in considerazione differenti aspetti della comunità bentonica: tolleranza (ASPT), ricchezza e diversità (numero totale di famiglie, numero totale di famiglie EPT, Indice di Diversità di Shannon-Wiener) e abbondanza ( $\text{Log}_{10}(\text{Sel\_EPDT}+1)$ , 1-GOLD). La descrizione delle metriche è riportata in tabella 4.

Tabella 4. Descrizione delle metriche che compongono lo STAR\_ICMi (da CNR-IRSA, 2008).

Tipo di informazione	Tipo di metrica	Metrica	Descrizione e taxa considerati	Peso
Tolleranza	Indice	ASPT	Intera comunità (livello di Famiglia)	0.333
Abbondanza/ Habitat	Abbondanza	$\text{Log}_{10} (\text{SeI\_EPTD} + 1)$	$\text{Log}_{10}$ (somma delle abbondanze di Heptageniidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Brachycentridae, Goeridae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, Dolichopodidae, Stratyomidae, Dixidae, Empididae, Athericidae e Nemouridae + 1)	0.266
	Abbondanza	1-GOLD	1 - (abbondanza relativa di Gastropoda, Oligochaeta e Diptera)	0.067
Ricchezza /Diversità	Numero taxa	Numero totale di Famiglie	Somma di tutte le famiglie presenti nel sito	0.167
	Numero taxa	Numero di Famiglie di EPT	Somma delle famiglie di Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera	0.083
	Indice Diversità	Indice di diversità di Shannon-Wiener	$D_{S-W} = - \sum_{i=1}^s \left( \frac{n_i}{A} \right) \cdot \ln \left( \frac{n_i}{A} \right)$ (sull'intera comunità)	0.083

I valori ottenuti per le sei metriche sono normalizzati, dividendo il valore osservato nel campione in esame per il valore mediano osservato nei campioni raccolti in siti di riferimento nel tipo fluviale di appartenenza, e ponderati, moltiplicando per un valore di ponderazione (peso) fisso per ogni metrica. Combinando le 6 metriche si ottiene il valore finale dell'indice espresso in Rapporto di Qualità Ecologica con valori compresi tra 0 e 1+.

Nel corso della messa a punto del sistema di classificazione MacrOper, basato su questo metodo di calcolo, un aspetto cruciale ha riguardato la definizione del valore mediano dei campioni di riferimento nei diversi tipi fluviali nazionali. I valori di mediana dei campioni di riferimento delle metriche che compongono lo STAR\_ICMi sono riportati per tutti i tipi fluviali nel decreto monitoraggio D.M. 260/10 (tabella 1b, 2b e 3b dell'appendice del Decreto). Tuttavia, come ampiamente descritto in CNR-IRSA (2008), non per tutti i tipi fluviali sono disponibili informazioni di dettaglio relative ai valori delle metriche nei siti di riferimento. Sulla base di alcuni semplici criteri, si è quindi proceduto ad estendere l'applicabilità dei valori di riferimento calcolati nel dettaglio per un determinato tipo ad altri tipi per i quali non si disponeva di dati idonei. Si riconoscono a questo proposito tre livelli di informazione (CNR-IRSA, 2008): 1) di dettaglio, quando sono disponibili informazioni relative alla comunità di riferimento specifica per tipo fluviali, 2) generale, quando è avvenuto un primo livello di approssimazione rispetto ai dati di dettaglio e 3) indicativa, quando vi sono due livelli di approssimazione successivi.

Esistono inoltre tipi fluviali per i quali l'informazione relativa ai siti di riferimento non è disponibile. Dedicata a tali situazioni, sono state predisposte tabelle generiche di classificazione (i.e. tabella 5 del D.M. 260/10) che fanno riferimento a macrocategorie di tipi, mutate dal processo europeo di intercalibrazione per la WFD, anziché a tipi fluviali. Un esempio di queste macrocategorie è costituito dal macrotipo M5 che include tutti i corsi d'acqua non perenni. Per quanto riguarda i campioni classificati nel corso del presente deliverable, la tabella 5 sintetizza i tipi fluviali ai quali i corpi idrici/siti studiati appartengono con il riferimento al tipo utilizzato per derivare i valori di riferimento e il livello di informazione disponibile. Il dettaglio del tipo è inoltre riportato per ciascun corpo idrico/sito nell'ultima colonna delle tabelle 1,2 e 3.

Nel presente deliverable i valori utilizzati per la classificazione fanno riferimento a quelli riportati nel D.M. 260/10. Si sottolinea tuttavia che, in particolare per la Sardegna, non per tutti i tipi fluviali analizzati sono presenti informazioni di dettaglio. In tali casi, una classificazione più aderente alla realtà locale potrebbe essere effettuata utilizzando dati da siti di riferimento individuati nei tipi fluviali corrispondenti. Qualora tali dati si rendessero disponibili, eventuali possibilità di modifiche

alla classificazione di tali siti – in seguito alla ‘taratura’ delle condizioni di riferimento - saranno valutate di concerto con la Regione Sardegna.

Tabella 5. Tipi fluviali dei siti considerati nel presente deliverable. (livello di tipizzazione 2, 'di massima').

Regione/ HER	n	Codice tipo	Temporaneo/Perenne	Origine/Persistenza	Dimensione/Morfologia	Tipo per calcolo valore di riferimento	Livello di informazione
Sardegna/ 21	1	21SR1Tsa	Perenne	Sorgente	Molto piccolo	SS1	Indicativo
	2	21SS2Tsa	Perenne	Scorrimento superficiale	Piccolo	SS2	Indicativo
	3	21SS3Tsa	Perenne	Scorrimento superficiale	Medio	SS2	Indicativo
	4	21EF7Tsa	Temporaneo	Effimero	Meandriforme, sinuoso o confinato	M5	Indicativo
	5	21EF8Tsa	Temporaneo	Effimero	Semiconfinato, transizionale, a canali intrecciati o anastomizzato	M5	Indicativo
	6	21IN7Tsa	Temporaneo	Intermittente	Meandriforme, sinuoso o confinato	IN7-IN8	Dettaglio
	7	21IN8Tsa	Temporaneo	Intermittente	Semiconfinato, transizionale, a canali intrecciati o anastomizzato	IN7-IN8	Generico
Piemonte/ 01	8	01SS2Nna	Perenne	Scorrimento superficiale	Piccolo	01SS2	Dettaglio
Piemonte/ 06	9	06SS2Tna	Perenne	Scorrimento superficiale	Piccolo	06SS2	Dettaglio

Per quanto riguarda i siti della regione Piemonte, si sottolinea che il calcolo dello STAR\_ICMi accorpato per corpi idrici è stato effettuato sulla base dei campioni di fauna macrobentonica disponibili per le due stagioni di campionamento previste dal progetto. Le classificazioni potranno pertanto non coincidere con le classificazioni finali che saranno fornite dall'ARPA Piemonte, verosimilmente sulla base di tre o più stagioni di campionamento.

Il calcolo dello STAR\_ICMi per tutti i campioni e corpi idrici è stato effettuato utilizzando il software MacrOper.ICM ver 0.1.1 beta (Buffagni & Belfiore, 2011). Per il download di MacrOper.ICM: <http://www.life-inhabit.it/cnr-irsa-activities/it/attivita-cnr-irsa-inhabit/stato-ecologico/macropericm>

- Tutti i calcoli effettuati nel presente deliverable possono essere ripetuti e.g. da chi legge, anche in diversa combinazione, sulla base dei dati relativi ai macroinvertebrati raccolti durante il progetto INHABIT e riportati integralmente nel Deliverable INHABIT "[1d2. Banca dati relativa agli aspetti biologici e alla qualità delle acque. Parte A: fiumi](#)".

#### 2.4 Classificazione delle condizioni di habitat

La classificazione degli aspetti relativi agli habitat è stata effettuata mediante l'utilizzo dell'indice IQH (Indice di Qualità dell'Habitat) che integra le informazioni derivate da tre ulteriori indici, relativi ciascuno ad un aspetto della qualità dell'habitat: l'indice HMS (Habitat Modification Score; Raven et al. 1998; Buffagni et al., 2010) che consente una quantificazione dell'alterazione morfologica, l'indice HQA (Habitat Quality Assessment; Raven et al. 1998; Buffagni et al., 2010) che stima la diversificazione degli habitat fluviali e il LUIcara (Land Use Index; Buffagni et al., 2010, da

ora in avanti in questo testo: LUI) che quantifica gli aspetti relativi all'uso del territorio a livello di tratto fluviale. L'indice IQH è espresso in valori compresi tra 0 e 1+ ed è costituito dalla media dei valori in EQR dei tre indici individuali.

In accordo con il D.M. 260/10, è necessario che le condizioni di habitat siano valutate per i tratti di corpo idrico candidati ad essere siti di riferimento. Tuttavia, il Decreto suggerisce di considerare la valutazione delle caratteristiche di habitat anche per il monitoraggio di sorveglianza, e più in generale ogni qualvolta si voglia avere un utile strumento di supporto all'interpretazione del dato biologico. Dal momento che l'obbligo di applicazione è previsto in particolare per la definizione dei siti di riferimento, vengono proposti in tale decreto i limiti di classe secondo cui distinguere lo stato elevato dagli altri stati, genericamente indicati come stato non elevato.

Per aiutare nell'interpretazione del dato biologico vengono proposti nel presente contributo anche i limiti di classe dell'indice IQH per la definizione degli stati buono, moderato, scarso e cattivo (Tabelle 6a e 6b), rilevando come essi potranno comunque subire modifiche nel corso delle successive attività del progetto INHABIT. La procedura adottata per definire i limiti di classe è quella di dividere l'ambito di variazione tra il limite che definisce lo stato elevato e 0 (valore minimo) in 4 classi di uguale ampiezza, definendo così i limiti di classe tra G/M, M/P, P/B. Questa procedura è analoga a quanto adottato per la definizione dei limiti di classe dei 3 indici che compongono l'IQH e dell'indice STAR\_ICMi, indice utilizzato per la definizione dello stato di qualità per gli invertebrati fluviali (CNR-IRSA, 2008).

Tabella 6a. Classi di qualità dell'habitat per i corsi d'acqua temporanei e per i corsi d'acqua di pianura piccoli e molto piccoli.

EQR <sub>IQH</sub>	Stato di qualità
≥ 0.81	elevato
≥ 0.61	buono
≥ 0.41	moderato
≥ 0.21	scarso
< 0.21	cattivo

Tabella 6b. Classi di qualità dell'habitat per tutti i rimanenti tipi fluviali.

EQR <sub>IQH</sub>	Stato di qualità
≥ 0.90	elevato
≥ 0.67	buono
≥ 0.44	moderato
≥ 0.21	scarso
< 0.21	cattivo

Il calcolo degli indici sopra citati è stato effettuato sulla base delle informazioni raccolte con il metodo [CARAVAGGIO \(Buffagni et al. 2005\)](#) che prevede su un tratto di 500m il rilevamento di più di 1500 informazioni relative agli habitat fluviali e ripari ([per la scheda di applicazione, clicca qui](#)). Le caratteristiche raccolte sono relative a tre comparti dell'ecosistema fluviale: alveo, sponde e aree perifluviali. Le caratteristiche del metodo CARAVAGGIO e degli indici di qualità dell'habitat, comprensive delle modalità di calcolo sono ampiamente descritte in altri deliverable del progetto,

in particolare in [Buffagni et al. \(2010, Pd3\)](#) e [Erba et al. \(2011, l1d1\)](#). Il calcolo degli indici HMS, HQA, LUI ed IQH è stato effettuato in automatico mediante il software [CARAVAGGIOsoft \(Di Pasquale & Buffagni, 2006\)](#).

Si ritiene utile in questa sede riportare le tabelle per il calcolo delle classi di qualità dei diversi indici, già descritte in Buffagni et al. (2010) e utilizzate per la classificazione dei siti nel presente deliverable (tabelle 7-9). I limiti di classe degli indici HMS e LUI sono uguali per tutti i tipi fluviali mentre per l'indice HQA sono differenziati, in accordo con valori al momento orientativi, per diverse aree geografiche/macrotipi. In tabella 8 (a-d) sono riportati i limiti di classe per l'indice HQA relativi macrotipi considerati per la classificazione dei siti investigati.

Tabella 7. (da Buffagni et al., 2010) Classi di qualità secondo l'indice HMS, da utilizzare a fini interpretativi del dato biologico.

EQR HMS	Range di punteggio HMS	Range in 100-HMS	Stato di qualità
≥ 0.94	0 - 6	94-100	stato elevato
≥ 0.82	7-18	82-93	stato buono
≥ 0.58	19-42	58-81	stato moderato
≥ 0.28	43-72	28-57	stato scarso
< 0.28	≥ 73	≤ 27	stato cattivo

Tab. 8 (da Buffagni et al., 2010). Definizione dello stato di qualità elevato secondo l'indice HQA, ai sensi della 2000/60/EC e divisione in cinque classi di qualità.

a. Alpi (mediana HQA ref 54): limiti utilizzati per siti HER1 regione Piemonte.

$EQR_{HQA}$	Punteggio HQA – Alpi	Stato elevato/non elevato	$EQR_{HQA}$	Punteggio HQA – Alpi	Stato di qualità
$\geq 0.84$	$\geq 47$	stato elevato	$\geq 0.84$	$\geq 47$	elevato
$< 0.84$	$< 47$	stato non elevato	$\geq 0.63$	38-46	buono
			$\geq 0.42$	29-37	moderato
			$\geq 0.21$	20-28	scarso
			$< 0.21$	$\leq 19$	cattivo

b. Fiumi mediterranei temporanei (mediana HQA ref 58): limiti utilizzati per siti temporanei regione Sardegna.

$EQR_{HQA}$	Punteggio HQA – fiumi mediterranei temporanei	Stato elevato/non elevato	$EQR_{HQA}$	Punteggio HQA – fiumi mediterranei temporanei	Stato di qualità
$\geq 0.66$	$\geq 42$	stato elevato	$\geq 0.66$	$\geq 42$	elevato
$< 0.66$	$< 42$	stato non elevato	$\geq 0.49$	34-41	buono
			$\geq 0.32$	26-33	moderato
			$\geq 0.15$	18-25	scarso
			$< 0.15$	$\leq 17$	cattivo

c. Piccoli fiumi di pianura (mediana HQA ref 56): limiti utilizzati per siti HER6 regione Piemonte.

$EQR_{HQA}$	Punteggio HQA – piccoli fiumi di pianura	Stato elevato/non elevato	$EQR_{HQA}$	Punteggio HQA – piccoli fiumi di pianura	Stato di qualità
$\geq 0.69$	$\geq 42$	stato elevato	$\geq 0.69$	$\geq 42$	elevato
$< 0.69$	$< 42$	stato non elevato	$\geq 0.51$	34-41	buono
			$\geq 0.33$	26-33	moderato
			$\geq 0.16$	18-25	scarso
			$< 0.16$	$\leq 17$	cattivo

Tab. 8 (d.) (da Buffagni et al., 2010). Definizione generale, per fiumi appartenenti ad altri macrotipi, dello stato di qualità elevato secondo l'indice HQA, ai sensi della 2000/60/EC e divisione in cinque classi di qualità (mediana HQA ref 57): limiti utilizzati per siti perenni regione Sardegna.

$EQR_{HQA}$	Punteggio HQA –altri fiumi	Stato elevato/non elevato
$\geq 0.78$	$\geq 47$	stato elevato
$< 0.78$	$< 47$	stato non elevato

$EQR_{HQA}$	Punteggio HQA – altri fiumi	Stato di qualità
$\geq 0.78$	$\geq 47$	elevato
$\geq 0.59$	38-46	buono
$\geq 0.39$	29-37	moderato
$\geq 0.20$	20-28	scarso
$< 0.20$	$\leq 19$	cattivo

Tab. 9 (da Buffagni et al., 2010, mod.). Classi di qualità secondo l'indice LUI, da utilizzare a fini interpretativi del dato biologico.

$EQR_{LUIcara}$	Range di punteggio LUI	Range in Max-LUI	Stato di qualità
$\geq 0.95$	0 - 2	37.2- 39.2	stato elevato
$\geq 0.72$	2.01-11	28.2-37.19	stato buono
$\geq 0.49$	11.01-20	19.2-28.19	stato moderato
$\geq 0.26$	20.01-29	10.2-19.19	stato scarso
$< 0.26$	$> 29$	$< 10.2$	stato cattivo

Per i siti INHABIT in Sardegna, l'applicazione su campo del metodo CARAVAGGIO è avvenuta contestualmente al campionamento dei macroinvertebrati. Per i siti del Piemonte sono state effettuate due applicazioni del metodo in febbraio-marzo 2011 e giugno-luglio 2011, corrispondenti alle due stagioni di raccolta dei macroinvertebrati. Per i seguenti siti l'applicazione del metodo CARAVAGGIO è stata effettuata in un'unica stagione (inverno 2011): Loana e Pogallo per la HER1, Guarabione, Guarabione SDOP e Odda per la HER6. Per i siti in Sardegna relativi al progetto MICARI, l'applicazione del metodo CARAVAGGIO è sempre stata effettuata in concomitanza con il campionamento biologico e ripetuta nelle stagioni successive. La classificazione sui corpi idrici è stata effettuata considerando la totalità delle applicazioni disponibili, in numero variabile, per i siti ricompresi nel corpo idrico.

## 2.5 Classificazione elementi di qualità chimico-fisica

La classificazione dei siti sulla base delle caratteristiche chimico fisiche è stata effettuata mediante il descrittore LIMeco (D.M. 260/10) in grado di sintetizzare l'informazione derivata dalla concentrazione di alcune variabili chimico-fisiche. Il descrittore LIMeco integra le informazioni relative alla concentrazione dei nutrienti e alla saturazione di ossigeno misurate nel campione in esame ed è calcolato attribuendo un punteggio sulla base della concentrazione dei macrodescrittori N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, Fosforo totale e percentuale di saturazione di ossigeno. Il LIMeco viene calcolato per la normativa nazionale (D.M. 260/10) secondo i criteri riportati nella tabella 10.

Tabella 10. Soglie per l'assegnazione dei punteggi ai singoli parametri per ottenere il punteggio LIMeco (Tab. 4.1.2/a D.M. 260/10).

Parametro	Punteggio*	Livello 1 1	Livello 2 0.5	Livello 3 0.25	Livello 4 0.125	Livello 5 0
100-OD (% sat.)	Soglie**	≤   10	≤   20	≤   40	≤   80	>   80
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)		< 0.03	≤ 0.06	≤ 0.12	≤ 0.24	> 0.24
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)		< 0.6	≤ 1.2	≤ 2.4	≤ 4.8	> 4.8
Fosforo totale (µg/l)		< 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400

\*Punteggio da attribuire al singolo parametro

\*\* Le soglie di concentrazione corrispondenti al Livello 1 sono state definite sulla base delle concentrazioni osservate in campioni (115) prelevati in siti di riferimento (49), appartenenti a diversi tipi fluviali. In particolare, tali soglie, che permettono l'attribuzione di un punteggio pari a 1, corrispondono al 75° percentile (N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, e Ossigeno disciolto) o al 90° (Fosforo totale) della distribuzione delle concentrazioni di ciascun parametro nei siti di riferimento. I siti di riferimento considerati fanno parte di un database disponibile presso CNR-IRSA.

I punteggi alle concentrazioni dei macrodescrittori sono attribuiti in accordo con valori di percentili (e loro multipli) osservati in un gruppo di siti di riferimento. La prima soglia per definire il punteggio massimo (Livello 1) corrisponde al 75° percentile della distribuzione delle concentrazioni osservate per N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> e Ossigeno disciolto e al 90° percentile per il Fosforo totale. Le soglie successive sono calcolate come multipli della prima. La derivazione delle soglie da valori osservati in siti di riferimento è coerente con le indicazioni della WFD.

Il punteggio di LIMeco di ciascun campionamento viene calcolato come media tra i punteggi attribuiti ai singoli parametri. Al punteggio di LIMeco calcolato è possibile attribuire una classe di qualità al sito, secondo le soglie riportate in tabella 11.

Tabella 11. Classificazione di qualità secondo i valori di LIMeco (Tabella 4.1.2/b D.M. 260/10).

Stato di qualità	LIMeco
Elevato*	≥ 0.66
Buono	≥ 0.50
Moderato	≥ 0.33
Scarso	≥ 0.17
Cattivo	< 0.17

\* Il limite tra lo stato elevato e lo stato buono è stato fissato pari al 10° percentile dei campioni ottenuti da siti di riferimento

Per quanto riguarda le attività qui illustrate, la classe di qualità relativa a più campioni (e.g. per quanto riguarda siti accorpatis in un dato corpo idrico) è calcolata sul valore medio di LIMeco derivato dai diversi campioni. Per quanto riguarda i siti piemontesi si sottolinea che il valore di LIMeco calcolato include le 4 stagioni di campionamento delle variabili chimico-fisiche al momento disponibili e potrebbe pertanto non coincidere con il valore finale che sarà prodotto

dall'ARPA Piemonte sulla base dei 6 campionamenti complessivamente previsti dall'agenzia. Si ricorda inoltre che per quanto riguarda la classificazione dei singoli campioni sono state considerate le analisi effettuate nella data più vicina al campionamento biologico. I dettagli sulle date di prelievo del campione per le analisi chimiche sono presentati in altri deliverables del progetto (Erba et al., 2011; Cazzola et al., 2012).

### **3. Risultati della classificazione**

#### **3.1 Opzioni per la classificazione biologica e principali risultati**

In accordo con i protocolli di raccolta descritti in Erba et al. (2011), per la maggior parte dei siti investigati sono disponibili due campioni di macroinvertebrati bentonici, raccolti in diversi mesohabitat/aree a seconda della regione e dell'idroecoregione in esame. Si ricorda che il campionamento in un solo mesohabitat è ritenuto idoneo al fine della classificazione i.e. risultato minimo del monitoraggio operativo (D.M. 56/09); tuttavia, per consentire analisi di maggiore dettaglio si è proceduto in molti casi a campionamenti addizionali nel secondo mesohabitat, come previsto per e.g. il monitoraggio di sorveglianza, per i siti di riferimento e per quelli appartenenti alla rete nucleo. Il campionamento in due aree distinte è stato effettuato in tutti i siti localizzati in Sardegna e in siti selezionati in Piemonte. La classificazione dei siti è stata pertanto effettuata considerando i due campioni (se disponibili) separatamente e successivamente combinati (i.e. valore medio dell'indice) . A titolo di esempio, nel caso della totalità dei siti della Sardegna sono state calcolate tre classificazioni: per l'area di pool, per quella di riffle e per il totale risultante dalla combinazione delle due (valore medio). I dettagli del numero di siti e campioni investigati nelle diverse aree ed idroecoregioni sono riportati in Cazzola et al. (2012).

## Sardegna

I risultati della classificazione in accordo con l'indice STAR\_ICMi per i siti della regione Sardegna, suddivisi per mesohabitat pool, riffle e totale, sono riportati nelle tabelle 12-15. Più in particolare, i risultati sono presentati in 4 tabelle separate per i due gruppi di siti INHABIT e MICARI e per campioni singoli e corpi idrici.

Tabella 12. Classificazione in accordo con l'indice STAR\_ICMi dei siti investigati per il progetto INHABIT in Sardegna (campioni singoli). Campionamento in stagione unica, maggio 2011. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

Cod	Sito	POOL		RIFFLE		TOT	
		STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe
S1	Barrastoni	1.015	1	1.014	1	1.015	1
S2	Liscia	1.121	1	0.980	1	1.051	1
S3	Cialdeniddu	0.851	2	0.712	3	0.782	2
S4	Safaa Aglientu REF	0.992	1	0.984	1	0.988	1
S5	Sperandeu REF	1.016	1	0.965	2	0.990	1
S6	Baldu Monte Culvert	1.092	1	1.091	1	1.091	1
S7	Baldu Down Culvert	0.929	2	0.913	2	0.921	2
S8	Sud Limbara Terra Mala Valle Ponte	0.954	2	0.764	2	0.859	2
S9	Sud Limbara Terra Mala Ref REF	1.024	1	0.798	2	0.911	2
S10	Saserra REF	1.153	1	1.152	1	1.152	1
S11	Posada Valle Guado REF	1.022	1	0.899	2	0.961	2
S12	Lorana Monte	1.114	1	1.039	1	1.077	1
S13	Posada Affluente REF	0.952	2	0.954	2	0.953	2
S14	Rio San Giuseppe	0.947	2	0.931	2	0.939	2
S15	Lorana Multiculvert	1.018	1	0.816	2	0.917	2
S16	Cedrino Irgoli Affluente	1.049	1	0.884	2	0.967	2
S17	Flumineddu REF	0.844	2	0.799	2	0.821	2
S18	Corr'e Pruna Monte	0.903	2	0.750	2	0.827	2
S19	Corr'e Pruna Valle	0.656	3	0.693	3	0.675	3
S20	Corr'e Pruna Ponte	0.867	2	0.627	3	0.747	2
S21	Solanas	0.812	2	0.880	2	0.846	2
S22	Picocca REF	1.237	1	1.001	1	1.119	1
S23	Foddeddu	0.802	2	0.714	3	0.758	2
S24	Porceddu	0.674	3	0.841	2	0.758	2
S25	Museddu	0.791	2	0.745	2	0.768	2
S26	Canale Monte Depuratore	0.628	3	0.560	3	0.594	3
S27	E Gurue	0.552	3	0.486	3	0.519	3
S28	Tirso REF	0.835	2	0.808	2	0.821	2

Tabella 13. Classificazione in accordo con l'indice STAR\_ICMi dei corpi idrici investigati per il progetto INHABIT in Sardegna (siti aggregati nel corpo idrico). Campionamento in stagione unica, maggio 2011. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

id	Corpo Idrico	POOL		RIFFLE		TOT	
		STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe
1	BARRASTONI	1.015	1	1.014	1	1.015	1
2	LISCIA	1.121	1	0.980	1	1.051	1
3	CIALDENIDDU	0.851	2	0.712	3	0.782	2
4	RIU DELLA FAA	0.992	1	0.984	1	0.988	1
5	SPERANDEU	1.016	1	0.965	1	0.99	1
6	RIU DI BALDU	1.011	1	1.002	1	1.006	1
7	TERRAMALA	0.989	1	0.781	2	0.885	2
8	SASERRA	1.153	1	1.152	1	1.152	1
9	POSADA	1.022	1	0.899	2	0.961	2
10	LORANA	1.066	1	0.928	1	0.997	1
11	S'ASTORE (Posada affl.)	0.952	2	0.954	2	0.953	2
12	ORVANI (San Giuseppe)	0.947	2	0.931	2	0.939	2
13	SANTA MARIA (Cedrino affl.)	1.049	1	0.884	1	0.967	2
14	FLUMINEDDU	0.844	2	0.799	2	0.821	2
15	CORR'E PRUNA	0.809	2	0.690	2	0.749	2
16	RIU SOLANAS	0.812	2	0.880	2	0.846	2
17	PICOCCA	1.237	1	1.001	1	1.119	1
18	FODDEDU 2011	0.802	2	0.714	3	0.758	2
19	PORCEDDUS	0.674	3	0.841	2	0.758	2
20	MUSEDU	0.791	2	0.745	2	0.768	2
21	BAU SAMUCCU (Canale M. Dep.)	0.564	3	0.539	3	0.552	3
22	PRAMAERA (E Gurue)	0.552	3	0.486	3	0.519	3
23	TIRSO	0.835	2	0.808	2	0.821	2

Tabella 14. Classificazione in accordo con l'indice STAR\_ICMi dei siti investigati per il progetto MICARI (campioni singoli). Campionamento in tre stagioni. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

Cod	Sito	mese/anno	POOL		RIFFLE		TOT	
			STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe
M1	Girasole Foce	02/04	0.550	3	0.633	3	0.592	3
M2	Girasole Foce	06/04	0.623	3	0.658	3	0.641	3
M3	Girasole Foce	08/04	0.793	2	0.605	3	0.699	3
M4	Mannu Valle	08/04	0.417	4	0.385	4	0.401	4
M5	Mannu Villamar	06/04	0.433	4	0.307	4	0.370	4
M6	Mirenu Condotta	02/04	0.630	3	0.561	3	0.595	3
M7	Mirenu Condotta Briglia	08/04	0.983	1	1.035	1	1.009	1
M8	Mirenu Monte Condotta	06/04	0.769	2	0.675	3	0.722	3
M9	Mulargia B - Autocampionatore	02/04	0.858	2	0.830	2	0.844	2
M10	Mulargia B - Autocampionatore	06/04	0.786	2	0.658	3	0.722	3
M11	Mulargia B - Autocampionatore	08/04	0.739	2	0.727	3	0.733	2
M12	Mulargia C - Guado Intermedio	08/04	0.790	2	0.845	2	0.818	2
M13	Mulargia C - Guado Monte	02/04	0.794	2	0.638	3	0.716	3
M14	Mulargia C - Guado Valle	06/04	0.560	3	0.552	3	0.556	3
M15	Mulargia D - Foce	02/04	0.640	3	0.607	3	0.623	3
M16	Mulargia D - Valle	08/04	0.742	2	0.783	2	0.762	2
M17	Mulargia D - Ponte Centralina	06/04	0.711	3	0.752	2	0.731	2
M18	Mulargia ref	02/04	1.204	1	0.954	2	1.079	1
M19	Mulargia ref	06/04	0.967	2	0.893	2	0.930	2
M20	Mulargia ref	08/04	0.638	3	0.913	2	0.775	2
M21	Oleandro ref	02/04	1.136	1	1.020	1	1.078	1
M22	Oleandro ref	06/04	1.000	1	1.001	1	1	1
M23	Oleandro ref	08/04	0.779	2	0.904	2	0.842	2
M24	Leni ref	06/04	0.924	2	0.899	2	0.912	2
M25	Pelau Ponte	08/04	0.881	2	0.803	2	0.842	2
M26	Su Corongiu Monte	06/04	0.875	2	0.696	3	0.786	2
M27	Su Corongiu Ponte	08/04	1.157	1	1.229	1	1.193	1
M28	Su Corongiu Valle	02/04	0.768	2	0.774	2	0.771	2
M29	Su Lernu Castagna	08/04	0.977	1	0.975	1	0.976	1
M30	Su Lernu Monte Padru	06/04	1.154	1	1.101	1	1.128	1
M31	Su Lernu ref	02/04	0.998	1	0.974	1	0.986	1
M32	Su Lernu ref	08/04	0.816	2	1.109	2	0.962	2
M33	Su Lernu ref	06/04	0.896	2	1.011	2	0.953	2
M34	Su Lernu Valle Padru	02/04	1.106	1	0.981	1	1.044	1
M35	S. Lucia Confluenza	02/04	1.045	1	1.172	1	1.109	1
M36	S. Lucia Ponte	08/04	1.171	1	1.208	1	1.190	1
M37	S. Lucia FFSS	06/04	0.971	1	0.974	1	0.973	1

Tabella 15. Classificazione in accordo con l'indice STAR\_ICMi dei corpi idrici investigati per il progetto INHABIT in Sardegna (siti aggregati nel corpo idrico). Campionamento in tre stagioni. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

id	Corpo Idrico	anno	POOL		RIFFLE		TOT	
			STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe
1	GIRASOLE 02	2004	0.725	3	0.694	3	0.710	3
2	MANNU	2004	0.425	4	0.346	4	0.385	4
3	MULARGIA	2004	0.690	3	0.680	3	0.685	3
4	GIRASOLE 01	2004	0.971	1	0.975	1	0.973	1
5	LENI	2004	0.924	2	0.899	2	0.912	2
6	PELAU	2004	0.881	2	0.803	2	0.842	2
7	FODDEDDU 2004	2004	0.933	2	0.900	2	0.917	2
8	SU PIRICONE	2004	0.991	1	1.025	1	1.008	1
9	TRICARDI	2004	1.063	1	1.118	1	1.090	1

Il gradiente di qualità espresso dall'indice STAR\_ICMi è più ampio per i siti MICARI (peraltro, più numerosi) per i quali sono rappresentate quattro classi di qualità, sia considerando i singoli campioni, sia i corpi idrici. Per le classificazioni dei siti INHABIT non si osservano campioni o corpi idrici che ricadono nelle due peggiori classi di qualità, evidenziando un gradiente più compresso verso condizioni di migliore qualità.

Considerando le classificazioni dei siti effettuate su ciascuno dei due mesohabitat oggetto di campionamento - pool e riffle - è possibile evidenziare come vi sia una sostanziale coincidenza tra il giudizio di qualità espresso dai due mesohabitat, come sintetizzato in tabella 16. Si evidenzia come una percentuale compresa tra il 68% (caso dei campioni singoli INHABIT) e il 100% dei siti (caso dei corpi idrici MICARI), considerando campioni e corpi idrici dei due gruppi di siti, presenti una classificazione coincidente tra le due aree. Effettuando un confronto all'interno dei due gruppi, siti INHABIT e siti MICARI, tra classificazione dei campioni e dei corpi idrici si evidenzia come considerando l'accorpamento in corpi idrici si verifichi un aumento della congruenza di classificazione tra i due mesohabitat, particolarmente evidente per i siti MICARI per i quali la classificazione all'interno dei corpi idrici è coincidente tra pool e riffle in tutti i siti. Nei casi in cui si verifica una differenza di classificazione nelle due aree, si osserva nella maggior parte dei casi una classificazione più restrittiva nell'area di riffle, più evidente per il gruppo di siti INHABIT nei quali nel 29% dei casi la pool fornisce un giudizio di qualità più elevato di quello del riffle considerando i singoli campioni.

Tabella 16. Congruenza di classificazione dei siti della regione Sardegna tra i mesohabitat di riffle e di pool espressa in percentuale.

	siti INHABIT		siti MICARI	
	campione	corpo idrico	campione	corpo idrico
classificazione riffle e pool coincidenti	68	78	76	100
classe di qualità del riffle più elevata della pool	3	4	5	0
classe di qualità della pool più elevata del riffle	29	18	19	0

## Piemonte

I risultati della classificazione in accordo con l'indice STAR\_ICMi per i siti in Piemonte sono riportati nelle tabelle 17-20. In particolare i risultati sono presentati in tabelle separate per i siti appartenenti alle due idroecoregioni investigate (HER1 e HER6) e per campioni singoli e corpi idrici. È riportato, qualora presente, il risultato della classificazione effettuata sul campione raccolto nel secondo mesohabitat.

Tabella 17. Classificazione in accordo con l'indice STAR\_ICMi dei siti investigati per il progetto INHABIT in Piemonte per la HER1 (campioni singoli). La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

id	Sito	Corpo Idrico	mese/anno	GENERICO (riffle)		GENERICO (pool)		TOT	
				STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe
P1	Campiglia REF	CAMPIGLIA	04/2011	0.961	1	0.952	1	0.957	1
P1	Campiglia REF	CAMPIGLIA	06/2011	0.957	1	0.875	2	0.916	2
P2	Loana REF	LOANA	04/2011	0.977	1	0.921	2	0.949	2
P2	Loana REF	LOANA	07/2011	1.012	1	0.970	1	0.991	1
P3	Pogallo REF	POGALLO	04/2011	0.992	1	1.100	1	1.046	1
P3	Pogallo REF	POGALLO	08/2011	1.012	1	1.071	1	1.042	1
P4	Savenca REF	SAVENCA	03/2011	1.077	1	0.884	2	0.980	1
P4	Savenca REF	SAVENCA	06/2011	0.938	2	1.017	1	0.977	1
P5	Savenca SDOP	SAVENCA	03/2011	0.990	1	NC *		0.990	1
P5	Savenca SDOP	SAVENCA	06/2011	0.799	2	NC *		0.799	2
P6	Tesso	TESSO	03/2011	1.161	1	1.141	1	1.151	1
P6	Tesso	TESSO	07/2011	1.242	1	1.141	1	1.192	1
P7	Tesso SDOP	TESSO	03/2011	1.239	1	NC *		1.239	1
P7	Tesso SDOP	TESSO	07/2011	1.212	1	NC *		1.212	1
P8	Viona	VIONA	04/2011	1.098	1	1.135	1	1.117	1
P8	Viona	VIONA	06/2011	1.048	1	1.127	1	1.088	1
P9	Viona SDOP	VIONA	04/2011	1.043	1	NC *		1.043	1
P9	Viona SDOP	VIONA	06/2011	1.014	1	NC *		1.014	1

\*: mesohabitat secondario non campionato

Tabella 18. Classificazione in accordo con l'indice STAR\_ICMi dei corpi idrici investigati per il progetto INHABIT in Sardegna (siti aggregati nel corpo idrico). La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

id	Corpo Idrico	anno	GENERICO (riffle)		GENERICO (pool)		TOT	
			STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe
1	CAMPIGLIA	2011	0.959	1	0.914	2	0.937	2
2	LOANA	2011	0.995	1	0.945	2	0.97	1
3	POGALLO	2011	1.002	1	1.085	1	1.044	1
4	SAVENCA	2011	0.951	1	0.950	1	0.951	1
5	TESSO	2011	1.213	1	1.141	1	1.189	1
6	VIONA	2011	1.051	1	1.131	1	1.077	1

Tabella 19. Classificazione in accordo con l'indice STAR\_ICMi dei siti investigati per il progetto INHABIT in Piemonte per la HER6 (campioni singoli). La dicitura 'NC' è riportata dove il mesohabitat secondario non è stato campionato. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

id	Sito	Corpo Idrico	data	GENERICO 1		GENERICO 2		TOT	
				STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe
P10	Sizzone REF	SIZZONE	03/2011	1.011	1	1.021	1	1.016	1
P10a	Sizzone REF mulino	SIZZONE	05/2011	1.012	1	1.053	1	1.032	1
P12	Guarabione	GUARABIONE	03/2011	0.344	4	NC		0.344	4
P12	Guarabione	GUARABIONE	05/2011	0.421	4	NC		0.421	4
P13	Guarabione SDOP	GUARABIONE	02/2011	0.413	4	NC		0.413	4
P13	Guarabione SDOP	GUARABIONE	05/2011	0.445	4	NC		0.445	4
P14	Olobbia	OLOBBIA	03/2011	1.015	1	1.057	1	1.036	1
P14	Olobbia	OLOBBIA	06/2011	1.051	1	0.979	1	1.015	1
P15	Olobbia SDOP	OLOBBIA	03/2011	0.903	2	NC		0.903	2
P15	Olobbia SDOP	OLOBBIA	07/2011	1.018	1	NC		1.018	1
P16	Strego	STREGO	02/2011	1.072	1	1.034	1	1.053	1
P16	Strego	STREGO	05/2011	1.004	1	1.043	1	1.024	1
P17	Ceronda REF	CERONDA	02/2011	0.927	2	0.898	2	0.912	2
P17	Ceronda REF	CERONDA	06/2011	0.858	2	0.853	2	0.856	2
P18	Odda	ODDA	02/2011	0.208	5	NC		0.208	5
P18	Odda	ODDA	05/2011	0.235	5	NC		0.235	5
P19	Curone REF**	CURONE	03/2011	0.956	2	1.042	1	0.999	1

\*: mesohabitat secondario non campionato

Tabella 20. Classificazione in accordo con l'indice STAR\_ICMi dei corpi idrici investigati per il progetto INHABIT in Sardegna (siti aggregati nel corpo idrico). La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

id	Corpo Idrico	anno	GENERICO 1		GENERICO 2		TOT	
			STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe
7	SIZZONE	2011	1.012	1	1.037	1	1.024	1
8	GUARABIONE	2011	0.406	4	NC		0.406	4
9	OLOBBIA	2011	0.997	1	1.018	1	1.004	1
10	STREGO	2011	1.038	1	1.039	1	1.038	1
11	CERONDA	2011	0.893	2	0.875	2	0.884	2
12	ODDA	2011	0.222	5	NC		0.222	5
13	CURONE	2011	0.956	2	1.042	1	0.999	1

La maggior parte dei campioni dell'area alpina (HER1) sono classificati in accordo con l'indice STAR\_ICMi in classe elevata, con solo 8 campioni su 48 classificati in classe buona prendendo in considerazione i tre mesohabitat 'generico', pool e totale. Considerando le coppie di siti controllo/alterato (sdoppiato) (i.e. sui fiumi Savenca, Tesso e Viona), selezionate per porre in evidenza le alterazioni morfologiche a parità di condizioni generali e qualità dell'acqua, lo STAR\_ICMi mostra quasi sempre valori più bassi nel sito alterato della coppia (sito SDOP: sdoppiato), sebbene generalmente tale diminuzione non faccia registrare un passaggio ad una classe di qualità inferiore. La concordanza tra le classificazioni operate in accordo con i due mesohabitat è del 67% (8 siti su 12), mentre in 3 dei 4 casi restanti la pool fornisce un giudizio peggiore di un classe. Come atteso, le classi di qualità si mantengono molto uniformi con l'accorpamento dei siti in corpi idrici.

Nei siti dell'area di pianura (HER6) si osserva una notevole variabilità tra il giudizio espresso dallo STAR\_ICMi nei diversi campioni, con un gradiente di qualità che comprende tutte le classi di qualità. Come già osservato per la HER1, anche nella HER6 la differenza di classificazione tra i siti appaiati risulta poco marcata, con il peggioramento di una classe di qualità nel sito peggiore nel caso della coppia Olobbia/Olobbia SDOP in una stagione. Come prevedibile, essendo il campionamento effettuato per questa idroecoregione solo in generico, si osserva una elevata concordanza di classificazione tra i due campioni raccolti, con la sola eccezione del fiume Curone, nel quale si sono osservate in fase di campionamento caratteristiche del campione Generico 1 più assimilabili a quelle di una pool. L'accorpamento in corpi idrici conferma l'ampio gradiente di qualità ambientale espresso dall'indice calcolato sui singoli campioni.

### 3.2 Risultati della classificazione di habitat e chimico-fisica

#### *Sardegna*

Nelle tabelle 21-24 sono riportati i risultati della classificazione relativa agli aspetti di habitat e alle variabili chimico fisiche nei siti localizzati in Sardegna. Analogamente a quanto effettuato per la classificazione biologica, i risultati per i due gruppi di siti e per campioni e corpi idrici sono presentati in 4 tabelle distinte.

La classificazione effettuata sulla base dei descrittori di habitat mostra per i siti del progetto INHABIT un'elevata variabilità nelle classi di qualità, soprattutto per quanto riguarda il grado di alterazione morfologica espresso dall'indice HMS. In accordo con questo indice risultano rappresentate tutte le cinque classi di qualità. Una minore variabilità si osserva per gli altri due indicatori di qualità dell'habitat, LUI (indicatore del livello di 'qualità' del territorio circostante) ed HQA (indicatore della qualità degli habitat acquatici) per i quali si osserva un gradiente in tre classi di qualità con una predominanza della classe Elevata. Il risultante indice IQH, calcolato dalla media in EQR dei tre indici precedenti, riflette una certa variabilità con un gradiente su quattro classi di qualità.

L'indice LIMeco, che integra le informazioni relative alla qualità dell'acqua espressa dalla concentrazione di nutrienti e saturazione di ossigeno, mostra una bassa variabilità con la quasi totalità dei siti in classe Elevata e solo alcuni in classe Buona. Le stesse considerazioni possono essere effettuate sia per i singoli campioni, sia per i corpi idrici nel loro complesso. Questo risultato è in linea con quanto atteso, dal momento che per il progetto INHABIT si è avuto cura di selezionare siti che non presentassero evidente impatto dal punto di vista chimico-fisico, ma che fossero invece prevalentemente interessati da alterazioni a carico delle caratteristiche morfologiche e di habitat, a diverso livello di intensità.

Per quanto riguarda i siti del progetto MICARI la variabilità nella classificazione si osserva sia per gli aspetti di habitat, sia per la qualità dell'acqua. Anche in questo caso, una maggiore variabilità nella classificazione per i descrittori di habitat si osserva per quanto riguarda l'indice HMS per il quale si evidenziano quattro classi di qualità.

L'indice LIMeco evidenzia in questo caso un certo gradiente di qualità, sebbene sia possibile evidenziare in taluni casi una variabilità tra le classi di qualità dello stesso sito all'interno delle diverse stagioni di campionamento. Questo risulta in certo modo evidente per i siti del corpo idrico del Mulargia per i quali si osservano classificazioni Scarse o Cattive per alcuni campioni della stagione invernale (i.e. campioni di febbraio). Per quanto riguarda questa stagione è possibile riscontrare un possibile evento di inquinamento in corrispondenza del sito Mulargia B – 'Autocampionatore', localizzato a valle di un depuratore, i cui effetti si ripercuotono sui due siti a valle dello stesso corpo idrico (i.e. Mulargia C Guado monte e Mulargia D Foce). Le conseguenze dell'evento sembrano avere un effetto depressivo sulla comunità biologica dei siti più a valle, per i quali si osserva una diminuzione del valore di STAR\_ICMi e delle relative classi di qualità. Considerando il corpo idrico nel suo complesso, questo effetto stagionale risulta attenuato, con un contenimento della variabilità ed il rientro dei valori più estremi di classificazione. Per quanto riguarda in particolare i siti ricompresi nel bacino del Mulargia, sarà presentato in un successivo paragrafo (§ 3.4) un esempio alternativo di attribuzione dei tratti fluviali studiati a corpi idrici, con alcune considerazioni sulla classificazione effettuata in accordo con le diverse opzioni possibili.

Tabella 21. Classificazione relativa agli aspetti di habitat e chimico-fisici – siti progetto INHABIT Sardegna, campioni singoli. Campionamento in stagione unica, maggio 2011. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

Cod	Sito	HMS			HQA			LUI			IQH		LIMeco	
		valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	EQR	CL	EQR	CL
S1	Barrastoni	2	0.980	1	50	0.830	1	0.501	0.987	1	0.932	1	0.688	1
S2	Liscia	2	0.980	1	55	0.936	1	0.890	0.977	1	0.964	1	1.000	1
S3	Cialdeniddu	7	0.930	2	57	0.979	1	2.086	0.947	2	0.952	1	0.625	2
S4	Safaa Aglientu REF	0	1.000	1	70	1.255	1	0	1.000	1	1.085	1	1.000	1
S5	Sperandeu REF	3	0.970	1	49	0.809	1	0	1.000	1	0.926	1	1.000	1
S6	Baldu Monte Culvert	9	0.910	2	57	0.979	1	1.034	0.974	1	0.954	1	0.875	1
S7	Baldu Down Culvert	17	0.830	2	54	0.915	1	3.005	0.923	2	0.889	1	0.875	1
S8	Sud Limbara Terra Mala Valle Ponte	11	0.890	2	58	1.000	1	2.848	0.927	2	0.939	1	0.750*	1*
S9	Sud Limbara Terra Mala Ref REF	1	0.990	1	56	0.957	1	0.139	0.996	1	0.981	1	0.750*	1*
S10	Saserra REF	0	1.000	1	46	0.745	1	0	1.000	1	0.915	1	1.000	1
S11	Posada Valle Guado REF	0	1.000	1	62	1.085	1	0	1.000	1	1.028	1	1.000	1
S12	Lorana Monte	0	1.000	1	52	0.872	1	0	1.000	1	0.957	1	0.656	2
S13	Posada Affluente REF	0	1.000	1	50	0.830	1	0	1.000	1	0.943	1	1.000	1
S14	Rio San Giuseppe	51	0.490	4	29	0.383	3	4.373	0.888	2	0.587	3	1.000	1
S15	Lorana Multiculvert	43	0.570	4	46	0.745	1	1.450	0.963	1	0.759	2	0.656	2
S16	Cedrino Irgoli Affluente	42	0.580	3	44	0.702	1	9.832	0.749	2	0.677	2	0.750	1
S17	Flumineddu REF	0	1.000	1	61	1.087	1	0	1.000	1	1.029	1	1.000	1
S18	Corr'e Pruna Monte	51	0.490	4	34	0.489	2	11.015	0.719	3	0.566	3	0.688	1
S19	Corr'e Pruna Valle	45	0.550	4	36	0.532	2	8.923	0.772	2	0.618	2	0.688	1
S20	Corr'e Pruna Ponte	79	0.210	5	26	0.319	3	13.072	0.667	3	0.399	4	1.000	1
S21	Solanas	11	0.890	2	47	0.766	1	3.362	0.914	2	0.857	1	0.875	1
S22	Picocca REF	7	0.930	2	60	1.043	1	0.140	0.996	1	0.990	1	0.750*	1*
S23	Foddeddu	60	0.400	4	30	0.404	3	10.284	0.738	2	0.514	3	0.625	2
S24	Porceddu	28	0.720	3	42	0.660	1	4.353	0.889	2	0.756	2	1.000	1
S25	Museddu	57	0.430	4	32	0.447	3	4.480	0.886	2	0.588	3	0.813	1
S26	Canale Monte Depuratore	88	0.120	5	34	0.489	2	11.652	0.703	3	0.437	3	0.625	2
S27	E Gurue	21	0.790	3	56	0.978	1	1.035	0.974	1	0.914	1	0.875	1
S28	Tirso REF	0	1.000	1	52	0.891	1	0.150	0.996	1	0.962	1	1.000	1

\*: Valori provvisori per Picocca e Terra Mala

Tabella 22. Classificazione relativa agli aspetti di habitat e chimico-fisici – siti progetto INHABIT Sardegna, corpi idrici. Campionamento in stagione unica, maggio 2011. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

id	Sito	HMS			HQA			LUI			IQH		LIMeco	
		valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	EQR	CL	EQR	CL
1	BARRASTONI	2	0.980	1	50	0.830	1	0.501	0.987	1	0.932	1	0.688	1
2	LISCIA	2	0.980	1	55	0.936	1	0.890	0.977	1	0.964	1	1.000	1
3	CIALDENIDDU	7	0.930	2	57	0.979	1	2.086	0.947	2	0.952	1	0.625	2
4	RIU DELLA FAA	0	1.000	1	70	1.255	1	0	1.000	1	1.085	1	1.000	1
5	SPERANDEU	3	0.970	1	49	0.809	1	0	1.000	1	0.926	1	1.000	1
6	RIU DI BALDU	13	0.870	2	55.5	0.947	1	2.019	0.949	2	0.922	1	0.875	1
7	TERRAMALA	6	0.940	1	57	0.979	1	1.493	0.962	1	0.960	1	0.750*	1*
8	SASERRA	0	1.000	1	46	0.745	1	0	1.000	1	0.915	1	1.000	1
9	POSADA	0	1.000	1	62	1.085	1	0	1.000	1	1.028	1	1.000	1
10	LORANA	22	0.785	3	49	0.809	1	0.725	0.982	1	0.858	1	0.656	2
11	S'ASTORE (Posada affl.)	0	1.000	1	50	0.830	1	0	1.000	1	0.943	1	1.000	1
12	ORVANI (San Giuseppe)	51	0.490	4	29	0.383	3	4.373	0.888	2	0.587	3	1.000	1
13	SANTA MARIA (Cedrino affl.)	42	0.580	3	44	0.702	1	9.832	0.749	2	0.677	2	0.750	1
14	FLUMINEDDU	0	1.000	1	61	1.087	1	0	1.000	1	1.029	1	1.000	1
15	CORR'E PRUNA	58	0.417	4	32	0.447	3	11.003	0.719	3	0.528	3	0.792	1
16	RIU SOLANAS	11	0.890	2	47	0.766	1	3.362	0.914	2	0.857	1	0.875	1
17	PICOCCA	7	0.930	2	60	1.043	1	0.140	0.996	1	0.99	1	0.750*	1*
18	FODDEDDU 2011	60	0.400	4	30	0.404	3	10.284	0.738	2	0.514	3	0.625	2
19	PORCEDDUS	28	0.720	3	42	0.660	1	4.353	0.889	2	0.756	2	1.000	1
20	MUSEDU	57	0.430	4	32	0.447	3	4.480	0.886	2	0.588	3	0.813	1
21	BAU SAMUCCU (Canale MD)	88	0.120	5	34	0.489	2	11.652	0.703	3	0.437	3	0.625	2
22	PRAMAERA (E Gurue)	21	0.790	3	56	0.978	1	1.035	0.974	1	0.914	1	0.875	1
23	TIRSO	0	1.000	1	52	0.891	1	0.150	0.996	1	0.962	1	1.000	1

\*: Valori provvisori per Picocca e Terra Mala

Tabella 23. Classificazione relativa agli aspetti di habitat e chimico-fisici – siti progetto MICARI, campioni singoli. Campionamento in tre stagioni. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

Cod	Sito	mese/anno	HMS			HQA			LUI			IQH		LIMeco	
			valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	EQR	CL	EQR	CL
M1	Girasole Foce	02/04	44	0.560	4	40	0.617	2	1.780	0.955	1	0.711	2	1.000	1
M2	Girasole Foce	06/04	63	0.370	4	40	0.617	2	0.535	0.986	1	0.658	2	0.875	1
M3	Girasole Foce	08/04	67	0.330	4	43	0.681	1	0.773	0.980	1	0.664	2	0.656	2
M4	Mannu Valle	08/04	23	0.770	3	39	0.609	2	9.786	0.750	2	0.710	2	0.469	3
M5	Mannu Villamar	06/04	24	0.760	3	41	0.652	2	4.592	0.883	2	0.765	2	0.469	3
M6	Mirenu Condotta	02/04	45	0.550	4	45	0.723	1	2.626	0.933	2	0.735	2	0.750	1
M7	Mirenu Condotta Briglia	08/04	46	0.540	4	48	0.787	1	1.897	0.952	1	0.760	2	1.000	1
M8	Mirenu Monte Condotta	06/04	44	0.560	4	62	1.085	1	0.734	0.981	1	0.875	1	0.750	1
M9	Mulargia B - Autocampionatore	02/04	57	0.430	4	44	0.717	2	7.951	0.800	2	0.648	3	0.094	5
M10	Mulargia B - Autocampionatore	06/04	23	0.770	3	47	0.783	1	3.326	0.920	2	0.823	1	0.531	2
M11	Mulargia B - Autocampionatore	08/04	45	0.550	4	33	0.478	3	11.639	0.700	3	0.577	3	0.563	2
M12	Mulargia C - Guado Intermedio	08/04	13	0.870	2	55	0.957	1	2.323	0.940	2	0.923	1	0.781	1
M13	Mulargia C - Guado Monte	02/04	18	0.820	2	46	0.761	2	4.481	0.886	2	0.822	1	0.156	5
M14	Mulargia C - Guado Valle	06/04	0	1.000	1	50	0.848	1	0	1.000	1	0.949	1	0.375	3
M15	Mulargia D - Foce	02/04	11	0.890	2	61	1.087	1	1.578	0.960	1	0.979	1	0.219	4
M16	Mulargia D - Valle	08/04	9	0.910	2	53	0.913	1	0.247	0.994	1	0.939	1	0.813	1
M17	Mulargia D - Ponte Centralina	06/04	8	0.920	2	42	0.674	2	0.375	0.990	1	0.861	1	0.594	2
M18	Mulargia ref	02/04	0	1.000	1	58	1.022	1	0	1.000	1	1.007	1	0.438	3
M19	Mulargia ref	06/04	0	1.000	1	48	0.804	1	0	1.000	1	0.935	1	0.656	2
M20	Mulargia ref	08/04	0	1.000	1	29	0.391	3	0	1.000	1	0.797	2	0.875	1
M21	Oleandro ref	02/04	0	1.000	1	57	0.979	1	0	1.000	1	0.993	1	1.000	1
M22	Oleandro ref	06/04	0	1.000	1	57	0.979	1	0	1.000	1	0.993	1	1.000	1
M23	Oleandro ref	08/04	0	1.000	1	56	0.957	1	0	1.000	1	0.986	1	0.750	1
M24	Leni ref	06/04	1	0.990	1	69	1.234	1	0.145	1.000	1	1.073	1	1.000	1
M25	Pelau Ponte	08/04	10	0.900	2	55	0.957	1	4.323	0.890	2	0.916	1	0.781	1
M26	Su Corongiu Monte	06/04	0	1.000	1	50	0.830	1	0.467	0.988	1	0.939	1	0.406	3
M27	Su Corongiu Ponte	08/04	12	0.880	2	60	1.043	1	3.986	0.898	2	0.940	1	0.469	3
M28	Su Corongiu Valle	02/04	63	0.370	4	51	0.851	1	2.277	0.942	2	0.721	2	0.219	4

(segue)

Tabella 23 (segue). Classificazione relativa agli aspetti di habitat e chimico-fisici – siti progetto MICARI, campioni singoli. Campionamento in tre stagioni. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

Cod	Sito	mese/anno	HMS			HQA			LUI			IQH		LIMeco	
			valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	EQR	CL	EQR	CL
M29	Su Lenu Castagna	08/04	5	0.950	1	49	0.826	1	0.580	0.985	1	0.920	1	1.000	1
M30	Su Lenu Monte Padru	06/04	21	0.790	3	65	1.174	1	1.090	0.972	1	0.979	1	0.688	1
M31	Su Lenu ref	02/04	0	1.000	1	67	1.217	1	0	1.000	1	1.072	1	1.000	1
M32	Su Lenu ref	08/04	0	1.000	1	56	0.978	1	0	1.000	1	0.993	1	0.781	1
M33	Su Lenu ref	06/04	0	1.000	1	59	1.043	1	0	1.000	1	1.014	1	1.000	1
M34	Su Lenu Valle Padru	02/04	31	0.690	3	60	1.065	1	3.939	0.900	2	0.885	1	0.688	1
M35	S. Lucia Confluenza	02/04	14	0.860	2	57	1.000	1	3.360	0.914	2	0.925	1	0.688	1
M36	S. Lucia Ponte	08/04	26	0.740	3	58	1.022	1	0.878	0.978	1	0.913	1	0.875	1
M37	S. Lucia FFSS	06/04	14	0.860	2	62	1.109	1	1.615	0.959	1	0.976	1	0.750	1

Tabella 24. Classificazione relativa agli aspetti di habitat e chimico-fisici – siti progetto MICARI, corpi idrici. Campionamento in tre stagioni. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

id	Sito	anno	HMS			HQA			LUI			IQH		LIMeco	
			valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	EQR	CL	EQR	CL
1	GIRASOLE 02	2004	49.3	0.507	3	47.7	0.781	1	1.411	0.964	1	0.751	2	0.839	1
2	MANNU	2004	23.5	0.765	3	40	0.630	2	7.189	0.817	2	0.737	2	0.469	3
3	MULARGIA	2004	12.6	0.874	2	47.9	0.803	1	1.909	0.951	1	0.876	1	0.508	2
4	GIRASOLE 01	2004	0	1.000	1	56.7	0.972	1	0	1.000	1	0.991	1	0.917	1
5	LENI	2004	1	0.990	1	69	1.234	1	0.145	0.996	1	1.073	1	1.000	1
6	PELAU	2004	10	0.900	2	55	0.936	1	4.323	0.890	2	0.909	1	0.781	1
7	FODDEDDU 2004	2004	33	0.670	3	45.8	0.740	2	2.008	0.949	2	0.786	2	0.365	3
8	SU PIRICONE	2004	15	0.850	2	58.9	1.019	1	1.479	0.962	1	0.944	1	0.859	1
9	TRICARDI	2004	14	0.860	2	58	1.000	1	1.330	0.966	1	0.942	1	0.771	1

## *Piemonte*

I risultati della classificazione in accordo con le caratteristiche di habitat e chimico fisiche di siti del Piemonte sono presentate nelle tabelle 25-28. I risultati sono suddivisi in 4 tabelle distinte, suddivise nelle due idroecoregioni e in campioni singoli e corpi idrici.

Nei siti della HER 1 si riscontra un ampio gradiente di qualità per quanto riguarda le caratteristiche di habitat. In particolare, la classificazione in accordo con l'indice HMS (descrittore dell'alterazione morfologica) si articola in quattro classi di qualità, mentre una minore variabilità si riscontra per gli altri indici, HQA, LUI e IQH, per i quali si osservano tre classi. Confrontando le coppie di siti controllo/alterato (sdoppiato) si evidenziano esplicitamente le differenze tra le condizioni di qualità dell'habitat dei siti di controlli e di quelli alterati, questi ultimi caratterizzati da classi di qualità inferiori. Tali differenze sono ancora una volta maggiormente evidenti per l'indice HMS.

La qualità dell'acqua, in accordo con l'indice LIMeco, risulta elevata in tutti i siti. Accorpando i campioni in corpi idrici si osserva una diminuzione della variabilità della qualità, particolarmente evidente per i corpi idrici che considerano le coppie di siti controllo/alterato.

Per i siti della HER6 il gradiente in termini di classi di qualità risulta ampio per le caratteristiche di habitat, con i siti che ricadono in quattro classi di qualità per l'indice HMS e HQA. Rispetto ai siti della HER1 risultano meno evidenti le differenze tra i siti di controllo e quelli alterati all'interno delle coppie.

In accordo con il LIMeco, un solo sito risulta inquinato in modo considerevole ricadendo in classe scarsa. Non diversamente dagli altri casi, l'accorpamento dei siti in corpi idrici porta a mascherare le differenze di classificazione osservate nei campioni singoli appartenenti allo stesso corpo idrico.

Tabella 25. Classificazione relativa agli aspetti di habitat e chimico-fisici – siti progetto INHABIT Piemonte HER1, campioni singoli. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

id	Sito	Stagione	HMS			HQA			LUI			IQH		LIMeco	
			valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	EQR	CL	EQR	CL
P1	Campiglia REF	inv	9	0.910	2	54	1.000	1	1.382	0.965	1	0.958	1	0.880	1
P1	Campiglia REF	prim-est	9	0.910	2	53	0.977	1	1.152	0.971	1	0.953	1	0.810	1
P2	Loana REF	inv	1	0.990	1	51	0.93	1	0.521	0.987	1	0.969	1	0.750	1
P2	Loana REF	prim-est	1	0.990	1	51	0.93	1	0.521	0.987	1	0.969	1	0.880	1
P3	Pogallo REF	inv	1	0.990	1	43	0.744	2	0	1.000	1	0.911	1	1.000	1
P3	Pogallo REF	prim-est	1	0.990	1	43	0.744	2	0	1.000	1	0.911	1	1.000	1
P4	Savenca REF	inv	1	0.990	1	49	0.884	1	0	1.000	1	0.958	1	1.000	1
P4	Savenca REF	prim-est	1	0.990	1	48	0.86	1	0	1.000	1	0.950	1	0.780	1
P5	Savenca SDOP	inv	37	0.630	3	35	0.558	3	7.920	0.798	2	0.662	3	1.000	1
P5	Savenca SDOP	prim-est	37	0.630	3	39	0.651	2	8.374	0.786	2	0.689	2	0.780	1
P6	Tesso	inv	6	0.940	1	53	0.977	1	1.640	0.958	1	0.958	1	1.000	1
P6	Tesso	prim-est	6	0.940	1	55	1.023	1	1.256	0.968	1	0.977	1	1.000	1
P7	Tesso SDOP	inv	24	0.760	3	50	0.907	1	7.295	0.814	2	0.827	2	1.000	1
P7	Tesso SDOP	prim-est	24	0.760	3	50	0.907	1	7.295	0.814	2	0.827	2	1.000	1
P8	Viona	inv	11	0.890	2	43	0.744	2	1.134	0.971	1	0.868	2	1.000	1
P8	Viona	prim-est	11	0.890	2	50	0.907	1	1.142	0.971	1	0.923	1	1.000	1
P9	Viona SDOP	inv	52	0.480	4	32	0.488	3	16.690	0.574	3	0.514	3	1.000	1
P9	Viona SDOP	prim-est	52	0.480	4	36	0.581	3	16.690	0.574	3	0.545	3	1.000	1

Tabella 26. Classificazione relativa agli aspetti di habitat e chimico-fisici – siti progetto INHABIT Piemonte HER1, corpi idrici. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

id	Sito	anno	HMS			HQA			LUI			IQH		LIMeco	
			valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	EQR	CL	EQR	CL
1	CAMPIGLIA	2011	9	0.910	2	53.5	0.989	1	1.267	0.970	1	0.956	1	0.845	1
2	LOANA	2011	1	0.990	1	51	0.930	1	0.521	0.990	1	0.969	1	0.908	1
3	POGALLO	2011	1	0.990	1	43	0.744	2	0	1.000	1	0.911	1	1.000	1
4	SAVENCA	2011	19	0.810	3	42.75	0.738	2	4.074	0.900	2	0.815	2	0.945	1
5	TESSO	2011	15	0.850	2	52	0.954	1	4.371	0.890	2	0.897	2	0.940	1
6	VIONA	2011	31.5	0.685	3	40.25	0.680	2	8.914	0.770	2	0.713	2	0.970	1

Tabella 27. Classificazione relativa agli aspetti di habitat e chimico-fisici – siti progetto INHABIT Piemonte HER6, campioni singoli. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

id	Sito	Stagione	HMS			HQA			LUI			IQH		LIMeco	
			valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	EQR	CL	EQR	CL
P10	Sizzone REF	inv	4	0.960	1	51	0.889	1	0	1.000	1	0.950	1	0.880	1
P10	Sizzone REF	prim-est	4	0.960	1	66	1.222	1	0	1.000	1	1.061	1	0.880	1
P10a	Sizzone mulino	prim-est	5	0.950	1	62	1.133	1	0.543	0.986	1	1.023	1	0.880	1
P11	Sizzone REF monte	inv	7	0.930	2	46	0.778	1	0	1.000	1	0.903	1	0.880	1
P12	Guarabione guado	inv	44	0.560	4	26	0.333	3	11.389	0.709	3	0.534	3	0.690	1
P12	Guarabione guado	prim-est	44	0.560	4	26	0.333	3	11.389	0.709	3	0.534	3	0.630	2
P13	Guarabione SDOP	inv	46	0.540	4	22	0.244	4	16.888	0.569	3	0.451	3	0.690	1
P13	Guarabione SDOP	prim-est	46	0.540	4	22	0.244	4	16.888	0.569	3	0.451	3	0.630	2
P14	Olobbia	inv	26	0.740	3	48	0.822	1	3.170	0.919	2	0.827	1	0.810	1
P14	Olobbia	prim-est	26	0.740	3	50	0.867	1	3.168	0.919	2	0.842	1	0.810	1
P15	Olobbia SDOP	inv	30	0.700	3	44	0.733	1	6.272	0.84	2	0.758	2	0.810	1
P15	Olobbia SDOP	prim-est	30	0.700	3	44	0.733	1	5.929	0.849	2	0.761	2	0.810	1
P16	Strego	inv	0	1.000	1	46	0.778	1	0.098	0.997	1	0.925	1	0.690	1
P16	Strego	prim-est	0	1.000	1	49	0.844	1	0.098	0.997	1	0.947	1	0.660	2
P17	Ceronda REF	inv	1	0.990	1	55	0.978	1	0.215	0.995	1	0.988	1	0.880	1
P17	Ceronda REF	prim-est	1	0.990	1	55	0.978	1	0.154	0.996	1	0.988	1	0.880	1
P18	Odda	inv	26	0.740	3	39	0.622	2	9.588	0.755	2	0.706	2	0.310	4
P18	Odda	prim-est	26	0.740	3	39	0.622	2	9.588	0.755	2	0.706	2	0.440	3
P19	Curone REF**	inv	2	0.980	1	53	0.933	1	0	1.000	1	0.971	1	0.750	1

Tabella 28. Classificazione relativa agli aspetti di habitat e chimico-fisici – siti progetto INHABIT Piemonte HER6, campioni singoli. La classe di qualità è indicata in numero e colore secondo la codifica blu: elevato, verde: buono, giallo: moderato, arancione: scarso, rosso: cattivo.

id	Sito	anno	HMS			HQA			LUI			IQH		LIMeco	
			valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	EQR	CL	EQR	CL
7	SIZZONE	2011	5	0.95	1	56.25	1.006	1	0.136	1	1	0.984	1	0.880	1
8	GUARABIONE	2011	45	0.55	4	24	0.289	4	14.138	0.64	3	0.493	3	0.605	2
9	OLOBBIA	2011	28	0.72	3	46.5	0.789	1	4.635	0.88	2	0.797	2	0.828	1
10	STREGO	2011	0	1	1	47.5	0.811	1	0.098	1	1	0.936	1	0.653	2
11	CERONDA	2011	1	0.99	1	55	0.978	1	0.185	1	1	0.988	1	0.845	1
12	ODDA	2011	26	0.74	3	39	0.622	2	9.588	0.76	2	0.706	2	0.470	3
13	CURONE	2011	2	0.98	1	53	0.933	1	0	1	1	0.971	1	0.750	1

### 3.3 Relazione tra le diverse classificazioni ottenute nei siti della Sardegna

I risultati della classificazione nei siti della Sardegna sono stati confrontati mediante il Wilcoxon *matched pairs* test, un test non parametrico utilizzato per verificare l'appartenenza alla stessa popolazione di due campioni dipendenti appaiati. Nel caso presentato sono state confrontate a coppie le classi di qualità risultanti dalla classificazione biologica operata con l'indice STAR\_ICMi con ciascuna delle classificazioni in accordo con gli indicatori abiotici.

I risultati del test sono riportati nelle tabelle 29-32. Dal momento che il test considera come ipotesi nulla l'appartenenza dei campioni ad un'unica popolazione, si interpretano come differenti due campioni che, se confrontati, presentano un p-level significativamente basso (<0.05). Nelle tabelle sono evidenziati in grassetto i confronti tra classificazioni che si considerano coincidenti (i.e. confronti con p-level > 0.05).

Tabella 29. Risultati del Wilcoxon matched pairs test – siti Progetto INHABIT, singoli campioni. In grassetto le classificazioni coincidenti. \*: p-level <0.05; \*\*: p-level <0.01.

		Valid	T	Z	p-level	
STAR_ICMi POOL	vs HMS	28	10.5	2.64	0.008	**
	HQA	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>1.82</b>	<b>0.069</b>	
	LUI	<b>28</b>	<b>13.5</b>	<b>1.07</b>	<b>0.286</b>	
	IQH	<b>28</b>	<b>64.5</b>	<b>0.57</b>	<b>0.570</b>	
	LIMeco	25	13	2.67	0.008	**
STAR_ICMi RIFFLE	vs HMS	<b>28</b>	<b>49</b>	<b>1.85</b>	<b>0.064</b>	
	HQA	28	17	2.98	0.003	**
	LUI	28	6	2.59	0.0096	**
	IQH	28	30	1.96	0.049	*
	LIMeco	25	8.5	3.48	0.001	**
STAR_ICMi TOT	vs HMS	28	27.5	2.32	0.020	**
	HQA	28	38	2.29	0.022	**
	LUI	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>1.78</b>	<b>0.074</b>	
	IQH	<b>28</b>	<b>45.5</b>	<b>1.16</b>	<b>0.245</b>	
	LIMeco	25	7.5	3.13	0.002	**

Nel caso dei singoli campioni dei siti INHABIT (tabella 29) si osserva una coincidenza tra le classi risultanti dalla classificazione biologica e quella operata in accordo con l'indice IQH. In particolare, la classificazione operata considerando il mesohabitat di pool risulta non significativamente diversa dalle classificazioni risultanti dagli indici HQA, LUI e IQH, mentre la classificazione dell'area di riffle risulta coincidente con quella fornita dall'indice HMS, suggerendo una diversa sensibilità dei due mesohabitat a tipi differenti di alterazione.

Tabella 30. Risultati del Wilcoxon matched pairs test – siti Progetto INHABIT, corpi idrici. In grassetto le classificazioni coincidenti. \*: p-level <0.05; \*\*: p-level <0.01.

		Valid	T	Z	p-level		
STAR_ICMi POOL	vs	HMS	23	9	2.35	0.019	**
		<b>HQA</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>1.33</b>	<b>0.182</b>	
		<b>LUI</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>0.84</b>	<b>0.401</b>	
		<b>IQH</b>	<b>23</b>	<b>30</b>	<b>0.71</b>	<b>0.48</b>	
		<b>LIMeco</b>	<b>23</b>	<b>30</b>	<b>1.08</b>	<b>0.279</b>	
STAR_ICMi RIFFLE	vs	HMS	23	33	1.81	0.07	
		<b>HQA</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>1.92</b>	<b>0.055</b>	
		<b>LUI</b>	<b>23</b>	<b>16.5</b>	<b>1.47</b>	<b>0.142</b>	
		<b>IQH</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>1.33</b>	<b>0.182</b>	
		<b>LIMeco</b>	<b>23</b>	<b>38</b>	<b>1.55</b>	<b>0.121</b>	
STAR_ICMi TOT	vs	HMS	23	25	1.99	0.047	**
		<b>HQA</b>	<b>23</b>	<b>30</b>	<b>1.70</b>	<b>0.088</b>	
		<b>LUI</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>1.40</b>	<b>0.161</b>	
		<b>IQH</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>1.18</b>	<b>0.239</b>	
		<b>LIMeco</b>	<b>23</b>	<b>35.5</b>	<b>1.39</b>	<b>0.164</b>	

Considerando i campioni accorpate in corpi idrici, i confronti tra le classificazioni mostrano una significativa similarità per quanto riguarda la maggior parte degli indici. Con l'accorpamento dei campioni in corpi idrici si osserva una convergenza delle varie classi di qualità relativamente ai diversi aspetti. Si conferma inoltre quanto osservato a livello di campioni singoli per l'area di riffle, e cioè che la classificazione biologica operata considerando il campione qui raccolto risulta non significativamente differente dalla classificazione risultante dall'indice HMS, indicando – nel caso del dataset studiato - una possibile maggior sensibilità di questo mesohabitat per gli aspetti legati alle alterazioni morfologiche espresse in termini di presenza di strutture artificiali nel tratto fluviale considerato ( $\geq 500\text{m}$ , secondo il corpo idrico).

Tabella 31. Risultati del Wilcoxon matched pairs test – siti Progetto MICARI, singoli campioni. In grassetto le classificazioni coincidenti. \*: p-level <0.05; \*\*: p-level <0.01.

		Valid	T	Z	p-level		
STAR_ICMi POOL	vs	<b>HMS</b>	<b>37</b>	<b>135</b>	<b>1.55</b>	<b>0.122</b>	
		HQA	37	9	3.70	0.0002	**
		LUI	37	40	2.98	0.003	**
		IQH	37	19	3.62	0.0003	**
		<b>LIMeco</b>	<b>37</b>	<b>108</b>	<b>0.60</b>	<b>0.548</b>	
STAR_ICMi RIFFLE	vs	<b>HMS</b>	<b>37</b>	<b>163.5</b>	<b>0.90</b>	<b>0.368</b>	
		HQA	37	8.5	3.94	0.0001	**
		LUI	37	34	3.46	0.0005	**
		IQH	37	8	3.95	0.0001	**
		<b>LIMeco</b>	<b>37</b>	<b>96</b>	<b>1.28</b>	<b>0.201</b>	
STAR_ICMi TOT	vs	<b>HMS</b>	<b>37</b>	<b>133</b>	<b>1.35</b>	<b>0.178</b>	
		HQA	37	18	3.65	0.0003	**
		LUI	37	45	3.16	0.002	**
		IQH	37	17	3.68	0.0002	**
		<b>LIMeco</b>	<b>37</b>	<b>112</b>	<b>0.79</b>	<b>0.429</b>	

Tabella 32. Risultati del Wilcoxon matched pairs test – siti Progetto MICARI, corpi idrici. In grassetto le classificazioni coincidenti. \*: p-level <0.05; \*\*: p-level <0.01.

		Valid	T	Z	p-level
STAR_ICMi POOL	<b>HMS</b>	<b>9</b>	<b>10.5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
	HQA	9	0	2.02	0.043 *
	<b>LUI</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>1.83</b>	<b>0.068</b>
	IQH	9	0	2.02	0.043 *
	<b>LIMeco</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>1.57</b>	<b>0.116</b>
STAR_ICMi RIFFLE	<b>HMS</b>	<b>9</b>	<b>10.5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
	HQA	9	0	2.02	0.043 *
	<b>LUI</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>1.83</b>	<b>0.068</b>
	IQH	9	0	2.02	0.043 *
	<b>LIMeco</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>1.57</b>	<b>0.116</b>
STAR_ICMi TOT	<b>HMS</b>	<b>9</b>	<b>10.5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
	HQA	9	0	2.02	0.043 *
	<b>LUI</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>1.83</b>	<b>0.068</b>
	IQH	9	0	2.02	0.043 *
	<b>LIMeco</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>1.57</b>	<b>0.116</b>

Per quanto riguarda i siti MICARI si evidenzia una coincidenza significativa tra la classificazione fornite dall'indice STAR\_ICMi e quella relativa agli indici di alterazione morfologica (HMS) e di qualità chimico-fisica (LIMeco), possibilmente come conseguenza della presenza contemporanea di diversi tipi di alterazione nei siti investigati i.e. alcuni siti fortemente inquinati. I diversi mesohabitat sembrano in questo caso fornire lo stesso tipo di informazione non evidenziando sensibilità diverse per differenti tipi di impatto.

Anche nel caso dei siti MICARI con l'accorpamento dei campioni in corpi idrici si osserva una convergenza delle classificazioni operate secondo i diversi aspetti.

È possibile effettuare un ulteriore confronto tra le classificazioni operate, in particolare per quanto riguarda gli aspetti biologici e quelli relativi alla qualità dell'habitat, analizzando il grafico riportato in figura 1. Nel grafico a istogrammi i siti investigati nel progetto INHABIT sono ordinati lungo valori crescenti di STAR\_ICMi (considerando il campione totale del sito i.e. media tra pool e riffle). Le barre degli istogrammi riportano i valori in EQR di ciascuno dei tre indici relativi agli aspetti di habitat: HMS, HQA e LUI. Le barre di altezza maggiore corrispondono a siti che presentano qualità di habitat più elevata, mentre procedendo da sinistra a destra lungo l'asse delle ascisse i siti si dispongono lungo un gradiente crescente di qualità biologica.

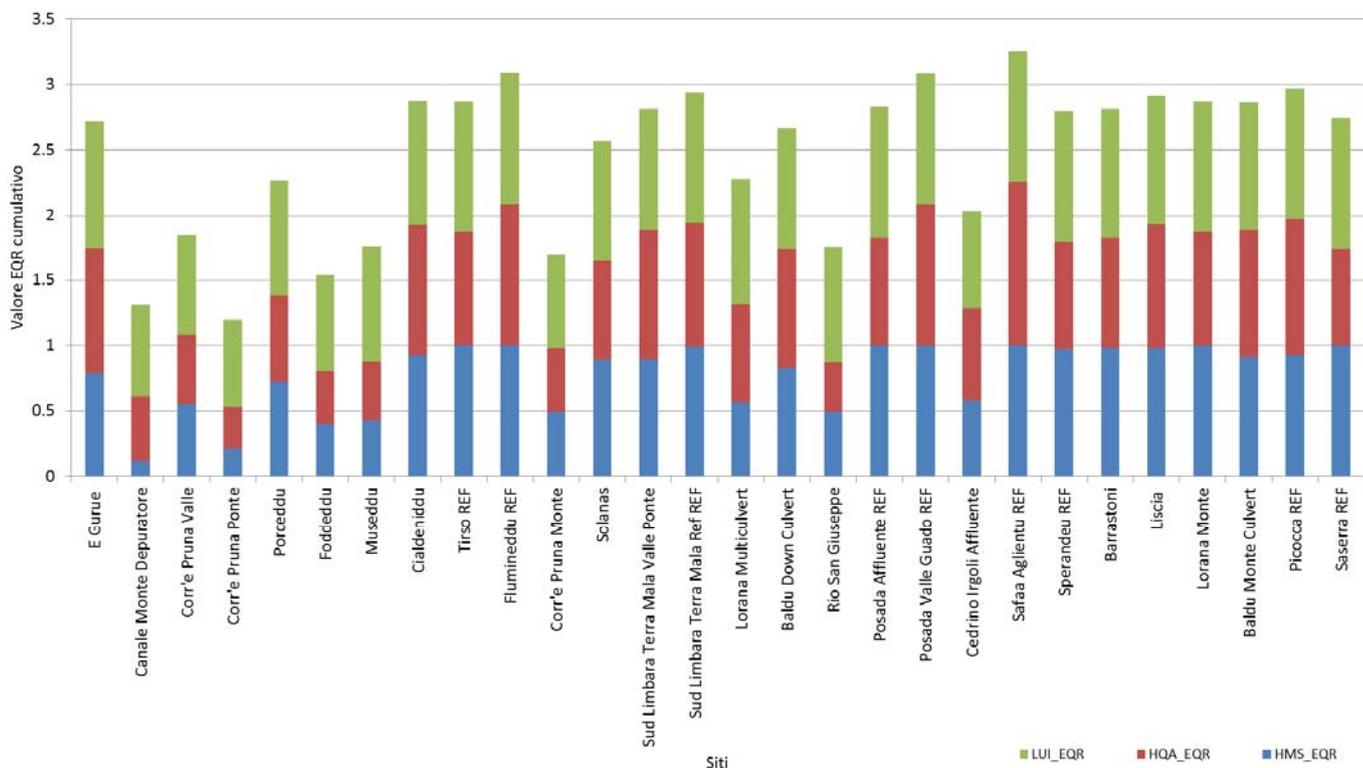


Figura 1.: Valori degli indici di habitat in EQR nei siti INHABIT ordinati lungo valori crescenti di STAR\_ICMi.

Nel caso in cui si verificasse un'ideale coincidenza tra qualità biologica e qualità dell'habitat, ci si attenderebbe un posizionamento dei siti con barre di altezza inferiore (bassa qualità dell'habitat) nella parte sinistra del grafico (bassa qualità biologica) e viceversa.

La distribuzione osservata rispetta approssimativamente quanto atteso, ma con alcuni siti che si dispongono in maniera atipica e il cui posizionamento può essere spiegato in funzione di molteplici fattori, brevemente descritti qui di seguito, sito per sito.

Il sito E Gurue, il primo a sinistra del grafico, era caratterizzato al momento del campionamento da una portata elevata, fatto ritenuto insolito per il periodo nel quale sono stati effettuati i prelievi, dato il carattere temporaneo del tratto fluviale in esame. Ciò sembra aver rappresentato la coda di un periodo relativamente lungo di piena/morbida, legato alle abbondanti piogge osservate fino a pochi giorni prima del campionamento. Le caratteristiche di habitat osservabili al momento del prelievo i.e. elevate velocità di corrente e turbolenza, unitamente al disturbo del precedente evento di piena, possono assai verosimilmente avere determinato un impoverimento delle comunità bentoniche residenti. Si osserva infatti un valore di indice STAR\_ICMi che potrebbe aver risentito negativamente di questo aspetto di inusuale loticità, nonostante le buone condizioni di habitat e di qualità dell'acqua.

Il sito Cialdeniddu è localizzato su un piccolo corso d'acqua probabilmente interessato da una forma di inquinamento delle acque non rilevato dal LIMeco e la cui origine non trova riscontro negli indici sintetici di habitat.

Il Tirso è un sito di riferimento per il quale si presuppone, considerata la sua localizzazione a una altitudine di circa 770m, una comunità macrobentonica più tipica di basse temperature. La composizione della comunità potrebbe aver risentito di un fattore stagionale, con alcuni taxa non

rinvenuti nel campione in quanto soggetti a sfarfallamento primaverile in periodi precedenti al mese di maggio.

Nel caso del Flumineddu il valore di STAR\_ICMi non molto elevato è dovuto all'attribuzione del tratto fluviale ad un tipo perenne che risulterebbe, dalle osservazioni di campo, non adeguato alle caratteristiche del sito; in questo caso il confronto del valore di indice del tratto con il valore atteso per siti di riferimento di tipi temporanei porterebbe a valori più elevati di EQR, più in linea con l'elevata qualità dell'habitat osservata.

Per i siti Rio San Giuseppe e Cedrino Irgoli Affluente si osservano valori elevati di indice STAR\_ICMi a fronte di una qualità dell'habitat non particolarmente elevata. In questi due casi, si è ipotizzato un incremento della qualità biologica dovuto alla localizzazione dei siti in un bacino ampio e meno isolato rispetto agli altri studiati in Sardegna. Più in particolare, i tratti fluviali in esame sono direttamente connessi e in prossimità con il fiume Cedrino, dal quale potrebbero avere costantemente origine fenomeni spontanei di ripopolamento verso monte, con una conseguente diversificazione della comunità bentonica superiore a quella attesa semplicemente sulla base delle condizioni di habitat osservate localmente i.e. sovrapposizione tra taxa residenti in modo stabile nel tratto e taxa in fase di colonizzazione verso monte.

### 3.4 Classificazione del corpo idrico mediante differenti opzioni di combinazione dell'informazione raccolta in tratti fluviali diversi: l'esempio del Riu Mulargia

Nel presente capitolo si cercherà di evidenziare come differenti modalità di combinazione dell'informazione raccolta nei vari tratti fluviali afferenti ad un dato corpo idrico possano condurre a valutazioni della qualità anche sensibilmente diverse tra loro, con potenziali effetti sulle valutazioni complessive dello stato ecologico ai sensi della WFD e del D.M. 260/10. A tal fine, è descritto un esempio relativo ai corsi d'acqua presenti nel bacino del Riu Mulargia, a monte dell'omonimo invaso. In particolare, sarà considerato il risultato di classificazione derivante dalla possibile inclusione nel piano di monitoraggio di corsi d'acqua di dimensioni piccole o molto piccole attribuendoli ad uno o più corpi idrici. Inoltre, si farà riferimento ad una situazione ipotetica dove si effettui il monitoraggio su più di un sito per corpo idrico i.e. più tratti fluviali considerati, al fine di migliorare la rappresentatività dell'informazione raccolta; il valore degli indici utilizzato infine per la classificazione del corpo idrico sarà calcolato come media ponderata tra i valori ottenuti per i diversi siti/tratti fluviali.

Il Riu Mulargia, localizzato nella zona occidentale del bacino del Flumendosa, in accordo con la caratterizzazione operata dalla Regione Sardegna (RAS, 2009), è suddiviso in due corpi idrici, rispettivamente a monte e a valle dell'invaso del Lago Mulargia. Tra i principali affluenti del Mulargia nella porzione a monte del lago, è stato definito e tipizzato dalla Regione Sardegna – oltre al Mulargia stesso – un unico corso d'acqua (Riu Baudi), mentre 15 piccoli corsi d'acqua afferenti al sottobacino, pur non essendo stati sottoposti a tipizzazione, sono stati caratterizzati come significativi e di rilevante interesse ambientale.

Sulla base dell'interesse evidenziato da RAS – e comunque evidente in termini generali, in particolare per l'area mediterranea – di tali corsi d'acqua, che potrebbero anche rappresentare una porzione considerevole della rete fluviale, si è ritenuto rilevante valutarne la possibile inclusione in uno o più corpi idrici, al fine di meglio rappresentare lo stato ecologico complessivo del bacino in esame. Ciò potrebbe inoltre fornire spunti sul dettaglio – in termini di scala spaziale – da utilizzare nei piani di monitoraggio e sulla rappresentatività generale dei risultati ottenuti. Inoltre, la stessa rappresentatività dei tratti fluviali studiati e dell'informazione raccolta non è altro che uno degli aspetti dell'incertezza legata ai giudizi espressi nella classificazione, ben al di là della variabilità dei metodi di valutazione utilizzati.

Si ipotizza qui la suddivisione dei corsi d'acqua afferenti alla porzione del bacino del Riu Mulargia a monte dell'invaso secondo due possibili alternative: 1) si considerano due corpi idrici, l'uno che comprende il solo Riu Mulargia (in accordo con la tipizzazione RAS) e l'altro che include tutti gli affluenti, al momento non tipizzati, in un corpo idrico complessivo; 2) si considerano tre corpi idrici con, oltre al Riu Mulargia, due corpi idrici distinti per la porzione relativa agli affluenti, differenziati sulla base delle pressioni antropiche stimate. È quindi stata effettuata successivamente una classificazione utilizzando i dati disponibili dal progetto MICARI, considerando ciascun tratto fluviale come rappresentativo di una porzione più ampia, del Mulargia stesso o dei suoi affluenti.

Come riportato nel capitolo 2, nel corso del progetto MICARI sono stati investigati 12 siti in 4 tratti fluviali (tre siti per tratto, ciascuno in una diversa stagione) localizzati nel bacino del Riu Mulargia. Alcuni di questi tratti sono posizionati sull'asta principale del Mulargia e altri su piccoli affluenti. La tabella 33 riporta il dettaglio dei corsi d'acqua relativi alla porzione di bacino considerata, così come rilevato dalla Regione Sardegna (RAS, 2007; 2009), includendo l'indicazione della lunghezza approssimativa e del posizionamento dei tratti investigati nel progetto MICARI.

Tabella 33. Dettaglio dei corsi d'acqua della porzione considerata del bacino del Riu Mulargia (monte invaso).

ID	Corso d'acqua	Tipo tratto Corpo Idrico	lunghezza (km)	Note	Tratti fluviali Progetto MICARI
1	Riu Gravelloni	non definito	5.6	a valle depuratore, bacino prevalentemente ad uso agricolo	
2	Riu Allocci	non definito	1.6	presenza di un depuratore (reflui dell'abitato di Orroli), bacino prevalentemente ad uso agricolo	
3	Riu Arroglasia	non definito	8.3	presenza di un depuratore (reflui dell'abitato di Nurri e di un'importante area industriale), bacino prevalentemente ad uso agricolo	Mulargia B
4	Riu Bau Nurri	non definito	2.6	bacino prevalentemente ad uso agricolo	
5	Riu Cordaxiolu	non definito	1.8	bacino prevalentemente ad uso agricolo	
6	Riu Cannedda	non definito	2.5		
7	Riu Bau Longu	non definito	4.4		Mulargia ref
8	Riu su Sermenti	non definito	2.4		
9	Mitza Candela	non definito	1.1		
10	Riu Tundu Aurus	non definito	1.5		
11	Riu su Carradori	non definito	1.5		
12	Riu Ortu	non definito	2.9		
13	Coe Bettu Mulargia	non definito	1.2		
14	Riu Is Irconis	non definito	2.1		
15	Riu Oraccesus	non definito	2.2		
16	Riu Mulargia (monte lago)	21SS3Tsa	11		Mulargia C, Mulargia D
17	Riu Baudi	21EF7Tsa	6.3	bacino prevalentemente ad uso agricolo	

È possibile rilevare come, sebbene la lunghezza dei singoli corsi d'acqua non tipizzati sia per lo più modesta, l'estensione complessiva di questi risultati superiore a quella dei fiumi per i quali il corpo idrico è stato definito. Analogamente, la lunghezza del Rio Mulargia risulta pari a circa un quarto dell'estensione dei suoi affluenti (si veda anche tabella 34), evidenziando come la rete di tali corsi d'acqua costituisca una porzione importante della rete idrografica.

Tabella 34. Ripartizione nei diversi gruppi di siti della lunghezza complessiva della rete idrografica considerata.

	Lunghezza (km)	Lunghezza complessiva (km)
Siti tipizzati	17.3	
Siti non tipizzati	41.6	58.9
Riu Mulargia (monte lago)	11	
Affluenti	47.9	58.9

Sulla base delle informazioni qui presentate, i corsi d'acqua sono attribuiti a diversi corpi idrici, sulla base di due possibili alternative (1 e 2, sopra). Il corpo idrico 'Riu Mulargia' è comune alle due alternative considerate. Per questo corpo idrico sono disponibili ai fini della classificazione due tratti fluviali investigati nel corso del progetto MICARI i.e. Mulargia C e Mulargia D. Il corpo idrico, della lunghezza complessiva di 11 km, è ripartito in due sezioni: una più a valle di 3.3 km – pari a circa il 30% del totale – per la quale si considera rappresentativo il tratto Mulargia D ed una di 7.7 km – pari a circa il 70% – per il quale si considera rappresentativo il tratto Mulargia C. I due tratti si posizionano entrambi a ridosso dell'estremità più a valle della rispettiva sezione.

La prima alternativa (Opzione 1) considera oltre al 'Riu Mulargia' l'insieme degli affluenti, considerati in un solo corpo idrico. Per gli affluenti sono disponibili dai dati del progetto MICARI due tratti: Mulargia B, posizionato sul Riu Arroglasia e Mulargia reference sul Riu Bau Longu. Sul Riu Arroglasia, a monte del tratto Mulargia B, è localizzato un depuratore che convoglia i reflui dell'abitato di Nurri oltre a quelli di un'area industriale, che include un'azienda casearia e un macello. In questa opzione si è ipotizzata una rappresentatività del tratto Mulargia B per i corsi d'acqua che possono apportare un dato carico di inquinanti o che presentano un uso del bacino prevalentemente agricolo (si veda colonna 'note' in tabella 33), pari a circa il 55% dell'estensione complessiva degli affluenti. La restante porzione, caratterizzata da usi del suolo prevalentemente naturali e pari a circa il 45% dell'estensione, è ricondotta al tratto Mulargia reference.

La seconda alternativa (Opzione 2) attribuisce gli affluenti che si ritiene possano apportare un carico inquinante e quelli in bacini prevalentemente naturali a due corpi idrici distinti. Il Mulargia B è utilizzato per classificare il primo gruppo e il Mulargia reference il secondo.

L'estensione dei tratti all'interno dei corpi idrici in accordo con le due opzioni è indicata in tabella 35 mentre la figura 2 riporta una mappa del sottobacino con l'indicazione dei siti e dei corpi idrici.

Tabella 35. Estensione delle porzioni rappresentative dei corpi idrici ipotizzati secondo le due opzioni.

	Corpo Idrico ipotetico	Porzione rappresentativa								
		Mulargia C			Mulargia D		Mulargia Ref		Mulargia B	
	lunghezza C.I. (km)	lunghezza (km)	%	lunghezza (km)	%	lunghezza (km)	%	lunghezza (km)	%	
Opzione 1	Riu Mulargia	11.05	3.3	30	7.75	70				
	Affluenti	47.87					21.69	45	26.18	55
Opzione 2	Riu Mulargia	11.05	3.3	30	7.75	70				
	Affluenti 1 (presenza pressioni)	26.18							26.18	100
	Affluenti 2 (assenza pressioni)	21.69					21.69	100		

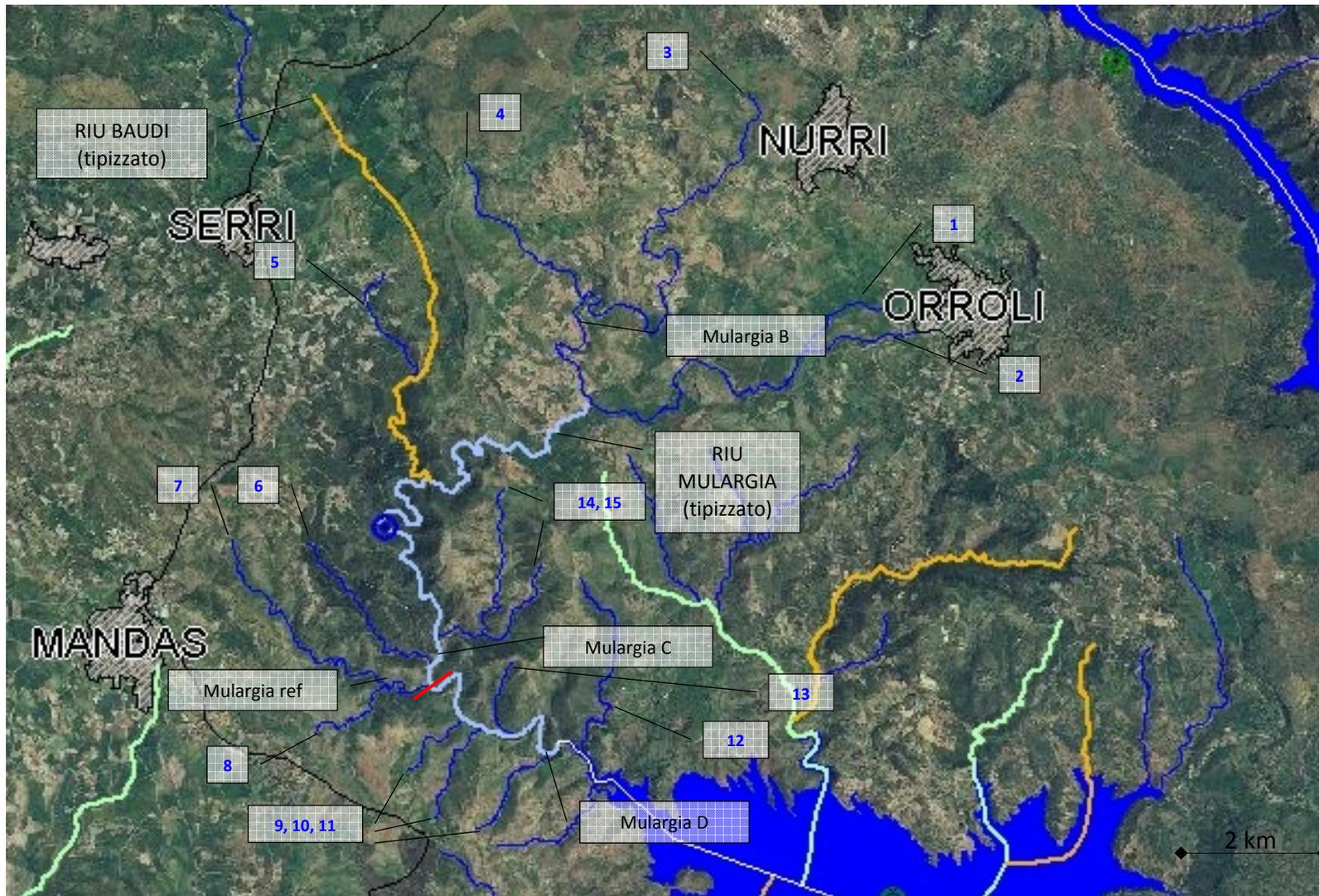


Figura 2. . Mappa del bacino considerato. È riportata la denominazione dei tratti considerati per il progetto MICARI e dei due corpi idrici tipizzati. In blu gli affluenti non tipizzati numerati in accordo con la tabella 33. La barra rossa indica la separazione tra le due porzioni considerate per il corpo idrico 'Riu Mulargia'. Il punto blu indica la stazione di monitoraggio in accordo con D.M. 131/08 (da RAS, 2007, mod.)

Consideriamo anche una Opzione 0, che prevede semplicemente di considerare il corpo idrico del Riu Mulargia come rappresentativo dell'intero bacino i.e. risultati di classificazione già presentati in precedenza.

In accordo con le modalità descritte nei capitoli precedenti, si è quindi proceduto ad effettuare la classificazione dei due (Opzione 1) e tre (Opzione 2) corpi idrici, calcolando per ciascun indice la media ponderata tra i valori ottenuti nei diversi tratti sulla base della percentuale di corpo idrico rappresentata da ciascun sito. Per i vari corpi idrici sono state utilizzate le percentuali indicate in tabella 35.

Le tabelle 36-39 riportano le classificazioni in accordo con i macroinvertebrati bentonici (indice STAR\_ICMi) e con gli aspetti di habitat e qualità chimico-fisica (indici HMS, HQA, LUI, IQH e LIMeco), considerando le due diverse opzioni di ripartizione dei tratti fluviali in corpi idrici.

Tabella 36. Classificazione in accordo con l'indice STAR\_ICMi dei corpi idrici ipotizzati nell'Opzione 1.

Id	Corpo Idrico ipotetico	POOL		RIFFLE		TOT	
		STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe
1	Riu Mulargia	0.710	 3	0.689	 3	0.699	 3
2	Affluenti Mulargia	0.858	 2	0.820	 2	0.839	 2

Tabella 37. Classificazione in accordo con l'indice STAR\_ICMi dei corpi idrici ipotizzati nell'Opzione 2.

Id	Corpo Idrico ipotetico	POOL		RIFFLE		TOT	
		STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe	STAR_ICMi	Classe
1	Riu Mulargia	0.710	 3	0.689	 3	0.699	 3
2	Affluenti 1	0.794	 2	0.738	 2	0.766	 2
3	Affluenti 2	0.936	 2	0.920	 2	0.928	 2

Tabella 38. Classificazione in accordo con gli aspetti di habitat (HMS, HQA, LUI e IQH) e chimico fisici (LIMeco) dei corpi idrici ipotizzati nell'Opzione 1.

id	Corpo Idrico ipotetico	HMS			HQA			LUI			IQH		LIMeco	
		valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	EQR	CL	EQR	CL
1	Riu Mulargia	10	0.900	 2	50.8	0.866	 1	1.808	0.954	 1	0.907	 1	0.469	 3
2	Affluenti Mulargia	23	0.771	 3	43	0.695	 2	4.201	0.893	 2	0.786	 2	0.513	 2

Tabella 39. Classificazione dei corpi idrici in accordo con gli aspetti di habitat (HMS, HQA, LUI e IQH) e chimico fisici (LIMeco) ipotizzati nell'Opzione 2.

id	Corpo Idrico ipotetico	HMS			HQA			LUI			IQH		LIMeco	
		valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	valore	EQR	CL	EQR	CL	EQR	CL
1	Riu Mulargia	10	0.900	 2	50.8	0.866	 1	1.808	0.954	 1	0.907	 1	0.469	 3
2	Affluenti 1	41.7	0.583	 3	41.3	0.659	 2	7.639	0.805	 2	0.683	 2	0.396	 3
3	Affluenti 2	0	1	 1	45	0.739	 2	0	1	 1	0.913	 1	0.656	 1

Il corpo idrico Riu Mulargia è classificato in accordo con lo STAR\_ICMi in stato moderato. Per quanto riguarda gli aspetti abiotici è possibile osservare come le condizioni di habitat risultino

sostanzialmente integre, con il solo indice HMS in stato buono, mentre si rileva una classe moderata per le condizioni chimico-fisiche espresse dall'indice LIMeco. Tale risultato porta a suggerire un chiaro effetto da parte dell'inquinamento dell'acqua sulla struttura della comunità bentonica.

Per quanto riguarda gli affluenti, la classificazione in accordo con i macroinvertebrati ricade in tutti i casi nello stato buono, sia considerando un unico corpo idrico classificato in proporzione ai tratti rappresentativi (Opzione 1) sia considerando due corpi idrici distinti (Opzione 2). Una differenza nei valori di STAR\_ICMi è tuttavia ravvisabile nell'Opzione 2 tra il corpo idrico degli Affluenti 1 (pressioni evidenti nel bacino) e quello degli Affluenti 2 (naturali), con valori sensibilmente più elevati in quest'ultimo. Per quanto riguarda gli aspetti abiotici si rileva una differenza nelle classi di qualità nella quasi totalità degli indici considerando due corpi idrici distinti. Le differenze più evidenti si riscontrano per gli indici HMS e LIMeco sulla base dei quali i due corpi idrici relativi agli affluenti, quando tenuti distinti, sono classificati in classe elevata (Affluenti 2) e moderata (Affluenti 1).

Al di là delle considerazioni qualitative e tenendo conto delle scelte operate a puro titolo di esempio, è opportuno rilevare le differenze riscontrate nella definizione di qualità in accordo con le due opzioni per tutti gli indici considerati. Tali risultati possono essere confrontati con la classificazione operata considerando tutti i siti del Mulargia in un unico corpo idrico, presentata nei paragrafi 3.1 e 3.2. Le ripartizione del numero di campioni per classe di qualità nelle diverse opzioni considerate è riportato per gli indici HMS, LIMeco e STAR\_ICMi negli istogrammi di figura 3.

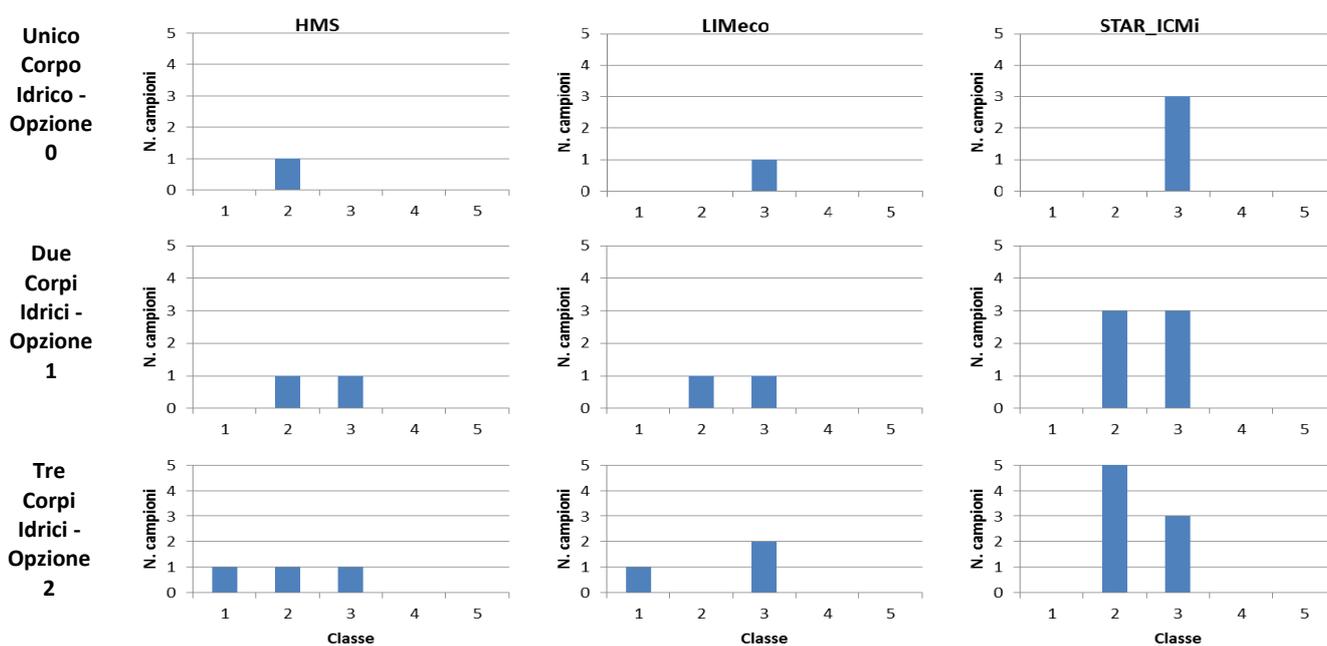


Figura 3. Distribuzione dei campioni nelle classi qualità in accordo con gli indici HMS (alterazione morfologica), LIMeco (inquinamento da nutrienti) e STAR\_ICMi (comunità macrobentonica) per tre opzioni di definizione del corpo idrico, i.e. Riu Mulargia considerato come unico corpo idrico, come rappresentativo anche dei suoi affluenti (Opzione 0), Riu Mulargia distinto dall'insieme degli affluenti (Opzione 1) e dagli affluenti raggruppati in accordo con le pressioni antropiche nel bacino a monte (Opzione 2).

La scelta da parte della Regione Sardegna di definire i piccoli corsi d'acqua considerati in questo esempio come significativi e di rilevante interesse ambientale sottolinea la potenziale elevata

qualità di questi ambienti. La presenza di corsi d'acqua significativi ma non tipizzati è ricorrente in altri bacini della regione Sardegna e in molti bacini di altre regioni italiane. L'esempio qui presentato consente di notare come, qualora tali corsi d'acqua fossero attribuiti a corpi idrici in accordo con le pressioni esistenti e sottoposti a classificazione, sarebbe possibile evidenziare una notevole variabilità delle condizioni qualitative dei vari tratti fluviali presenti nel bacino. Tale variabilità – legata al posizionamento e al numero delle stazioni di campionamento, nonché alle opzioni di ponderazione dell'informazione - si ritiene possa rivestire un ruolo rilevante in fase di classificazione, in quanto consentirebbe di evidenziare differenze di qualità (che corrispondono a differenze reali osservate) nel giudizio espresso più ampie dell'incertezza associata agli indici di qualità, qualora questi siano applicati ad un unico sito/stazione all'interno del bacino.

Nell'esempio del Riu Mulargia (a monte dell'invaso, su circa 58 km di corsi d'acqua nel bacino) e considerando, per semplicità espositiva, la sola comunità macrobentonica (STAR\_ICMi), otteniamo, con le 3 opzioni derivate da quanto visto finora, quadri qualitativi piuttosto diversi tra loro:

- Opzione 0 - 1 solo corpo idrico inserito in monitoraggio: Riu Mulargia; 100% in stato Moderato;
- Opzione 1 - 2 corpi idrici inseriti in monitoraggio: Riu Mulargia e Affluenti (tutti insieme); 50% in stato Buono e 50% in Moderato;
- Opzione 2 - 3 corpi idrici inseriti in monitoraggio: Riu Mulargia, Affluenti 1 (si pressioni) e Affluenti 2 (no pressioni); >60% in stato Buono e <40% in Moderato.

Dal punto di vista della qualità dell'acqua (qui LIMeco) e dell'habitat (qui i vari indici derivati dall'applicazione del CARAVAGGIO), la situazione è ancor più diversificata, con valori medi ottenuti – per alcune delle porzioni dei corpi idrici ipotizzati – corrispondenti a volte anche allo stato elevato.

La consapevolezza di tale quota di variabilità nella classificazione dei corpi idrici, strettamente legata al posizionamento delle stazioni e al dettaglio del monitoraggio, potrebbe consentire di evidenziare in modo diretto le problematiche ambientali presenti in un dato bacino/corso d'acqua e a migliorarne la comprensione e la trasferibilità in fase di adozione delle misure. Inoltre, data la considerevole estensione dei corsi d'acqua minori in rapporto all'intera rete idrografica, è indubbio come tali corsi d'acqua siano fortemente rappresentativi – per la loro quota parte - delle condizioni osservabili nel bacino. In molte delle situazioni previste dal monitoraggio operativo, per le quali è richiesta la classificazione dei corpi idrici attraverso l'indagine di siti e corpi idrici rappresentativi, l'inclusione di almeno alcuni tra questi corsi d'acqua nei piani di monitoraggio potrebbe fornire un quadro più esaustivo dello stato di qualità del bacino attraverso evidenze sperimentali; ciò, a sua volta, potenzierebbe la possibilità di intraprendere le eventuali misure di tutela e risanamento in modo più diretto e più inerente al quadro reale, nel contempo garantendo e.g. in fase di reporting, la giusta visibilità a situazioni di elevata qualità complessiva dell'ecosistema. È chiaro che ci si trova in bilico tra la necessità di limitare il numero di corpi idrici (e stazioni) monitorati e quella di ottenere l'informazione sufficiente per descrivere adeguatamente lo stato degli stessi. Attualmente, ad un corpo idrico corrisponde di norma una sola stazione di campionamento; qualora si optasse per un numero di corpi idrici minore - a scapito quindi dell'effettiva rappresentatività dei giudizi espressi - sarebbe utile considerare la possibilità di spostare nel tempo le stazioni di prelievo in tratti diversi del corpo idrico. Ciò, ovviamente, nel rispetto delle necessità operative delle Agenzie, per aree campione e in proiezione futura, e quando sia pianificata la raccolta di un numero di campioni sufficientemente elevato da consentire comunque di ottenere repliche del campionamento da alcune delle stazioni.

Ritornando all'utilità di evidenziare situazioni di corpi idrici, o tratti degli stessi, in stato elevato, è utile ricordare come la WFD preveda che tratti fluviali attualmente in stato di qualità elevato (come spesso verificato nei tratti più a monte dei corpi idrici) non possano subire diminuzioni di qualità. Uniche eccezioni alla regola sopra menzionata sono previste in caso di motivi di interesse pubblico di primaria importanza, che dovranno essere adeguatamente supportate. È quindi evidente come una maggiore, e più capillare, conoscenza dei corsi d'acqua di minori dimensioni potrà favorirne la tutela, come peraltro richiesto dalla normativa. Infine, qualora alcuni tratti dei fiumi analizzati venissero riconosciuti come siti di riferimento, la necessità di una loro tutela avrà valenza molto più ampia, sia in termini di caratteristiche ambientali, sia per le pratiche gestionali e di monitoraggio a livello regionale e nazionale.

In merito all'esempio specifico oggetto del presente paragrafo, è comunque utile rimarcare come l'indagine di un unico corpo idrico, con il posizionamento costante lungo l'asta fluviale della stazione di prelievo, può senz'altro risultare ottimale in molti dei casi previsti dal monitoraggio di sorveglianza, per il quale riveste un ruolo preponderante la valutazione delle variazioni a lungo termine e/o a larga scala dello stato di qualità di un insieme di corpi idrici; in questo caso specifico sarà utile valutare le eventuali variazioni qualitative ai fini di ottimizzare la gestione dell'invaso del Lago Mulargia.

#### 4. Considerazioni conclusive

- L'attività di dimostrazione attuata nel presente deliverable dovrebbe consentire di derivare un quadro sintetico delle condizioni qualitative dei siti considerati nelle due aree oggetto di studio nel progetto INHABIT. Tale attività rappresenta una delle prime applicazioni in simultanea di metodi adottati solo in tempi molto recenti per la classificazione di siti fluviali in Italia. L'inclusione per la Sardegna di un set di dati esterni a INHABIT e proveniente da un precedente progetto di ricerca ha inoltre consentito di ampliare l'esercizio di dimostrazione ad una realtà più complessa, caratterizzata da un numero relativamente elevato di siti distribuiti in pochi corpi idrici e campionati in diverse stagioni.
- I risultati hanno messo in evidenza alcune problematiche relative alla classificazione di qualità che saranno approfondite nelle successive fasi del progetto, principalmente nei gruppi di azione di innovazione e dimostrazione. Una prima problematica rilevata per i corpi idrici studiati in Sardegna riguarda la difficoltà di attribuzione ad una determinata categoria di persistenza di acqua in alveo, con alcune discordanze riscontrate tra le indicazioni presenti in tipizzazione regionale e le osservazioni di campo. Tale complessa situazione presenta potenziali ricadute sui risultati della classificazione, dal momento che si ritiene possibile, in taluni casi, l'ottenimento di valori di classificazione più conformi con le condizioni ambientali osservate attribuendo il tratto/corpo idrico ad un tipo fluviale differente in termini di persistenza dell'acqua.
- I risultati della classificazione hanno confermato alcune prerogative del piano sperimentale messo a punto per il progetto, relative alla selezione di siti non interessati da rilevanti impatti dal punto di vista chimico-fisico, ma che presentassero alterazioni a carico delle caratteristiche morfologiche e di habitat a diverso livello di intensità. Per la quasi totalità dei campioni INHABIT, con la sola eccezione di un sito nella HER6 del Piemonte, si osservano infatti classi di qualità elevata e buona per l'indice LIMeco, indicatrici di assenza di rilevante alterazione delle condizioni chimico-fisiche. I valori degli indici di qualità dell'habitat mostrano invece un'elevata variabilità, in particolare per quanto riguarda l'indice HMS che quantifica il grado di alterazione morfologica. L'indice IQH, calcolato come

media degli EQR dei tre indici di habitat HMS, HQA e LUI, costituisce una sintesi delle informazioni derivate dall'habitat e tende ad uniformare le classificazioni ottenute dai tre indici singolarmente. Tale indice presenta in genere una buona concordanza con la classificazione biologica, a patto che si verifichino condizioni di assenza di inquinamento dell'acqua, come osservato e.g. nei dati della HER6 del Piemonte.

- Per quanto riguarda la classificazione biologica si osservano per i siti INHABIT condizioni di qualità da elevate a moderate nei corpi idrici in Sardegna, elevate o - in pochi casi - buone per la HER1 del Piemonte e comprendenti tutte le classi nella HER6 del Piemonte. Considerando le classificazioni effettuate separatamente per i campioni raccolti in due mesohabitat (ove presenti), queste mostrano elevate percentuali di concordanza. Le eccezioni osservate sembrano suggerire, in particolare per il confronto tra le aree pool e riffle campionate in Sardegna, una diversa sensibilità dei due mesohabitat al tipo di alterazione, soprattutto per quanto riguarda i diversi aspetti di qualità dell'habitat. Sulla base di tali osservazioni, per un'efficace interpretazione del dato biologico si ritiene opportuno: a) considerare anche separatamente le informazioni fornite dai singoli indici di qualità dell'habitat HMS, HQA e LUI, benché la classificazione basata sull'IQH sia un utile riferimento di sintesi, e b) operare sempre, quando possibile, il campionamento in entrambi i mesohabitat pool e riffle al fine di conservare l'informazione derivante dalla loro possibile diversa sensibilità al tipo di alterazione presente, anche per il monitoraggio operativo.
- Confrontando la classificazione effettuata per singoli siti fluviali e per corpi idrici si osserva, per questi ultimi, una diminuzione della variabilità degli indici e delle classi di qualità, con un posizionamento, come prevedibile, dei valori mediati degli indici su valori meno estremi. Il tema della variabilità della classificazione riscontrata tra diverse stazioni all'interno del medesimo corpo idrico suggerisce alcune considerazioni sulla scelta del numero dei siti di prelievo e il loro posizionamento nel corpo idrico. Qualora tale variabilità risultasse legata ad un'effettiva variazione del livello delle pressioni rilevabili nel bacino, potrebbe essere opportuno considerare il monitoraggio di tratti diversi all'interno del corpo idrico o il posizionamento di un'unica stazione in tratti differenti nel tempo, e.g. in occasione dei diversi cicli di monitoraggio o stagioni di campionamento. Questa soluzione potrebbe risultare utile al fine di predisporre un programma di misure in modo più inerente al quadro reale, soprattutto qualora le fonti di inquinamento o alterazione si suppongano stabili nel tempo (i.e. non sono state ancora intraprese misure per la mitigazione dei loro possibili effetti). La modalità per la scelta del numero di stazioni e il loro posizionamento all'interno del corpo idrico costituisce un importante aspetto della pianificazione del monitoraggio e la possibilità di effettuare il campionamento in più punti del corpo idrico è prevista dalla *Guidance* Europea per il monitoraggio (CIS, 2003). Si ritiene che tale opzione potrebbe rivelarsi particolarmente utile nell'ambito del monitoraggio operativo, al fine di ottenere un quadro più ampiamente rappresentativo delle condizioni osservabili nella porzione di bacino al quale il corpo idrico appartiene.

## Bibliografia minima di supporto

- Buffagni A. & Belfiore C., 2011. MacrOper.ICM Ver. 0.1.1 beta. CNR-IRSA, UNITUS-DEB.
- Buffagni A., S. Erba & Ciampittello M., 2005. Il rilevamento idromorfologico e degli habitat fluviali nel contesto della Direttiva europea sulle acque (WFD): principi e schede di applicazione del metodo CARAVAGGIO. Notiziario dei Metodi Analitici IRSA 12: 32-46.
- Buffagni A., Erba S., Cazzola M., Murray-Bligh J., Soszka H. & P. Genoni. 2006. The STAR Inter-calibration Common metrics approach to the WFD Inter-calibration Process: a full application across Europe for small, lowland rivers. *Hydrobiologia*, Volume 566: 379-399.
- Buffagni A., Erba S. & Furse M.T., 2007. A simple procedure to harmonize class boundaries of assessment systems at the pan-European scale, *Environ. Sci. Policy* 10 (2007): 709-424.
- Buffagni A., Erba S. & Demartini D., 2010. Deliverable Pd3. Indicazione generali e protocolli di campo per l'acquisizione di informazioni biologiche e di habitat. Parte A: fiumi. Project INHABIT - LIFE08 ENV/IT/000413. 99 pp. [www.life-inhabit.it](http://www.life-inhabit.it)
- Cazzola M., Balestrini R., Erba S., Demartini D., Belfiore C., Tenchini R., Ferrero T., Bottino A., Nicola A., Casula R. & Buffagni A., 2012. Deliverable I1d2. Banca dati relativa agli aspetti biologici e alla qualità delle acque. Parte A: fiumi. Project INHABIT - LIFE08 ENV/IT/000413. 41 pp. [www.life-inhabit.it](http://www.life-inhabit.it)
- CNR-IRSA, 2008. Direttiva 2000/60/EC (WFD), condizioni di riferimento per fiumi e laghi, classificazione dei fiumi sulla base dei macroinvertebrati acquatici. Notiziario dei metodi analitici, numero speciale 2008, 88 pp.
- CNR-IRSA, 2007. Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/EC (WFD). Notiziario dei metodi analitici n.1, marzo 2007, 118 pp.
- Di Pasquale D. & Buffagni A., 2006. Il software CARAVAGGIOsoft: uno strumento per l'archiviazione e la gestione di dati di idromorfologia e habitat fluviale. IRSA-CNR Notiziario dei Metodi Analitici, Dicembre 2006: 39-64.
- D.M. 260/10. Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo. G.U. 30 del 7 febbraio 2011.
- D.M. 56/09. Decreto Ministeriale n. 56 del 14/04/2009. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Regolamento recante «Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo». Gazzetta Ufficiale n. 124, suppl. ord. n. 83 del 30 maggio 2009.
- D.M. 131/08. Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 16 giugno 2008, n. 131: Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: «Norme in materia ambientale», predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto. Gazzetta Ufficiale n. 187 suppl. ord. n. 189 del 11 agosto 2008.
- European Commission, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities L 327: 1-72.
- Erba S., Demartini D., Balestrini R., Cazzola M., Tenchini R., Fiorenza A., Ferrero T., Casula R., Pintus M. & Buffagni A., 2011. Deliverable I1d1. Rapporto tecnico - Aree di studio, siti e strategie di

- campionamento, difficoltà complessive e sintesi dei principali risultati. Parte A: FIUMI. Project INHABIT - LIFE08 ENV/IT/000413. 166 pp. [www.life-inhabit.it](http://www.life-inhabit.it)
- Erba S., Arese C., Balestrini R., Lotti A., Marziali L., Pintus M., Casula R., Coni M., Ferrero T., Fiorenza A., Raviola M., Sesia E. & Buffagni A., 2010. Deliverable Pd2. Tipizzazione e condizioni di riferimento in alcuni bacini fluviali italiani: approcci, metodi e selezione delle aree di studio. Parte A: FIUMI. Project INHABIT - LIFE08 ENV/IT/000413. 231 pp. [www.life-inhabit.it](http://www.life-inhabit.it)
- Marziali L., Erba S., Ferrero T., Ciampittiello M., Casula R. & Buffagni A., 2010. Deliverable Pd1. Piani di Gestione dei Bacini Idrografici ai sensi della WFD (2000/60/EC) in alcuni Distretti idrografici italiani: approcci, metodi, fattori di scala e programmi di misure. Project INHABIT - LIFE08 ENV/IT/000413. 143 pp. [www.life-inhabit.it](http://www.life-inhabit.it)
- MIUR, 2002. MICARI. "Strumenti e procedure per il Miglioramento delle CAPacità Ricettive di corpi idrici superficiali", "Proposta di stream standard specifici per corsi d'acqua a regime torrentizio", D.M. 408 Ric. 20/03/2002 – Settore Risorse Idriche.
- Raven P. J., Holmes T. H., Dawson F. H., Fox P. J. A., Everard M., Fozzard I. R. & Rouen K. J., 1998. River Habitat Survey, the physical character of rivers and streams in the UK and Isle of Man. River Habitat Survey Report No. 2, May 1998. The Environment Agency, Bristol, pp. 86.
- Regione Autonoma Sardegna, 2009. Caratterizzazione dei corpi idrici della Sardegna "relazione generale" decreto del ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare N. 131 del 16 giugno 2008. Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Sardegna n. 4 del 13/10/2009, 89 pp.
- Regione Autonoma Sardegna, 2007. Sardegna Cedoc. Centro Documentazione Bacini Idrografici. <http://82.85.20.58/sardegna/webapp/index.php>