

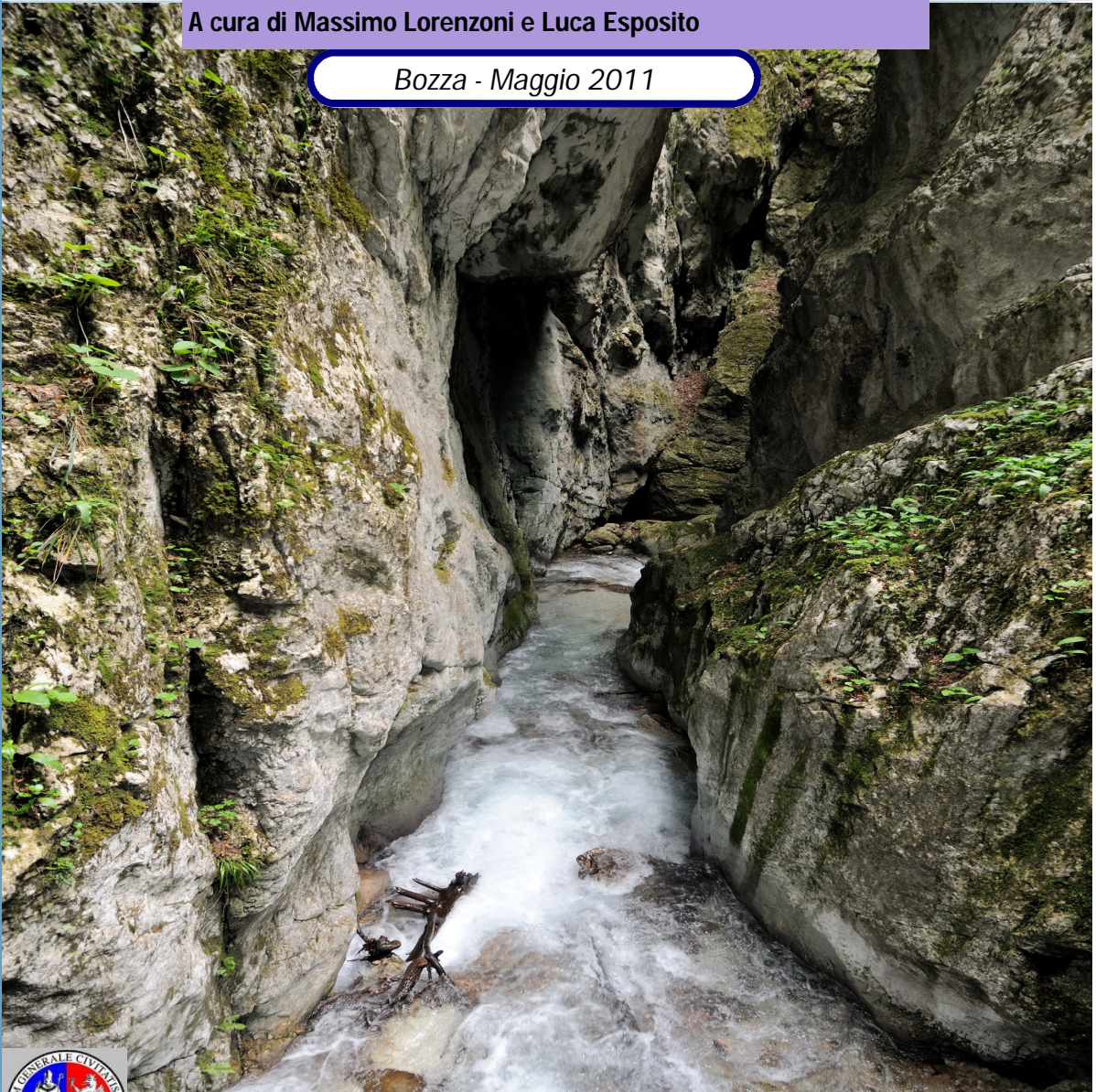


REGIONE MARCHE -
Servizio Agricoltura, Forestazione e Pesca

La Carta Ittica delle Marche

A cura di Massimo Lorenzoni e Luca Esposito

Bozza - Maggio 2011



Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale - Università di Perugia

A cura di Massimo Lorenzoni e Luca Esposito,
con Antonella Carosi, Elisabetta Franchi, Daniela Giannetto, Giovanni Pedicillo, Laura Pompei.

I contributi delle singole Carte Ittiche Provinciali sono di:

Carta Ittica di Pesaro Urbino:

Andrea De Paoli, Massimo Santini Simoncelli, Paolo Grilli, Luca Esposito (2007)

Carta Ittica di Ancona:

Paolo Melotti, Alessandra Roncarati, Andrea Dees, Alberto Felici, Leila Fortini.

Carta Ittica di Macerata Acque di Categoria "A":

Mario Marconi, Mario Copponi, Daniele Sparvoli, Mara Montecchiari.

Carta Ittica di Macerata Acque di Categoria "B" :

Mario Marconi, Mario Copponi, Daniele Sparvoli, Mara Montecchiari.

Carta Ittica di Ascoli Piceno e di Fermo:

Paolo Melotti, Alessandra Roncarati, Andrea Dees, Alberto Felici, Leila Forlini

I corsi d'acqua ed i pesci del Parco Nazionale dei Monti Sibillini

Mario Mearelli

N.B. far decidere agli autori stessi

INDICE

INTRODUZIONE.....	5
CAPITOLO 1 - AREA INDAGATA.....	6
CAPITOLO 2 - MATERIALI E METODI.....	27
CAPITOLO 3: I DATI DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO DELLA PROVINCIA DI PESARO - URBINO.....	48
CAPITOLO 4: I DATI DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO DELLA PROVINCIA DI ANCONA.....	210
CAPITOLO 5: I DATI DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO DELLA PROVINCIA DI MACERATA.....	240
CAPITOLO 6: I DATI DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO DEL PARCO NAZIO- NALE DEI MONTI SIBILLINI.....	330
CAPITOLO 7: I DATI DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO DELLA PROVINCIA DI FERMO.....	401
CAPITOLO 8: I DATI DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO DELLA PROVINCIA DI ASCOLI PICENO.....	420
CAPITOLO 9: I DATI DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO DELLA PROVINCIA DI ANCONA NON PUBBLICATE.....	452
CAPITOLO 10: LA CARTA ITTICA DELLE MARCHE: PARAMETRI AMBIENTALI.....	460
CAPITOLO 11: LA CARTA ITTICA DELLE MARCHE: FAUNA ITTICA.....	471
CAPITOLO 12: LA CARTA ITTICA DELLE MARCHE: INTERAZIONI DELLA FAUNA ITTICA CON I FATTORI ABIOTICI DELL'AMBIENTE FLUVIALE.....	570
CAPITOLO 13: CONCLUSIONI.....	582
CAPITOLO 14: INDICAZIONI PRATICHE PER LA GESTIONE.....	598
BIBLIOGRAFIA.....	618

INTRODUZIONE

La Carta Ittica delle Marche nasce dal tentativo di raccordare le diverse iniziative che le singole province hanno intrapreso in materia di gestione della fauna ittica. La Carta Ittica rappresenta uno strumento tecnico realizzato sulla base di un accurato ed approfondito studio dell'ittiofauna, che ha tra i propri requisisti anche quello di indagare le dinamiche ambientali che caratterizzano gli ecosistemi in cui la fauna ittica vive (AIAD, 1996).

Scopo di una Carta Ittica è la pianificazione e la razionalizzazione degli interventi sulle comunità ittiche, ai fini della loro tutela e conservazione. Le prime Carte Ittiche in Italia risalgono agli anni '70, periodo in cui emerse con forza la necessità di preservare le risorse alieutiche dai vari fattori di impatto umano, causa principale di degrado degli ecosistemi acquatici. La Carta Ittica può rappresentare uno strumento d'indagine completo ed efficace, in quanto pone i popolamenti ittici in stretta correlazione con una valutazione degli aspetti idro-morfologici, fisico-chimici e biologici delle acque. Lo scopo è quello di raccogliere tutti gli elementi per pianificare una gestione degli ambienti fluviali che, oltre al recupero delle piene potenzialità della fauna ittica, miri ad una più globale riqualificazione degli ecosistemi acquatici. Il ruolo di primaria importanza assunto dalla Carta Ittica può essere sintetizzato in due obiettivi principali, enunciati nel documento ufficiale dell'AIAD (Associazione Italiana Ittiologi d'Acqua Dolce) sin dal 1996:

- individuare le relazioni che intercorrono tra parametri ambientali (biotici ed abiotici) e struttura delle comunità ittiche;
- ottenere una base dati di riferimento per il confronto con i valori che saranno registrati nelle successive fasi di monitoraggio.

La Regione Marche ha pienamente recepito tali indicazioni e si è dotata della L.R. 11/2003 "Norme per l'incremento e la tutela della fauna ittica e disciplina della pesca nelle acque interne", con il preciso scopo di promuovere la tutela, l'incremento ed il riequilibrio biologico della fauna ittica, al fine di favorire e realizzare gli interventi di conservazione ambientale e di gestione della pesca nelle acque interne nel rispetto delle tradizioni locali, anche attraverso lo sviluppo di ricerche e sperimentazioni. All'articolo 7, la L.R. 11/2003 prevede la realizzazione della Carta Ittica Regionale, con lo scopo di indagare la situazione ambientale dei diversi ambiti fluviali del territorio regionale e con l'obiettivo di rappresentare uno strumento gestionale che permetta il raggiungimento di un punto di equilibrio fra esigenze di sfruttamento dovute alla presenza della pesca sportiva e necessità di conservazione della fauna ittica. La Regione ha poi stabilito, in accordo con le Province, che per la stesura di tale strumento di analisi e di programmazione ognuna di esse procedesse autonomamente.

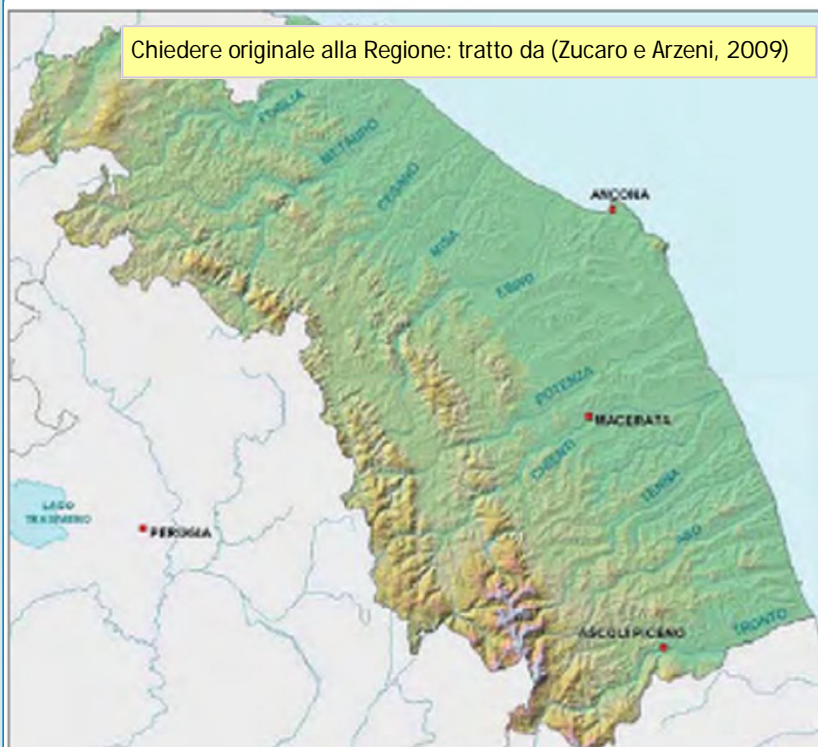
Con la realizzazione delle Carta Ittiche Provinciali la fase preliminare di acquisizione dei dati conoscitivi si può dire conclusa e gli enti preposti hanno finalmente contribuito al superamento dei criteri, spesso empirici, che sino ad alcuni anni fa hanno governato la gestione delle acque interne. Ora lo sforzo è quello di giungere ad un tentativo di omogeneizzazione dei risultati conseguiti nei 5 diversi ambiti provinciali, mediante un nuovo strumento che sia la sintesi completa di quanto fatto e che sia in grado di dare una visione d'insieme dei risultati ottenuti e nel contempo effettuare un confronto fra i dati delle diverse realtà provinciali, per evidenziarne le peculiarità.

1 - AREA INDAGATA

Le Marche si collocano sulla metà occidentale del mare Adriatico ed occupano circa 9.366 km² di superficie, estendendosi in direzione NO-SE tra il fiume Conca a nord ed il Tronto a sud; a ovest la regione è limitata dall'Appennino. La regione assume la forma di un rettangolo e confina con l'Emilia-Romagna, la Repubblica di San Marino, la Toscana, l'Umbria, il Lazio e l'Abruzzo. I confini amministrativi coincidono in genere con quelli geografici, ma esistono alcune eccezioni: in provincia di Pesaro - Urbino il territorio regionale si estende a nord del confine naturale del bacino del Foglia; questa eccezione è stata nel 2009 in parte ridimensionata, in seguito al passaggio di sette comuni dell'Alta Valmarecchia all'Emilia-Romagna, avvenuto in seguito agli esiti di un *referendum*. Sempre all'interno della provincia di Pesaro - Urbino è situata un'enclave che appartiene al comune umbro di Città di Castello. Alla provincia di Macerata appartengono alcuni comuni dell'Alta Valnerina, che gravitano nel bacino del Tevere (Castelsantangelo sul Nera, Ussita, Visso) e che quindi fanno parte di uno spartiacque tirrenico. Al contrario, anche se posizionata sul versante Adriatico, la conca di Amatrice e Accumoli non fa parte della provincia di Ascoli Piceno, bensì di quella di Rieti.

Il territorio marchigiano è caratterizzato da struttura molto regolare, fortemente condizionata dalla presenza di un gradiente altimetrico che suddivide la regione in fasce parallele, a quote decrescenti dalla dorsale appenninica al mare. Esiste un netto contrasto tra la porzione occidentale prevalentemente montuosa, e quella orientale, essenzialmente collinare, che si estende fino al litorale adriatico. Seguendo le linee di massima pendenza e perpendicolarmente a tali fasce territoriali, scorrono i corsi d'acqua che sono anche disposti in modo parallelo l'uno all'altro.

La regione è, quindi, a prevalenza collinare: in tale tipologia ricade il 69% del territorio (6.463 km²), mentre il rimanente 31% (2.903 km²) è montuoso; le pianure sono



Fonte: Elaborazioni INEA

Figura 1.1 - Carta delle pendenze medie e dell'altitudine media. Da Zucaro e Arzeni (2009).

scarse, poco estese e localizzate lungo le valli alluvionali dei principali corsi d'acqua e la fascia costiera. Il litorale si snoda per 173 km ed è caratterizzato da spiagge sabbiose, ad eccezione del monte Conero, che rappresenta la massima quota del versante marittimo e di alcune altre zone di costa alta localizzate nei pressi di Grottammare (provincia di Ascoli Piceno) e il colle San Bartolo (provincia di Pesaro (Regione Marche, 2008).

Il settore occidentale delle Marche è attraversato dall'Appennino: a sud del passo di Bocca Trabaria inizia il cosiddetto Appennino umbro-marchigiano, mentre a nord di tale passo c'è un

limitato settore appartenente all'Appennino tosco-emiliano. Il gruppo montuoso più elevato è costituito dalla catena dei Sibillini, a cavallo delle province di Fermo, Ascoli Piceno e Macerata, dei quali il monte Vettore (2478 m s.l.m.) rappresenta la vetta più elevata; altri monti importanti della regione sono il monte Nerone (1526 m), il monte Catria (1702 m), il monte San Vicino (1479 m), il monte Pennino (1570 m), il monte Rotondo (2103 m), il monte Fema (1575 m), il monte Priora (2334 m), il monte Bove (2143 m), il monte Sibilla (2175 m), il monte Vallelunga (2221 m), il monte Porche (2335 m) ed il monte Argentella (2201 m).

Sotto l'aspetto orografico le Marche possono quindi suddividersi in tre fasce longitudinali (Figura 1.1) che vengono brevemente descritte di seguito, procedendo da est ad ovest (Centamore e Micarelli, 1991).

- La fascia sub - appenninica, estesa ad est sino al litorale, rappresentata prevalentemente da rilievi collinari, con l'eccezione della parte pedemontana che da Cingoli si spinge fino ai monti della Laga: qui si raggiungono le maggiori quote fino a toccare i 1954 m s.l.m. del Colle la Tana. Localmente l'uniformità del paesaggio collinare di questa fascia è interrotta dalla presenza di aree più elevate, quali i monti della Cesana, il monte Conero, la dorsale di Cingoli e la dorsale di Acquasanta (Regione Marche, 2008).
- La fascia appenninica propriamente detta, costituita da due dorsali montuose pressoché parallele (dorsale interna Umbro -Marchigiana e dorsale Marchigiana esterna). Il loro orientamento è NO-SE nella parte più settentrionale e pressappoco N-S nella parte meridionale; pertanto, insieme al limitrofo Appennino umbro, tali catene montuose vengono a costituire la nota forma arcuata dell'Appennino umbro-marchigiano. Le due dorsali sopraccitate, che hanno un'altitudine media che oltrepassa i 1000 m s.l.m. e raggiungono la loro massima quota in corrispondenza del monte Catria, sono separate da una fascia collinare sviluppata da Visso ad Acqualagna; in corrispondenza dei monti Sibillini si saldano tra loro in una più grande unità orografica a rilievo mediamente più elevato, la cui quota massima si trova in corrispondenza del monte Vettore (2476 m s.l.m.) (Regione Marche, 2008).
- La fascia pre-appenninica, di modesta estensione, ubicata nell'estrema porzione nord-occidentale, da Castel d'Elci a nord fino alla Serra di Burano a sud. Le quote più elevate sono quelle di monte Sodo Pulito (1125 m s.l.m.) e di Pian della Serra (1020 m s.l.m.) (Regione Marche, 2008).

I fattori che influenzano il clima della regione sono dati dalla latitudine (42° - 44° Nord), dall'elevata influenza del mare Adriatico (pressoché chiuso e poco profondo), dal differente orientamento della costa nel tratto rispettivamente a Nord e a Sud del monte Conero, dalla presenza della dorsale appenninica, dalla breve distanza che separa il mare dall'Appennino e dal gradiente altitudinale. La temperatura media annua, in rapporto alla differente altimetria, è compresa fra le isoterme di 10°C e 15°C e l'escursione media annua della temperatura, per le stesse zone altimetriche, oscilla tra 5°C e 13°C. La media estiva è 21 - 26° C, mentre quella invernale è di 3 - 8 ° C. Il numero delle gelate in un anno varia chiaramente in funzione della quota ed oscilla fra un massimo di 50 nella zona più elevata ad un minimo di 10 lungo le coste.

Nella parte settentrionale della regione non si osserva la presenza di una relazione positiva fra quantità delle precipitazioni ed altitudine: ciò appare riconducibile alla presenza di rilievi isolati e di catene parallele alla dorsale appenninica. La correlazione quota - precipitazioni è invece presente, cosa che di solito costituisce la norma, nella parte meridionale delle Marche. Le condizioni caratteristiche a scala locale, morfologiche e

altimetriche, condizionano l'andamento delle precipitazioni, anche se la tendenza generale è nella presenza di un picco massimo in autunno, mentre l'inverno e la primavera presentano quantità di pioggia pressoché eguali. Le precipitazioni medie oscillano tra 700 e 800 mm, mentre il valore medio di 1000 mm si rileva nella parte più elevata della regione. Le precipitazioni sono comunque irregolari: si oscilla fra i 600 mm anno⁻¹ costieri ai circa 1400 mm anno⁻¹ delle aree Appenniniche. La frequenza media delle precipitazioni è di 100 - 105 giorni piovosi, ma anche in questo caso vi sono sostanziali differenze tra l'area costiera (70 - 75 giorni) e quella appenninica (~120 giorni) (Regione Marche, 2005). La precipitazione nevosa è assolutamente saltuaria nell'area costiera, mentre nella zona appenninica è costantemente presente ogni inverno (Zucaro e Arzeni, 2009).

Per concludere in modo estremamente sintetico si può asserire che il clima della regione Marche prospetta evidenti caratteri continentali e che nel quadro climatico italiano appartiene al tipo della regione adriatica centro - meridionale; nel litorale prevale un carattere più spiccatamente temperato - marittimo. In particolare il clima è sub - continentale a nord di Ancona, con estati calde, ma rinfrescate dalla brezza marina ed inverni freddi: a Pesaro la temperatura media di gennaio è di 3,8 °C. A sud di Ancona la sub - continentalità si attenua per lasciare posto a un clima sub - litoraneo che assume caratteri più spiccatamente mediterranei nella Riviera delle Palme: a Grottammare la temperatura media di gennaio è di 7,6 °C. Nelle zone montuose vi sono estati fresche e inverni rigidi con abbondanti precipitazioni nevose.

I maggiori corsi d'acqua della regione sono rappresentati dal Conca (con la foce in Romagna), Foglia, Metauro, Cesano, Misa, Esino, Musone, Potenza, Chienti, Tenna, Aso e Tronto: tutti attraversano da Ovest ad Est la fascia appenninica e quella subappenninica, con valli strette e profonde nella prima e più aperte nella seconda (Zucaro e Arzeni, 2009). La quasi totalità dei corsi d'acqua marchigiani è tributaria dell'Adriatico; solo il corso superiore del Nera, che si origina presso i monti Sibillini e confluisce nel Tevere, drena parte del territorio marchigiano verso il Tirreno. L'unico lago naturale delle Marche è il lago di Pilato.

1.1 - Inquadramento geologico ed idrogeologico

Dal punto di vista geologico il territorio marchigiano è caratterizzato dalla presenza diffusa della successione umbro-marchigiana, caratterizzata da rocce sedimentarie, che si sono depositate in ambiente marino dal Trias superiore (200 milioni di anni di anni fa) fino al Messiniano (5 milioni di anni) ed al Pliocene inferiore (3,5 milioni) (Regione Marche, 2008). Tale successione stratigrafica è largamente affiorante nelle zone più interne della regione, mentre verso la costa adriatica è ricoperta da un'altra successione marina depositasi tra il Pliocene inferiore ed il Pleistocene inferiore (1 milione di anni). L'area settentrionale della regione è caratterizzata, invece, dall'affioramento dei termini cosiddetti "alloctoni" ed in particolare dalla Colata della Val Marecchia.

Con la sola eccezione del Montefeltro, dove la situazione è più complicata per la presenza di tali elementi alloctoni, la regione si presenta con una sequenza di ambienti definiti, che da ovest sono: il Bacino Umbro, la Dorsale Umbro - Marchigiana, il Bacino Marchigiano interno, la Dorsale Marchigiana ed il Bacino Periadriatico. Quest'ultimo è rappresentato dall'insieme delle colline plio - pleistoceniche che arrivano fino alla costa (ASSAM, 2006).

Le litologie che costituiscono la successione sedimentaria marchigiana, riflettono le variazioni nel tempo e nello spazio dell'ambiente marino di deposizione, in relazione all'attività tettonica (Centamore e Micarelli, 1991). La successione umbro-marchigiana inizia con la formazione delle Anidridi di Burano, tipica di un ambiente evaporitico e del Calcarea Massiccio, un calcarea di piattaforma carbonatica di colore biancastro spesso privo di strutture sedimentarie. Al di sopra di tali formazioni affiorano le sequenze carbonatiche

dei due gruppi giurassico - infracretacico e cretacico - paleogenico. Segue la sequenza carbonatica del gruppo cretacico - paleogenico rappresentata dai calcari biancastri a frattura concoide della Maiolica, dalle marne argillose e marne calcaree policrome con selce varicolore in liste o noduli delle Marne a Fucoidi, dai calcari e calcari marnosi rosati a frattura scagliosa con liste e noduli di selce rossa della Scaglia bianca, rossa e variegata ed, infine, dalle marne calcaree della Scaglia Cinerea (spessori variabili da 100 a 150 metri) che chiudono la sequenza dell'Oligocene superiore (Regione Marche, 2008).

Nell'area marchigiana durante il Miocene cominciarono a cessare le condizioni di uniformità del bacino sedimentario e si vennero a creare le condizioni per la formazione di bacini differenti, quali il Bacino Umbro, il Bacino Marchigiano interno ed il Bacino Marchigiano esterno, orientati tutti in senso appenninico. Le successioni mioceniche, in generale costituite da sedimenti pelagici ed emipelagici calcareo - marnosi e marnosi e da depositi terrigeni arenacei, arenaceo-marnosi e marnoso-argillosi con spessori variabili dai 300 ai 2000 metri, presentano, a seconda delle zone, alcune diversità nella sequenza stratigrafica. Il Bacino Umbro, che risulta il più interno e più ampio dei bacini torbiditici dell'area marchigiana, comprende solo le litofacies della Formazione della Marnoso-Arenacea e delle Arenarie di Monte Vicino. Il Bacino Marchigiano interno è strutturalmente il più complesso tra i bacini marchigiani, risultando composto da bacini minori tra loro indipendenti. Infine anche nel Bacino Marchigiano esterno si riconoscono alcuni bacini minori, fra i quali il Bacino della Laga è il più esteso fra tutti i bacini minori umbro - marchigiani. Nella restante parte del bacino marchigiano esterno è presente la sequenza plio - pleistocenica costituita da peliti con intercalate associazioni arenacee, arenaceo - conglomeratiche, arenaceo - pelitiche, corpi arenacei e conglomeratici. Le associazioni arenacee ed arenaceo - pelitiche sono per lo più presenti alla base del Pliocene inferiore, tra i fiumi Cesano e Musone, e nel Pliocene inferiore e medio, tra i fiumi Chienti e Tesino. I corpi arenacei del Pleistocene intercalati alle peliti sono numerosi a sud del Fiume Chienti. In prossimità della costa, a sud del Monte Conero, è presente un'associazione arenacea ed arenaceo-conglomeratica che chiude la sequenza quaternaria (Regione Marche, 2008).

I terreni di fondovalle si sono formati a seguito di ricorrenti eventi alluvionali e sono generalmente profondi, tendenzialmente di medio impasto o sciolti e molto eterogenei, proprio in virtù della loro origine (Zucaro e Arzeni, 2009). Le pianure alluvionali sono generalmente impostate su faglie anti - appenniniche e la loro morfogenesi è stata notevolmente influenzata dalla neotettonica. I bacini idrografici marchigiani, infatti, sono stati interessati da innalzamenti differenziati che hanno portato alla formazione delle aree attualmente comprese tra i corsi d'acqua principali della regione Marche. I margini settentrionali di tali settori hanno subito i maggiori innalzamenti e corrispondono in modo generico con gli attuali spartiacque dei bacini idrografici, mentre i margini meridionali corrispondono alle pianure alluvionali. I movimenti di sollevamento sono testimoniati dalla presenza di sedimenti marini del Pleistocene inferiore che, nei pressi della costa, sono ubicati anche ad oltre 300 m di altezza (Regione Marche, 2008). In questi terreni di origine alluvionale sono presenti falde di notevole importanza per l'approvvigionamento idrico regionale ad uso civile, agricolo ed industriale che sono ricaricati essenzialmente dalle acque superficiali. Le zone pianeggianti sono costituite essenzialmente dalle vallate dei principali fiumi, che decorrono perpendicolarmente alla linea di costa e parallelamente fra loro (Zucaro e Arzeni, 2009).

Nel Pleistocene medio e superiore, durante le fasi glaciali, ha avuto luogo la dislocazione di estesi depositi alluvionali, che durante le fasi interglaciali venivano di nuovo incisi. I cambiamenti climatici verificatisi durante il Quaternario, hanno infatti prodotto fluttuazioni della temperatura atmosferica in senso freddo (periodi glaciali) e caldo (periodi interglaciali) tali da provocare importanti modificazioni nel volume dei ghiacci continentali

con conseguenti significative variazioni del livello marino (livello di base dell'erosione). Le zone litorali sono state interessate da queste oscillazioni del livello marino subendo una successione di regressioni durante i periodi glaciali e di trasgressioni durante i periodi interglaciali. Durante i periodi di regressione l'abbassamento del livello marino ha provocato sulle foci dei corsi d'acqua una ripresa dell'erosione fluviale e durante i periodi di trasgressione episodi di alluvionamento da monte verso la foce. Il passaggio da un periodo glaciale ad un periodo interglaciale comporta, con il conseguente innalzamento del livello marino, fenomeni di alluvionamento, mentre durante la fase di transizione da un periodo interglaciale ad uno glaciale, con la conseguente regressione del livello medio marino, si verificano episodi erosivi di tipo regressivo che favoriscono l'incisione a terrazzo dei depositi alluvionali glaciali. Tale processo provoca la formazione del cosiddetto "terrazzo alluvionale eustatico". Il territorio appenninico è ancora in corso di sollevamento tettonico e nelle Marche, già a pochi chilometri dalla costa sono presenti terrazzi climatici, i più antichi dei quali sono ubicati poco al di sotto dei sedimenti marini del Pleistocene inferiore. Nei pressi della foce e durante le fasi trasgressive interglaciali, sulle alluvioni precedentemente depositatesi si sono accumulati depositi costieri e subordinatamente fluviali, mentre in corrispondenza delle dorsali, dove l'entità del sollevamento è stato maggiore, i terrazzi alluvionali più antichi risultano talora notevolmente incassati all'interno delle valli (Regione Marche, 2008).

Nella fascia collinare è presente un complesso di depositi arenacei nei quali sono presenti falde con forti escursioni annuali o strettamente dipendenti dalle precipitazioni meteoriche. La zona collinare costiera, inclusa nella fascia subappenninica, è caratterizzata da un complesso di argille, diffuse soprattutto nella parte meridionale della regione e caratterizzate da una permeabilità molto bassa. In questo complesso la circolazione idrica è, quindi, modesta e limitata ai corpi arenacei ed alle unità arenaceo-pelliche di maggiore estensione, presenti intercalate alle argille. L'elevata permeabilità dei depositi arenacei plio - pleistocenici permette la formazione di falde che alimentano numerose sorgenti, ampiamente utilizzate in passato. L'alimentazione è dovuta principalmente alle piogge e secondariamente alle acque superficiali. Le argille costituiscono il substrato impermeabile degli acquiferi e delle pianure alluvionali. Il ruscellamento e l'evapotraspirazione in tale complesso sono nettamente superiori all'infiltrazione (Zucaro e Arzeni, 2009).

Nell'area settentrionale della regione e, in particolare, nella zona del Montefeltro affiora il complesso della colata gravitativa del Val Marecchia, costituito principalmente da argilliti e marne intercalati a litotipi calcarei e calcarenitici (alloctono). Si tratta, quindi, in prevalenza di termini eterogenei, caoticizzati per effetto di traslazioni successive iniziate nell'Eocene e proseguite, a più riprese, fino al Pliocene, principalmente per fenomeni di scivolamento gravitativo da sud-ovest verso nord-est (Regione Marche, 2008). Sempre nella parte Nord occidentale della regione, è presente il complesso dei flysch nel quale la circolazione è limitata alle unità arenacee e conglomeriche che, quando sono presenti in consistenti spessori, sono sede di falde perenni che alimentano il reticolo idrografico e le sorgenti maggiori (Zucaro e Arzeni, 2009).

Nella fascia appenninica, infine, sono presenti i complessi idrogeologici delle dorsali carbonatiche, costituiti da rocce carbonatiche della sequenza umbro-marchigiana. In questi complessi la circolazione idrica avviene essenzialmente per fratturazione e il deflusso sotterraneo è guidato dall'assetto strutturale e condizionato dalle linee tettoniche. Numerosissime sono le sorgenti connesse con tali acquiferi, di portata raramente superiore a 5 l s⁻¹. Tutto il complesso è interessato da estesi fenomeni carsici e il ruscellamento è ridotto e limitato a una frazione molto piccola delle precipitazioni. Le falde idriche presenti in tale complesso alimentano le sorgenti con portate più copiose della

regione e alimentano anche i corsi d'acqua che attraversano le dorsali carbonatiche (Zucaro e Arzeni, 2009).

1.2 - Caratteristiche dei bacini idrografici

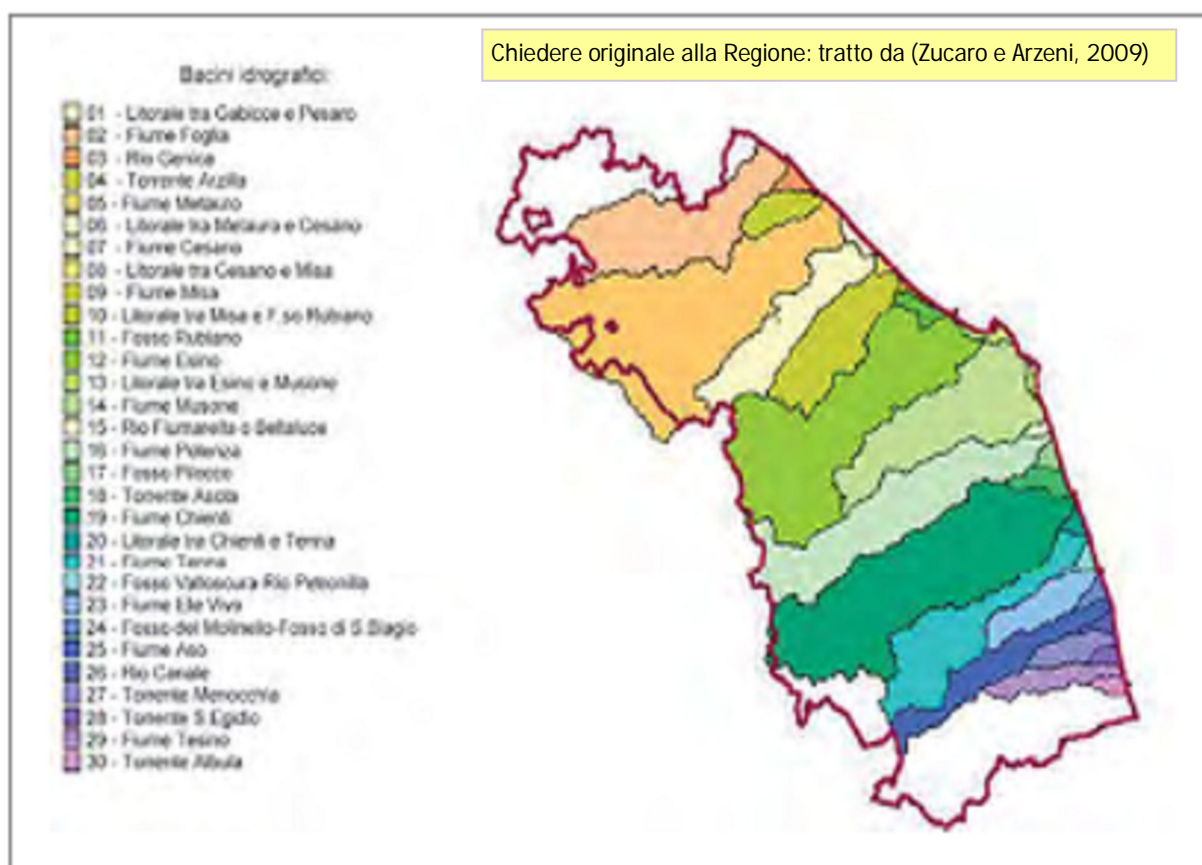
I corsi d'acqua marchigiani più importanti possono essere suddivisi in due gruppi:

- quelli settentrionali, rappresentati dal Marecchia, Conca (entrambi appartenenti per l'intero corso o una buona metà all'Emilia-Romagna), Foglia, il Metauro ed Esino;
- quelli meridionali, rappresentati dal Musone, Potenza, Chienti e Tronto (Regione Marche, 2008).

A questi si deve aggiungere il fiume Nera che, a differenza di tutti quelli precedentemente elencati, non sfocia nel mar Adriatico. Il Nera, infatti, nasce in territorio marchigiano e, dopo alcuni chilometri, supera il confine con l'Umbria per poi andare a confluire nel fiume Tevere che ha la sua foce nel mar Tirreno.

Una minima parte dei bacini idrografici ricade al di fuori del bordo occidentale marchigiano, dato che il confine con l'Umbria segue con buona approssimazione l'andamento della displuviale appenninica: il Burano, il Certano, parte del torrente Campodonico, affluente del Potenza, presentano una breve parte del loro corso iniziale in Umbria.

Caratteristiche comuni alla maggior parte dei fiumi marchigiani Adriatici sono lo scarso numero degli affluenti, la ridotta lunghezza, il prevalente parallelismo degli alvei, la dissimmetria delle sponde ed il regime idrologico di tipo torrentizio. Quest'ultima



Fonte: Autorità di bacino delle Marche

Figura 1.2 - Bacini idrografici delle Marche. Da Zucaro e Arzeni (2009).

<i>Asta idrografica</i>	<i>Lunghezza (km)</i>	<i>Invasi</i>	<i>Volume (m³ 10⁶)</i>
Conca	41		
Foglia	79	Diga di Mercatale	6
Metauro	110	Furlo	2
		Diga S. Lazzaro	0,5
		Diga Tavernelle	2
Cesano	64		
Misa	48		
Esino	85		
Musone	88	Castreccioni	40
Potenza	88		
Chienti	91	Polverina	3,5
		Borgiano	4,5
		Santa Maria	2
		Le Grazie	2
		Fiastrone	20
Tenna	62	S. Ruffino	2,6
Aso	58	Gerosa	12
Tesino	34		
Tronto	115	Scandarella	12
		Casteltrosino	0,4
		Talvacchia	14

Tabella 1.1 - Caratteristiche dei corsi d'acqua e degli invasi artificiali delle Marche. Modificato da Zucaro e Arzeni (2009).

concentrate nel periodo autunnale ed invernale. Il regime idrologico molto variabile, in presenza di precipitazioni di intensità eccezionale, può generare lo straripamento delle acque nelle basse sezioni di pianura. Tali eventi sono più frequenti nei fiumi della parte settentrionale delle Marche, che scorrono a breve distanza uno dall'altro, mentre nella parte meridionale tali fenomeni sono meno frequenti, ma di una maggiore intensità (Regione Marche, 2008).

Escludendo il fiume Nera, nelle Marche si riconoscono 13 fiumi principali, aventi in generale andamento tra di loro sub-parallelo in direzione SO - NE: Conca, Foglia, Metauro, Cesano, Misa, Esino, Musone, Potenza, Chienti, Tenna, Aso, Tesino e Tronto (Tabella 1.1). Riguardo alla lunghezza dei fiumi si può notare come sia piuttosto ridotta, raggiungendo l'ordine dei 100 km solamente con i fiumi Metauro, Potenza, Chienti e Tronto. Poco elevate sono anche le altitudini medie dei singoli bacini idrografici. La profondità delle acque è senza eccezioni assai ridotta e, quindi, nessuno dei fiumi marchigiani risulta navigabile se non per l'estremo tratto prossimo alla foce, spesso adattato a porto-canale. Lo sbocco al mare dei corsi d'acqua avviene in generale tramite foci non ramificate che non sporgono sensibilmente dal profilo generale della costa. Il profilo trasversale delle valli è asimmetrico

condizione spiega anche le caratteristiche dei letti fluviali, che sono molto ampi e ricchi di ghiaie, con sezioni bagnate che in periodi di magra sono estremamente ridotte rispetto agli alvei asciutti (Regione Marche, 2008); tranne che nei periodi di piogge più intense i corsi d'acqua divagano entro alvei assai ampi.

I regimi idrologici dei corsi d'acqua dipendono dai fenomeni meteorici e dalla permeabilità delle rocce costituenti i bacini imbriferi cosicché, a valori pluviometrici simili, non sempre corrispondono regimi idrologici comparabili. La portata di tutti i corsi d'acqua marchigiani è comunque molto irregolare, in rapporto alla limitata estensione del bacino idrografico di ciascuno e alla stretta connessione con il regime delle precipitazioni; esistono magre molto forti durante i mesi estivi e due periodi di piena, prevalentemente in febbraio - marzo e in ottobre - novembre. Questo andamento può essere ricondotto al clima presente nell'area, caratterizzato da estati secche e piogge

perché gli alvei solitamente non scorrono al centro della loro pianura alluvionale, ma bensì a ridosso dei versanti in destra idrografica che sono anche caratterizzati da un'acclività mediamente maggiore di quelli del lato opposto. Sui versanti di sinistra, tuttavia, sono in genere conservati lembi assai più ampi e continui di alluvioni terrazzate. Tale asimmetria è riconducibile alla concomitanza di fenomeni neotettonici e di fenomeni legati all'assetto climatico locale (Regione Marche, 2008).

Nel suo complesso, il reticolo idrografico della regione risulta fortemente condizionato da due fattori principali: il gradiente regionale e la presenza di dislocazioni tettoniche. Per quanto riguarda l'influenza del primo fattore ne consegue che lo sviluppo longitudinale dei principali fiumi marchigiani risulta fortemente dipendente dalla distanza tra la linea di costa e la displuviale appenninica. Nella determinazione di una direzione preferenziale di scorrimento non è da sottovalutare anche la presenza di linee tettoniche trasversali e di rilievi secondari perpendicolari alle dorsali principali.

Anche per i principali corsi d'acqua possiamo distinguere le medesime zone omogenee individuate per l'orografia. Dal confine con l'Umbria verso la costa si individuano:

- una prima fascia montuosa (dorsale interna Umbro-Marchigiana) in cui affiorano terreni calcarei più resistenti all'erosione;
- una fascia a rilievo più dolce, in cui affiorano soprattutto rocce terrigene;
- una seconda catena montuosa (dorsale Marchigiana esterna) avente caratteristiche simili alla precedente, che si fonde verso sud con la dorsale più occidentale nella struttura dei monti Sibillini;
- un'ampia sezione a tipologia collinare, debolmente digradante verso il mare Adriatico, in cui affiorano le unità litostratigrafiche più recenti, prevalentemente di natura sabbiosa ed argillosa.

Nella prima fascia montuosa hanno origine quasi tutti i principali fiumi marchigiani, ad eccezione del fiume Misa e del fiume Musone. In questo settore i corsi d'acqua hanno portate scarse, con regime tipicamente torrentizio, come conseguenza della vicinanza delle sorgenti, dell'elevata pendenza e della scarsa erodibilità del substrato. A causa del rapido ed intenso sollevamento cui la zona è stata sottoposta, le valli montane sono in massima parte strette, profondamente incise e generalmente prive di depositi alluvionali, con aste fluviali aventi pendenze medie piuttosto alte (Regione Marche, 2008).

Nella stretta fascia collinare compresa tra le due dorsali calcaree si assiste ad una notevole modificazione della morfologia delle valli fluviali, che qui sono più larghe e con pendii longitudinali e trasversali caratterizzati da minori pendenze. Ciò è una diretta conseguenza delle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti, corrispondenti a formazioni marnose e terrigene più recenti ed assai più facilmente erodibili dei calcari. Lungo le pendici dei rilievi è frequente la presenza di depositi alluvionali costituiti prevalentemente da ciottoli calcarei, spesso aventi notevole spessore e continuità, terrazzati a differenti altezze. La portata dei fiumi in questo settore risulta leggermente maggiore rispetto al tratto precedente, anche se durante il periodo di magra in molti casi la circolazione idrica superficiale scompare quasi totalmente, a vantaggio dello scorrimento all'interno dei detriti di subalveo.

Nella seconda fascia montuosa la minore omogeneità del rilievo si riflette anche in una scarsa omogeneità morfologica delle valli fluviali ed in una maggiore variabilità nelle caratteristiche che contraddistinguono i singoli corsi d'acqua. I principali fiumi tagliano trasversalmente tale fascia montuosa incidendo talvolta gole strette e profonde, come nel caso dei fiumi Esino e Candigliano, oppure originando vallate più ampie con morfologie più

dolci, come avviene per i fiumi Cesano, Potenza e Chienti. In corrispondenza dei rilievi maggiori, le caratteristiche del reticolo idrografico risultano in genere coincidenti con quelle già descritte per la catena montuosa più occidentale: i torrenti hanno portate molto variabili, scorrono in valli molto incise, strette e caratterizzate da versanti ripidi, disposte parallelamente alla linea di massima pendenza.

L'ultima e più ampia porzione del territorio marchigiano è caratterizzata da rilievi collinari a morfologia generalmente dolce, costituiti da terreni facilmente erodibili, prevalentemente argillosi e sabbiosi. Le aste fluviali principali sono condizionati principalmente dalla pendenza regionale e scorrono, quasi senza eccezioni, in direzione antiappenninica. A causa della minore energia del rilievo si riscontra una minore tendenza all'erosione del subalveo. I depositi alluvionali terrazzati ed attuali hanno in questa zona il loro massimo sviluppo, ricoprendo porzioni ingenti delle valli e giungendo, in prossimità delle foci, a diversi chilometri di estensione laterale (Regione Marche, 2008).

1.2.1 - Caratteristiche dei corsi d'acqua.

Fiume Conca

Il fiume Conca nasce dalle pendici orientali del monte Carpegna e sfocia in mare dopo 41 km nei pressi di Cattolica, in Emilia - Romagna (ove scorre per la seconda metà del proprio corso). Si tratta di un bacino interregionale che attraversa il territorio marchigiano fino al comune di Sassofeltrio. In località Capriola di Montecopiolo è localizzato un punto di presa di acqua potabile che preleva 0,2 milioni di m³ annui (Regione Marche, 2000).

Fiume Foglia

Il fiume Foglia si origina in provincia di Arezzo e precisamente dal monte Sovera. La superficie totale del bacino è di 701 km² e si estende quasi totalmente nella provincia di Pesaro e Urbino. La vallata del fiume Foglia ha un andamento abbastanza regolare, con un bacino aperto nella parte alta e fortemente allungato nel tratto da Urbino al mare. Il bacino idrografico del fiume Foglia è di formazione molto recente con grande prevalenza di terreni autoctoni. Nel corso superiore del fiume calcari, arenarie e marne arenacee hanno offerto una relativa resistenza agli agenti esogeni, tanto da formare un paesaggio caratterizzato da notevole acclività, elevata tendenza alla franosità e fortemente inciso da numerosi corsi d'acqua. Nel corso medio e basso, la prevalenza d'argille e sabbie ha determinato un paesaggio collinare a rilievi arrotondati. Il regime idrologico del fiume Foglia è strettamente condizionato dalle precipitazioni ed è tipicamente torrentizio. Lungo il corso del fiume è presente l'invaso di Mercatale dalla capacità di 2,55 10 m³. Sul Foglia sono presenti due captazioni per acque destinate alla potabilizzazione: Mercatale di Sassocorvaro e Schieti di Urbino.

Dall'analisi dei valori medi mensili per il periodo 1937-1965, risulta che le portate minime assolute si registrano nel mese di agosto e le massime assolute nel mese di febbraio (Regione Marche, 2000).

Fiume Metauro

Il fiume Metauro si origina dalla confluenza, presso l'abitato di Borgo Pace, dei torrenti Meta e Auro, che nascono entrambi dalla dorsale appenninica, rispettivamente dalle pendici di Bocca Trabaria e da quelle del monte Maggiore. Dopo un percorso di circa 110 km, il Metauro sbocca nel mare Adriatico, 3 km a Sud di Fano. Il suo bacino idrografico ha una estensione di 1400 km² ed è il più vasto dell'intera regione Marche. Dal punto di vista geologico il bacino del Metauro è costituito quasi esclusivamente dalle formazioni appartenenti alla serie Umbro - Marchigiana e lungo l'alveo affiorano, infatti,

tutti i terreni della serie: i più antichi nella zona a monte e i più recenti in prossimità della foce. Dalla sorgente a Calmazzo, il corso del fiume è incassato in valli molto strette; da Calmazzo a Fossombrone la valle si allarga parzialmente; da Fossombrone alla foce si realizza un forte allargamento della valle ed una diminuzione di pendenza media che determinano un decremento della velocità dell'acqua. Lungo il suo corso sono presenti alcuni sbarramenti utilizzati per la produzione di energia elettrica ed esistono 8 opere di captazione di acqua destinata ad uso idro - potabile.

Dall'analisi delle medie mensili delle portate si evidenzia che: le portate massime si registrano nei primi mesi dell'anno (febbraio - marzo), mentre nei mesi estivi (luglio, agosto e settembre) si hanno le portate minime (Regione Marche, 2000).

Fiume Cesano

Il fiume Cesano nasce dalle pendici orientali del monte Catria e sfocia tra gli abitati di Marotta e Senigallia, costituendo per lunga parte del suo corso, il confine amministrativo delle province di Ancona e di Pesaro - Urbino. La lunghezza dell'asta principale è di circa 64 km, con una pendenza media del 2,55%. Il bacino, allungato in direzione SO - NE, ha sezione piuttosto regolare e si estende per 412 km² su terreni prevalentemente impermeabili, con quote medie di circa 320 m s.l.m. Il fiume ha carattere torrentizio con periodi di secca durante l'estate; tra i suoi principali affluenti c'è il torrente Cinisco (Regione Marche, 2000).

Fiume Misa

Il fiume Misa nasce in località San Domino e dopo un percorso di carattere prevalentemente torrentizio, sfocia nel mare all'altezza di Senigallia. Il bacino imbrifero occupa una superficie di 375 km². In località Brugno di Ripe, riceve il suo unico affluente, il torrente Nevola che nasce ai margini della dorsale marchigiana, più a Nord rispetto al Misa. Il regime di entrambi i corsi d'acqua, dipendente dalle condizioni climatiche, dal substrato litologico e dalla morfologia, è di tipo torrentizio con pronunciate magre estive e piene invernali.

Lungo l'asta del fiume Misa è presente un'unica stazione idrologica localizzata ad una distanza dalla foce di circa 5 km e caratterizzata da un bacino sotteso di 363 km² (parte permeabile 8,5%), un'altitudine massima di 825 m s.l.m., un'altitudine media di 220 m s.l.m.. Dai dati medi mensili di tale stazione si può osservare la presenza di un andamento irregolare delle portate medie mensili, con valori massimi che si registrano nel mese di marzo, mentre a luglio si hanno le portate minime (Regione Marche, 2000).

Fiume Esino

Il fiume Esino nasce in provincia di Macerata dalle pendici orientali del monte L'Antica a circa 1000 m di quota. Dopo un percorso di circa 85 km sfocia nel mare Adriatico in prossimità di Falconara Marittima. La pendenza media dell'alto corso è dell'11‰, che nel tratto terminale tocca un minimo del 2‰. La parte montana del bacino, la cui estensione complessiva è di 752 km², ricade nella provincia di Ancona per 505 km². Il resto ricade nelle province di Macerata (184 km²), Perugia (61 km²) e Pesaro - Urbino (2 km²).

Una ricerca della AUSL n. 5 di Jesi, che ha analizzato le portate nei periodi 1994 e 1996, ha messo in evidenza la presenza di un regime molto irregolare in funzione dei notevoli attingimenti (presa ENEL Gorgovivo, S. Elena, Angeli, Castelplanio, Ripa Bianca, sorgente Gorgovivo, Canale Pallavicino, Canale Manifattura) e delle condizioni meteo climatiche (Regione Marche, 2000).

Fiume Musone

Il fiume Musone nasce a circa 775 m di quota dalla confluenza di due valloni, uno con origine tra il monte Lavacelli e il monte Marzolare, l'altro tra Prati di Gagliole e Campo della Bisaccia. Inizialmente prende il nome di fosso di Valdiola, riceve poi le acque del piccolo fosso d'Ugliano e da questo momento assume il nome di Musone. La pendenza dell'asta nel tratto montano è del 30% e nel tratto medio inferiore varia dal 2 al 7%. Le acque del Musone vengono trattenute dalla diga di Castreccioni in cui è localizzata una presa di acqua potabile. Nel tratto finale, subisce la confluenza del fiume Aspigo e dopo circa 1 km sfocia nel Mare Adriatico nei pressi di Porto Recanati.

Le notevoli diversità nelle portate tra un periodo stagionale e l'altro, sono da collegare alle diverse condizioni ambientali che si instaurano nel bacino a seconda delle stagioni. Infatti, data la natura prevalentemente argillosa e quindi impermeabile del bacino, nel periodo estivo il terreno, secco e fittamente fratturato, è in grado di assorbire una notevole quantità di acqua, mentre in quello invernale, essendo saturo di acqua, si comporta come supporto praticamente impermeabile (Regione Marche, 2000).

Fiume Potenza

Il bacino idrografico del Potenza è compreso quasi interamente nella provincia di Macerata, anche se nella parte superiore si estende per alcune piccole porzioni all'Umbria. Il fiume nasce a monte di Fiuminata sul versante nord - orientale del monte Pennino a circa 1500 metri di quota. I caratteri generali del Potenza sono quelli di un fiume di tipo torrentizio, accentuati dalla mancanza di bacini regolatori. Oltre alla sorgente principale il bacino del fiume non presenta altre risorgive significative nel suo corso e gli affluenti hanno un'importanza molto relativa salvo durante i periodi di piogge intense e durature. Lungo il corso del fiume non ci sono sbarramenti che abbiano costituito invasi artificiali, ma esistono delle centrali idroelettriche che utilizzano direttamente le acque: a Pioraco, Montelupone, Recanati, ecc. Poiché la restituzione delle acque, dopo lo sfruttamento, viene effettuata a distanza relativamente breve dal sito di prelievo, la presenza di tali centrali altera solo parzialmente ed in brevi tratti il regime del fiume (Regione Marche, 2000).

Fiume Chienti

Il bacino idrografico del Chienti è compreso per la maggior parte nella provincia di Macerata, l'estrema punta occidentale (attorno al nucleo di Colfiorito) appartiene all'Umbria e la fascia sud - orientale (il bacino dell'Ete Morto) ricade nella provincia di Ascoli Piceno. Il ramo principale del fiume Chienti nasce a circa 1100 metri di altitudine e scorre proveniente dal Piano di Colfiorito. Questo ramo, chiamato "Chienti di Gelagna o di Serravalle" confluisce in un secondo ramo sorgentifero del fiume, il cosiddetto "Chienti di Pievetorina" in un'area tra località Rocchetta e Ponte la Trave. Fin dopo Polverina nessun altro affluente perenne degno di menzione confluisce nel Chienti. La foce del Chienti si trova a sud di Civitanova Marche e i suoi lobi deltizi variano nel corso delle stagioni, sono infatti di maggiori dimensioni durante la stagione estiva, quando il minore moto ondoso non è in grado disperdere completamente i sedimenti che si accumulano presso la foce. Il corso del Chienti è interrotto da quattro laghi artificiali, realizzati a scopo idroelettrico; dalla sorgente lungo il corso del fiume si incontrano: Polverina, Borgiano (o Caccamo), S.Maria (o Belforte), Le Grazie. Un altro invaso è ubicato sull'affluente Fiastrone. Il volume totale degli invasi è di oltre 32 milioni di m³, mentre il volume utile assomma a 29,9 milioni di m³.

Oltre le centrali alimentate dai bacini di raccolta, esistono, nel basso corso del Chienti, altre centrali che utilizzano direttamente le acque del fiume, restituendole a breve distanza dalle opere di presa. Nel lago delle Grazie è presente un punto di prelievo di acqua potabile. Il regime idrologico del fiume Chienti è profondamente influenzato dalla presenza degli invasi idroelettrici: le caratteristiche idrologiche naturali del fiume, senza

l'influenza degli invasi, sarebbero quelle di un fiume di tipo torrentizio con piene improvvise e magre accentuate, fortemente dipendenti dall'andamento delle portate. Le portate massime del fiume Chienti si registrano nei mesi di febbraio e marzo, mentre i valori minimi sono tipici di agosto e settembre (Regione Marche, 2000).

Fiume Tenna

Il Tenna scorre in prossimità del confine tra la provincia di Macerata e quella d'Ascoli Piceno. Il fiume nasce dalle pendici dei monti Sibillini e sbocca in mare poco a Sud di Porto Sant'Elpidio; la sua sorgente (Capotenna) si trova a 1117 m di quota, nel complesso Sibilla – Porche – Priora. Il fiume si snoda con un percorso di soli 62 km, compiendo un dislivello di circa 1000 m. Nel primo tratto si sviluppa stretto nelle rocce calcaree dei fianchi del monte Priora (2332 m) e del monte Sibilla (2173 m), che formano l'affascinante e famosa gola dell'Infernaccio. Ai piedi di Montefortino, il Tenna raccoglie le acque del torrente Ambro, che scende con notevoli pendenze nell'omonima valle. Dopo la confluenza del torrente Tennacola, il Tenna riceve anche il torrente Salino, così chiamato per le sue acque ricche di sali. La valle, fino a questo punto stretta e incassata, si amplia mentre la pendenza dell'alveo diminuisce.

Il Tenna scorre su terreni alluvionali dolcemente ondulati e, nel complesso, si distinguono tre diverse zone con differenti caratteri: il tratto montano dalle sorgenti fino all'uscita dall'orrido dell'Infernaccio, il bacino pedemontano con percorso incassato fino a Servigliano e il medio e basso corso fino al mare. Tra queste tre aree, quella che più ha mantenuto intatti i caratteri originari si trova a monte di Servigliano. Il letto fluviale in questo tratto ha subito limitatissime alterazioni ed è caratterizzato da anse che si snodano in profonde incisioni scavate in rocce arenacee. Le rive sono rivestite da una fitta vegetazione ripariale con salici, pioppi, roverelle ed altre specie arbustive.

L'ultimo dato di portata disponibile risale al 1979 e corrisponde ad un valore medio di $2,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nella stazione di Amandola. L'andamento dei valori medi mensili, relativi alle portate misurate nel periodo dal 1931 al 1979, appare caratterizzato da un regime di magra durante il periodo da luglio a ottobre, con una portata media di $1,46 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, sempre misurata nella stazione di Amandola.

Il corso principale del fiume è sbarrato dalla diga di San Ruffino localizzata nel Comune di Amandola, dove è stato realizzato un invaso con un volume di 2,6 milioni di m^3 (Regione Marche, 2000).

Fiume Aso

A cavallo fra la provincia di Fermo e quella di Ascoli Piceno, è il fiume Aso, che nasce dalle pendici occidentali dei monti Sibillini andando a gettarsi nel mare Adriatico in località Pedaso, dopo un percorso di circa 60 km. La sorgente è situata nei pressi del paesino di Foce, fra il monte Porche (2233 m) e la Cima della Prata (1850 m) e si alimenta delle acque raccolte in un bacino imbrifero che ha per spartiacque le cime più alte dei Sibillini, come il monte Vettore (2476 m) e la Cima del Redentore (2448 m). Tale anfiteatro racchiude la valle dell'unico lago naturale delle Marche, il lago di Pilato, di origine glaciale. Il bacino idrografico ricopre complessivamente una superficie di 280 km^2 . Lungo il corso del fiume è stato realizzato l'invaso artificiale di Gerosa, che ha una capacità di accumulo di circa 12 milioni m^3 di acqua. Più a valle, presso l'abitato di Comunanza, è presente una seconda diga che forma il lago di Pera, con una capacità di circa 700 mila m^3 .

La portata media del fiume, desunta dagli annali dell'ufficio Idrografico di Bologna, è pari a $2,32 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ in località Comunanza del Littorio (anni 1931-1935) e a $2,35 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ in località Comunanza Sant'Anna (anni 1936-1953). I dati medi delle portate mensili, in località Comunanza Sant'Anna, mettono in evidenza la diminuzione dei valori medi durante

il periodo agosto - ottobre (Regione Marche, 2000).

Fiume Tesino

Il fiume Tesino scorre in direzione O - E dalle pendici orientali del monte la Torre (824 m s.l.m.) fino alla foce, posta tra gli abitati di Grottamare e S.Benedetto del Tronto. Durante il proprio corso non riceve l'apporto di affluenti importanti. I dati idrologici del torrente Tesino sono ancora più scarsi rispetto agli altri bacini della provincia di Ascoli Piceno. Nei periodi di minori precipitazioni, cioè nella stagione estiva, il torrente rimane per alcuni tratti parzialmente asciutto.

Fiume Tronto

Il Tronto può essere solo parzialmente considerato un fiume marchigiano, avendo le sue sorgenti in Abruzzo e scorrendo in parte anche nel Lazio; nasce infatti sui monti della Laga, che fanno parte dell'Appennino Centrale. La sorgente del Tronto è collocata nel monte della Laghetta, tra il monte Gorzano (2458 m) ed il monte di Mezzo (2136 m); il fiume sfocia in mare dopo un percorso di 115 km, in massima parte nel territorio delle Marche, il suo bacino si estende su una superficie di 1190 km², avente orientamento S - N nell'alto tratto, per poi ruotare fino a raggiungere una direzione approssimativamente O - E; la sua altitudine media è di circa 775 m s.l.m. Lungo il corso d'acqua sono stati realizzati due invasi artificiali: la diga di Scandarella con 12 milioni m³ e la diga di Arquata del Tronto.

Il fiume lungo il suo corso riceve numerosi affluenti quali il torrente Neia, il fosso Bretta, il torrente Chiaro, il torrente Chifente, il torrente Fiobbo, il torrente Fluvione, il torrente Lama, il rio Riccione; il torrente Castellano, principale affluente di destra con i suoi 32 km di lunghezza, il torrente Marino e la fossa della Montagna.

La portata del Tronto viene spesso alterata a causa delle consistenti derivazioni a scopo idroelettrico presenti lungo il suo percorso: il volume medio delle acque che defluisce nell'unità di tempo in una sezione posta a 28 km dalla foce, è di circa 17 m³ s⁻¹ (Regione Marche, 2000).

Fiume Nera

Il bacino del fiume Nera presenta una superficie totale di 4311 km², dei quali 1563 sono localizzati in territorio umbro. Il bacino è prevalentemente montuoso e presenta una quota media molto elevata (909 m s.l.m.). La quota massima viene raggiunta dal monte Vettore (2476 m), ma anche gli altri rilievi superano spesso i 1500 m. Il bacino è caratterizzato dalla prevalenza di terreni calcarei ad elevata permeabilità e solo su ridotte estensioni (meno del 15% del totale) sono presenti terreni poco permeabili.

Il fiume Nera ha origine dalle sorgenti di Vallinfante sulle pendici S - E dei monti Sibillini ad una quota di circa 1.800 m s.l.m. e scorre per circa 125 chilometri fino alla sua confluenza con il fiume Tevere, attraversando il territorio delle Marche e dell'Umbria. Nel suo primo tratto raccoglie le acque di numerosi rami sorgivi, tanto che dopo l'abitato di Castel S. Angelo ha già una portata naturale superiore ad 1,5 m³ s⁻¹ (Viappiani, 1917). A Visso, dopo un percorso di circa 7 km, il fiume è alimentato da un bacino sotteso di circa 50 km². Subito a valle dell'abitato, confluiscono nel Nera altri corsi d'acqua, tra i quali il torrente Ussita, che raccoglie anche le acque degli unici due circhi glaciali del versante tirrenico dei Sibillini, rappresentati dalla Val di Panico e dalla Val di Bove (Mearelli, 2006). Dopo la confluenza dell'Ussita il Nera estende a 100 km² la superficie del proprio bacino imbrifero, con portate naturali che oltrepassano i 4 m³ s⁻¹ (Viappiani, 1917). Nella parte marchigiana del bacino del fiume Nera sono presenti quattro derivazioni per uso idroelettrico.

1.3 - Qualità delle acque superficiali.

Il costante aumento del fabbisogno di acqua ha imposto negli ultimi anni l'adozione di norme sempre più articolate, funzionali al raggiungimento di un duplice obiettivo che è quello di garantire una qualità adeguata alle diverse utilizzazioni, ottimizzando nel contempo l'efficienza nell'impiego, mediante il risparmio di una risorsa sempre più scarsa e preziosa. Evitare il degrado della qualità delle acque, significa, innanzitutto, preservarle per gli impieghi futuri, gestendo correttamente i suoli e le acque superficiali ed evitando in ogni caso prelievi superiori alle potenzialità dell'acquifero (Zucaro e Arseni, 2009).

La regione Marche può considerarsi, relativamente alla domanda attuale, sufficientemente ricca di acque dolci, sia superficiali che di falda; nondimeno, il territorio regionale è interessato da diffusi fenomeni di inquinamento delle acque, determinati dalle attività agricole e industriali, nonché dalla elevata densità della popolazione e dell'insediamento urbanizzato. Per descrivere lo stato delle acque superficiali e sotterranee si riporta di seguito quanto monitorato dall'ARPA Marche, secondo le modalità sancite dal D.lgs 152/99 e della norma corrispondente del D.lgs 152/06.

L'elaborazione dei dati analitici relativi alle acque superficiali, raccolti nei periodici monitoraggi effettuati da ARPA Marche sui corpi idrici significativi della regione, ha portato a individuare le classi di qualità ambientale. Per il 2005 la qualità delle acque dei fiumi nelle zone montane o collinari più interne risulta essere buona (Figura 1.3); nelle zone subcollinari, ricadenti nella fascia centrale della regione, lo stato ambientale è risultato in generale di classe 3 - "sufficiente". Il degrado è poi progressivamente significativo e raggiunge, in corrispondenza delle foci, classi di qualità che oscillano negli anni, a seconda delle condizioni meteorologiche, tra uno stato ambientale "scadente" ed uno stato "pessimo"; più di rado nel tratto di foce si raggiunge la sufficienza (Regione Marche, 2008). La figura 1.3 mostra la distribuzione delle stazioni lungo i corsi d'acqua marchigiani e la relativa classificazione indicata dalla colorazione riportata in legenda.

La causa del progressivo aumento dell'inquinamento, dalle sorgenti alle foci, è da ricondursi nell'impatto antropico progressivamente crescente, che comporta il superamento della capacità auto depurativa del corso d'acqua nei periodi di minor portata.

Secondo quanto evidenziato dalle ricerche (Regione Marche, 2008) è evidente come alcuni tratti fluviali, in particolare le foci dei fiumi Foglia e Tavollo, presentino attualmente condizioni seriamente compromesse e necessitino di interventi urgenti di risanamento. Le proposte per il superamento di tali criticità vedono nel completamento della rete di depuratori, nella loro gestione ottimale, nella definizione e nel rispetto del minimo deflusso vitale gli obiettivi più importanti da raggiungere in un tempo più breve possibile. Rispetto ai dati del 2003 le indagini rilevano un miglioramento della condizione generale dello stato di qualità ambientale dei corsi d'acqua, cosa che è da attribuire all'aumentata piovosità negli anni più recenti, che a sua volta comporta una maggior diluizione e dispersione degli inquinanti (Regione Marche, 2008). Nel 2003 le situazioni più compromesse interessavano il Misa, l'Esino, il Musone e l'Aso (Zucaro e Arseni, 2009). La percentuale dei punti di prelievo con acque di qualità elevata (classe I) è stata, nei primi anni del nuovo secolo, inferiore a quella rilevabile alla fine degli anni '90; parallelamente, la percentuale di stazioni con stato di qualità delle acque pessimo è, sia pure moderatamente, diminuita (Zucaro e Arseni, 2009).

1.3 - La rete Natura 2000 delle Marche

A partire dagli anni '80 il concetto di biodiversità si è andato progressivamente affermando, soprattutto come conseguenza dell'aumentata consapevolezza degli impatti causati dalle attività umane sugli ecosistemi, e il tema della conservazione della natura è

diventato oggetto di numerose convenzioni internazionali (Segatori, 2008). Nel 1992, con la sottoscrizione della Convenzione di Rio de Janeiro sulla biodiversità tutti gli stati membri della Comunità Europea hanno riconosciuto la conservazione *in situ* degli ecosistemi e degli habitat naturali come priorità da perseguire, ponendosi come obiettivo quello di "anticipare, prevenire e attaccare alla fonte le cause di significativa riduzione o perdita della diversità biologica in considerazione del suo valore intrinseco e dei suoi valori ecologici, genetici, sociali, economici, scientifici, educativi, culturali, ricreativi ed estetici".

La Direttiva "Habitat" 92/43/CE, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche, rappresenta la risposta comunitaria ai temi della Conferenza di Rio. La "Rete Natura 2000" è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità: si tratta di una rete ecologica

diffusa su tutto il territorio dell'Unione per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario. La rete Natura 2000 è costituita da Siti di Interesse Comunitario (SIC) istituiti dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat e comprende anche le Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 79/409/CEE "Uccelli" (Studio Helix Associati, 2007).

Con la scelta di conservare gli habitat seminaturali, la

Comunità Europea, riconosce il valore delle aree naturali caratterizzate dalla presenza di attività agricole tradizionali, da boschi utilizzati, da pascoli, ove la presenza dell'uomo ha contribuito a stabilire un equilibrio ecologico. L'intento è quello di favorire, per queste aree, lo sviluppo sostenibile, attuato attraverso l'integrazione della gestione delle risorse naturali con le attività economiche e le esigenze sociali e culturali delle popolazioni che vivono al loro interno. La gestione delle realtà seminaturali, componenti chiave per il mantenimento della coerenza della rete Natura 2000, diviene così un efficace motore di sviluppo per le aree rurali e forestali che le contengono. Si punta, pertanto, ad una gestione che comprenda l'incentivazione delle attività tradizionali che hanno permesso di conservare nel tempo tali aree peraltro capaci di ospitare specie animali e vegetali di elevato valore biogeografico (Segatori, 2008).

Nelle Marche la rete Natura 2000 risulta costituita da 109 aree, 80 SIC e 29 ZPS, individuate rispettivamente con Delibere di Giunta Regionale n. 1709/1997 e 1701/2000;

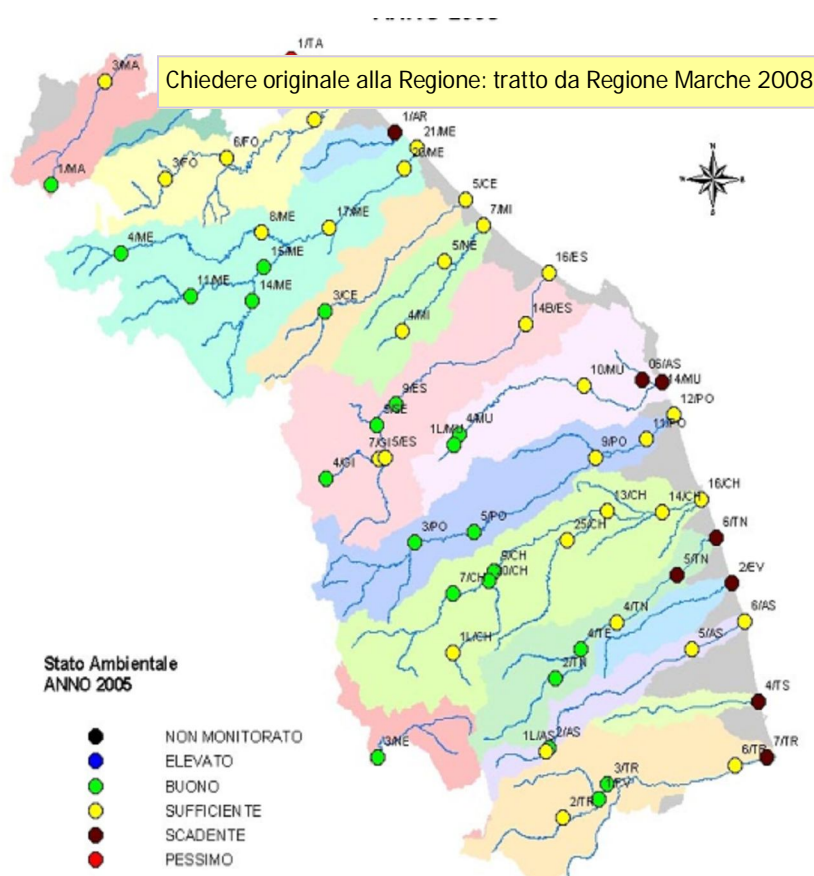


Figura 1.3 - Stato Ambientale dei corsi d'acqua. Da Regione Marche (2009).

la rete si connette alle 9 Aree Protette istituite nelle Marche. L'obiettivo è quello di contribuire a garantire la piena funzionalità degli habitat e la sopravvivenza delle specie animali e vegetali; ciò viene perseguito anche attraverso l'individuazione di corridoi ecologici che consentono alle specie animali e vegetali di utilizzare il collegamento ecologico - funzionale fra le diverse aree della rete. La superficie complessivamente occupata dalla Rete Natura 2000 nelle Marche è di Ha 136888: delle 109 aree che la compongono 11 sono localizzate sulla costa, 17 in ambito collinare e le rimanenti 81 nell'area montana. Dalle elaborazioni sugli habitat, condotte analizzando i dati acquisiti riguardanti le prime 80 aree (SIC), individuate nel corso dell'attuazione del progetto Bioitaly, emerge come il 73% della superficie (Ha 72 606) è ricoperta da habitat e di questi poco più di 609 Ha, pari all'1% circa, sono costituiti da ambienti d'acqua dolce; il restante 27%, (26 336 Ha) è occupato da aree urbanizzate (strade, aree urbane, zone industriali, etc...).

I risultati di uno studio condotto per aggiornare le conoscenze sulla fauna ittica presente nei siti della Rete Natura 2000 nelle Marche (Studio Helix Associati, 2000) hanno evidenziato come "per nessuna forma biologica come per i pesci forse la salvaguardia ed il recupero passa per una virtuosa gestione territoriale complessiva". Inoltre è stato correttamente osservato come occorra sempre considerare il fatto che dal punto di vista ecologico ogni corso d'acqua rappresenta un *continuum* e quindi è evidente come per gli ambienti acquatici lo stato dei popolamenti all'interno di un SIC possa essere fortemente influenzato dalla presenza di pressioni esterne al SIC stesso, ma gravitanti nello stesso bacino imbrifero. Ciò vale soprattutto nel caso di forme di alterazione presenti a monte di una data sezione fluviale, a causa del trasporto verso valle operato dalla corrente, ma spesso può essere vero anche il contrario. Lo studio riporta l'esempio dell'anguilla, una specie ad ampia valenza ecologica, che tuttavia ha visto ridurre in modo considerevole le proprie presenze nell'entroterra marchigiano a causa della costruzione lungo le aste fluviali di sbarramenti a lei insormontabili localizzati nelle zone più a valle (Studio Helix Associati, 2000).

1.4 - Caratterizzazione ittico - faunistica delle Marche.

In Italia si riconoscono due distinti "distretti zoogeografici": il distretto Padano - Veneto e quello Italice - Peninsulare (Gandolfi e Zerunian, 1987; Zerunian *et al.*, 2009 2002); per Bianco (1987), il secondo viene parzialmente a coincidere con il distretto Tosco - Laziale, limitatamente ai corsi d'acqua tirrenici compresi fra il bacino del Serchio a nord e quello del Tevere a Sud.

Il primo distretto comprende il nord Italia e la Slovenia nonché il versante adriatico italiano fino alla foce del Vomano (Bianco, 1987) ed il versante croato fino al fiume Krka; tale area coincide con la massima estensione del bacino idrografico del fiume Po che si è verificata durante le glaciazioni Pleistoceniche. Il secondo distretto comprende tutte le regioni dell'Italia peninsulare poste ad occidente della catena Appenninica ed al di sotto di una linea che congiunge la Liguria alla parte meridionale delle Marche.

Il distretto Padano - Veneto si caratterizza per la presenza di alcune specie endemiche o sub - endemiche, quali la lampreda padana *Lethenteron zanandreae* Vlasty, 1955, il triotto *Rutilus erythrophthalmus* Zerunian, 1984, la savetta *Chondrostoma soetta* Bonaparte, 1840, la lasca (*Chondrostoma genei* Bonaparte, 1839), il cobite *Cobitis taenia* Linnaeus, 1758, lo storione cobice *Acipenser naccarii* Bonaparte, 1836, l'alborella comune *Alburnus alburnus alborella* (De Filippi, 1844), il barbo comune *Barbus plebejus* Bonaparte, 1839, il barbo canino *Barbus meridionalis* Bonaparte, 1839, la trota marmorata *Salmo marmoratus* Cuvier, 1839, il ghiozzo padano *Padogobius martensii* (Gunther, 1861) ed il ghiozzetto di laguna *Knipowitschia panizzae* Verga, 1841. Nel

distretto Italice - peninsulare sono invece endemiche la rovella *Rutilus rubilio* (Bonaparte, 1837), l'alborella meridionale *Alburnus albidus* Costa, 1838, il ghiozzo di ruscello *Padogobius nigricans* (Canestrini, 1837) ed il carpione del fibreno *Salmo fibreni* Zerunian e Gandolfi, 1990; a queste specie, secondo un'impostazione sistematica non condivisa da tutti (Zerunian, 2004), si devono aggiungere il cavedano etrusco (*Leuciscus lucumonis*) (Bianco, 1983) ed il barbo del Tevere (*Barbus tyberinus*) (Bianco, 1995b).

I bacini dei versanti dell'Appennino umbro - marchigiano sono caratterizzati da comunità ittiche solo parzialmente diversificate. Il versante tirrenico entra a pieno titolo a far parte del distretto Tosco - Laziale di Bianco (1993), mentre in quello Adriatico si localizza la propaggine meridionale del distretto Padano - Veneto, che si sovrappone con la parte più settentrionale del versante orientale del distretto Italice - peninsulare. La regione Marche, infatti, è un'area molto importante dal punto di vista zoogeografico: i limiti meridionali dell'areale di molte specie si trovano infatti in quest'area (Bianco, 1995a). Diverse specie tipiche del distretto Padano - Veneto, infatti, non raggiungono il limite meridionale del distretto stesso, ma tendono a scomparire progressivamente a sud del Reno (Bianco, 1993). L'Appennino umbro - marchigiano ha svolto due funzioni principali nei processi di evoluzione, speciazione e diffusione delle ittiofaune primarie dell'Italia centrale:

- ha agito da barriera geografica favorendo l'isolamento e la speciazione degli elementi endemici propri dei due versanti;
- ha agito da filtro selettivo, permettendo solo ad alcuni elementi di diffondere e colonizzare i due versanti.

Alla fauna ittica delle Marche può essere attribuita un'origine recente (Bianco, 1993): i processi di dispersione più importanti sono da ricondursi alle estensioni periodiche che ha subito il Po nel corso delle regressioni marine Pleistoceniche. Durante la glaciazione di Wurm (15 - 10000 anni fa) il Po si è esteso fino alla fossa meso - adriatica; drenando le acque del versante adriatico dell'Italia fino al fiume Vomano, probabilmente il suo affluente più meridionale (Bianco, 1987), ha posto in collegamento tutti i tributari dell'alto e medio Adriatico sia italiani che dalmato - istriani.

Il graduale ritiro verso nord del Po ha causato un progressivo isolamento delle popolazioni di quelle specie ittiche per le quali il mare costituisce una barriera alla dispersione (forme primarie e primario - simili) (Myers, 1949; Miller, 1966); tale isolamento, di più lunga data per i corsi d'acqua più meridionali, può aver favorito i processi stocastici ed i fenomeni di esclusione competitiva fra specie dalle comuni esigenze ecologiche. L'assenza di connessione porta alla limitazione dell'eterogeneità ambientale complessiva, di conseguenza contrae il numero di nicchie ecologiche presenti ed esalta le conseguenze dei fenomeni competitivi. A sud dell'attuale bacino del Po la ricchezza di specie tende progressivamente a ridursi, perché l'isolamento ha causato l'estinzione di alcune specie ittiche originariamente presenti ed una diversificazione della fauna ittica marchigiana rispetto alle comunità più propriamente tipiche del bacino Padano - Veneto.

Oltre alle glaciazioni, anche gli eventi di cattura fluviale fra opposti versanti hanno rivestito un'importanza primaria nel determinare l'attuale distribuzione di molte specie ittiche. Le testate di alcuni affluenti della sinistra idrografica del Tevere (fiumi Topino e Nera) hanno avuto dei collegamenti con i fiumi marchigiani a partire dall'orogenesi appenninica fino ad oggi (Cattuto *et al.*, 1988). L'areale italiano dello scazzone, che nella parte tirrenica dell'Italia centrale presenta il suo limite meridionale, proprio nella parte montana di alcuni affluenti di sinistra del Tevere, è stato probabilmente fortemente condizionato proprio da tali fenomeni di cattura fluviale (Bevagna *et al.*, 1990).

A tali fenomeni naturali, si deve aggiungere l'alterazione causata dall'uomo volontariamente o involontariamente alla composizione ittica - faunistica originaria delle Marche, come effetto delle introduzioni di specie esotiche e la transfaunazione di quelle autoctone. Come conseguenza, è allo stato attuale molto difficile ricostruire in dettaglio gli areali originari di molte specie ittiche italiane e di conseguenza, dal momento che alcune di queste hanno proprio nelle Marche il loro limite di distribuzione meridionale, la composizione faunistica originaria della regione (Zerunian, 2003). Ad esempio il triotto e l'alborella devono essere considerate alloctone a sud del Reno, in quanto secondo Bianco (1993) tali specie non figurano nelle collezioni storiche a sud di tale fiume (Bianco, 1993); anche per Gabucci *et al.* (1990) e De Paoli *et al.*, 2007, tali specie sono da considerarsi alloctone per la provincia di Pesaro - Urbino. Più controversa è la posizione della rovella: per Bianco (1993) la distribuzione originaria a nord del fiume Chienti è dubbia, mentre De Paoli *et al.* (2007), la considerano autoctona per i corsi d'acqua della provincia di Pesaro - Urbino; per Zerunian (2003) il limite settentrionale originario della rovella si estende fino a comprendere il Marecchia. Il gobione ed il barbo canino sono da considerarsi introdotti per Bianco (1993) in tutti i corsi d'acqua a sud del fiume Marecchia; la lasca, il ghiozzo padano ed il cobite avrebbero probabilmente il loro limite meridionale dell'areale originario nel fiume Vomano le prime due specie e nel Chienti, la terza (Bianco, 1993; Zerunian, 2003).

Le specie autoctone stimate per le Marche sono circa 19 (Bianco, 1995a), contro le 37 del bacino del Po (Bianco, 1993) e le 19 del Tevere (Lorenzoni *et al.*, 2010a).

1.5 - Zonazione longitudinale dei corsi d'acqua marchigiani.

Il concetto di zonazione è conseguente alla presenza in un corso d'acqua di una successione di ambienti con caratteristiche morfologiche, chimico - fisiche e biologiche differenti lungo il suo procedere dalle sorgenti alla foce (gradiente longitudinale). L'insieme dei fattori abiotici e biotici contribuisce a creare una serie di condizioni diversificate che permettono la presenza di comunità ittiche differenti e tipiche dei vari ambienti.

I principali parametri ambientali che possono essere utilizzati per descrivere tali cambiamenti lungo il gradiente longitudinale sono elencati di seguito:

- Pendenza dell'alveo (esprimibile in %): dipende dalla natura dei terreni attraversati.
- Portata (esprimibile in $m^3 s^{-1}$): dipende dal clima e dalle dimensioni del bacino imbrifero.
- Velocità della corrente (esprimibile in $m s^{-1}$): dipende dalla portata e dalla pendenza dell'alveo.
- Larghezza dell'alveo: dipende dalla portata e dalla pendenza dell'alveo. E' altamente variabile anche in periodi di tempo molto ravvicinati.
- Profondità dell'acqua: dipende dalla portata e dalla pendenza. E' un parametro che, in uno stesso corso d'acqua, può variare da pochi centimetri ad alcuni metri.
- Temperatura dell'acqua: dipende dal clima del bacino, dal tipo di alimentazione e dalla portata. E' un parametro molto variabile secondo le stagioni e, pur se in misura minore, con l'alternarsi dei dì e della notte.
- Parametri chimici delle acque: si riferiscono al contenuto di ossigeno disciolto, al contenuto in sali, al pH, ecc. In generale il contenuto di tali sostanze dipende dalla natura del bacino e dalle attività umane che su di esso si sviluppano.
- Ambiente circostante: da monte a valle il corso d'acqua attraversa territori

molto diversi (terreni rocciosi, prati, pascoli, boschi, zone coltivate ed antropizzate) fino ad arrivare ai terreni agricoli della pianura, presso la foce, dai quali giungono nel fiume materiali diversi (sostanza organica, sali minerali, sostanze inquinanti) che influenzano la composizione e la qualità delle acque e condizionano la struttura delle comunità viventi.

- Torbidità: in occasione delle precipitazioni, al corso d'acqua giungono quantità elevate di materiali dilavati dal bacino imbrifero. Verso valle il trasporto del materiale eroso diventa sempre più abbondante, contribuendo a sostenere una maggiore produttività biologica e ad aumentare la torbidità. Il trasporto è anche maggiore durante le piene: i fiumi trascinano verso valle grandi quantità di limo, che è il materiale di copertura caratteristico delle pianure, sedimentato man mano che la velocità di corrente diminuisce.

Procedendo dalla sorgente alla foce, i parametri ambientali di un ecosistema fluviale si modificano nel seguente modo: diminuiscono la pendenza dell'alveo, la velocità della corrente e la granulometria dei materiali costituenti i fondali; aumentano la portata, la larghezza del letto, la profondità dell'acqua, la temperatura, la concentrazione dei soluti, la produttività biologica e la torbidità.

Sulla base di quanto detto si può ora ben comprendere il concetto di zonazione ittica: è possibile suddividere in senso longitudinale un corso d'acqua in tratti caratterizzati dalla presenza di comunità ittiche differenti, in risposta al variare dei diversi parametri ambientali (velocità di corrente, pendenza, costituzione litologica e portata del bacino imbrifero, temperatura, ossigeno disciolto, produttività dell'ecosistema, ecc.). La più diffusa classificazione longitudinale dei fiumi europei, proposta da Huet (1949), individua la successione di quattro zone d'acqua dolce, con comunità ittiche distinte e caratterizzate da specie dominanti differenti; a queste quattro zone se ne può aggiungere una quinta per gli ambienti di transizione con il mare.

Bisogna sottolineare che quella proposta nei modelli di zonazione costituisce una schematizzazione utile soprattutto da un punto di vista pratico, ma che solo in parte è in grado di descrivere la complessità della realtà. Le singole zone ittiche, infatti, non sono mai nettamente distinte, ma sfumano gradualmente una nell'altra ed il passaggio da una zona alla successiva avviene gradualmente, con ampie fasce di sovrapposizione. Risulta chiaro il rapporto diretto tra distribuzione longitudinale dell'ittiofauna e caratteristiche morfologiche dei corsi d'acqua, ma essendo basato sulla sola corrente il modello in genere può risultare un po' troppo semplificato, sottovalutando gli effetti degli altri fattori ambientali. Alcune specie, come ad esempio l'anguilla, sono inoltre molto tolleranti e come tali possono vivere in un ampio intervallo di condizioni ambientali, andando ad occupare zone diverse. Nonostante tali limitazioni, il concetto di zonazione ittica è molto utile, soprattutto dal punto di vista gestionale: sulla base dello schema di zonazione, ad esempio, è possibile raggruppare in modo omogeneo corsi d'acqua simili per caratteristiche ambientali e fauna ittica; tale impostazione permette l'adozione di norme uniformi e garantisce una corretta salvaguardia e tutela dei popolamenti ittici.

Di seguito vengono descritte le principali comunità ittiche che si sostituiscono lungo il decorso di un tipico fiume europeo.

Tratto montano - zona della trota

L'acqua è turbolenta e ricca di ossigeno, il fondo è costituito da massi o ciottoli, la temperatura è generalmente bassa (8-10 °C). Per la scarsa quantità di nutrienti, la corrente molto elevata ed i fondi compatti, la componente vegetale è assente o limitata. È questa la zona della trota, in cui la comunità ittica è spesso monospecifica, costituita dalla

sola trota fario, talvolta associata ad altre specie reofile come lo scazzone ed il vairone.

Tratto pedemontano - zona del temolo

L'acqua è meno turbolenta, l'ossigeno sempre abbondante, ma la temperatura risulta più elevata (17-18 °C), il fondo dell'alveo è costituito prevalentemente da ghiaia. Maggiore è la quantità di nutrienti e quindi aumenta anche la produttività primaria, grazie alle maggiori possibilità di sviluppo dei vegetali acquatici. Nell'Europa continentale la comunità ittica è dominata dal temolo, cui si associano anche la trota fario ed alcuni ciprinidi reofili (vairone, barbo, cavedano).

Tratto collinare - zona del barbo

L'acqua è sempre meno turbolenta, nel fondo prevalgono la ghiaia fine e la sabbia o addirittura la melma nelle acque più calme e profonde. L'acqua è ancora meno ricca di ossigeno e la temperatura sottoposta a rilevanti oscillazioni stagionali; d'estate la temperatura può oltrepassare i 20-25 °C. Aumenta la concentrazione di nutrienti, la vegetazione acquatica può essere presente, se non limitata da un'elevata torbidità che impedisce la penetrazione della luce. È la zona dei ciprinidi reofili, con il barbo ed il cavedano che dominano la comunità ittica, composta anche da rovello, ghiozzo ed alcune specie delle zone limitrofe.

Tratto di pianura - zona dell'abramide

Le acque sono lente, con fondo composto in prevalenza da melma o sabbia. L'ossigeno e la temperatura possono presentare ampie oscillazioni stagionali. Buona la quantità di nutrienti, ma la vegetazione acquatica è limitata dalla ridotta trasparenza e dalla scarsa quantità di luce. In Europa è la zona dell'abramide, dominata dai ciprinidi limnofili, ai quali si associano anche alcuni predatori come luccio, persico reale, anguilla e lucioperca.

Tratto di foce - zona della passera di mare

Gli estuari sono i luoghi dove i fiumi sfociano in mare. In questi ambienti sono presenti alcune specie d'acqua dolce in coesistenza con altre specie marine, in grado di risalire a monte per tratti più o meno lunghi. Ampia è la variazione della maggior parte dei parametri ambientali, prima fra tutti la salinità: perciò in tale zona sono presenti soprattutto specie ittiche molto tolleranti (muggine, spigola, passera di mare).

La zonazione dei corsi d'acqua italiani

Rispetto allo schema di zonazione proposto da Huet (1949), che si riferisce per lo più ai grandi bacini idrografici europei, i corsi d'acqua italiani presentano comunità ittiche specifiche. Alcune delle specie guida sopra menzionate, infatti, sono assenti, come ad esempio l'abramide. Nei corsi d'acqua appenninici è anche assente il temolo e la zona corrispondente è abitata da popolamenti misti (tipicamente trota fario e ciprinidi reofili).

Il modello proposto per i corsi d'acqua delle Marche è lo stesso già utilizzato in altre realtà geografiche italiane simili per caratteristiche geografiche e prevede la presenza in successione di 4 zone ittiche (Mearelli *et al.*, 1995; Lorenzoni *et al.*, 2010a):

zona superiore della trota che corrisponde alla "zona a trota" di Huet con una comunità dominata dalla trota fario, da sola o raramente associata allo scazzone e talvolta al vairone.

zona inferiore della trota che corrisponde alla "zona a temolo" di Huet con una comunità ittica ancora dominata dai salmonidi, ma in presenza dei ciprinidi più reofili (vairone, barbo, cavedano) e spesso anche del ghiozzo.

zona del barbo: è presente una comunità mista a dominanza di ciprinidi, con presenza di specie reofile, associate ad altre meno tipiche delle acque più veloci (specie associate: rovello, alborella); possono essere presenti alcune specie tipiche delle acque stagnanti, che difficilmente raggiungono abbondanze elevate (ciprinidi limnofili: carpa, tinca, scardola).

zona della carpa e della tinca che corrisponde alla "zona ad abramide" di Huet, caratterizzata da una comunità composta da ciprinidi limnofili, specie associate e predatori (persico reale, luccio).

2 - MATERIALI E METODI

Per la carta Ittica delle Marche, la scelta intrapresa è stata quella di non effettuare, quando possibile, nessun cambiamento rispetto alla stesura originale delle singole Carte Ittiche Provinciali. E' evidente, tuttavia, che nel momento in cui 4 diverse ricerche vengono accorpate in un unico documento, possa emergere la necessità di rendere omogenei e confrontabili i risultati. In alcuni casi, inoltre, sono state aggiunte elaborazioni nuove ed originali rispetto a quanto fatto dagli autori delle Carte Ittiche Provinciali, rese possibili dall'aumento della mole dei dati e dalla necessità di proporre nuove sintesi in grado di approfondire e riassumere la maggiore complessità delle informazioni.

In questo capitolo dedicato alla metodologia utilizzata, quindi, vengono riportate e descritte separatamente:

- le metodiche comuni utilizzate in tutte le Carte Ittiche Provinciali;
- i metodi caratteristici delle singole Carte Ittiche Provinciali;
- i cambiamenti apportati nella Carta Ittica Regionale rispetto alle stesure originali per uniformare le informazioni;
- i metodi propri ed originali della Carta Ittica Regionale, non presenti nelle Carte Ittiche Provinciali.

2.1 - Metodi comuni a tutte le Carte Ittiche Provinciali

2.1.1 - Fase di campo

I campionamenti sono stati eseguiti, utilizzando le tecniche dell'elettropesca; l'analisi è stata di tipo quantitativo nella quasi totalità dei casi poiché si è operato mediante passaggi ripetuti in settori dei corsi d'acqua preventivamente delimitati (Moran, 1951; Zippin, 1956 e 1958; Seber e Le Cren, 1967). In genere sono state effettuate due sessioni di catture successive, condotte in maniera omogenea, seguendo la direzione da valle verso monte.

Negli ambienti a profondità contenuta, come torrenti e fiumi di piccole dimensioni o zone prossime alla riva nei laghi, l'elettrostorditore rappresenta probabilmente lo strumento più pratico ed efficace per effettuare i campionamenti. L'elettrostorditore è composto da:

- un generatore di corrente (motore a scoppio o batteria);
- due elettrodi: l'anodo e il catodo;
- una centralina di controllo che permette di modulare l'intensità della corrente.

L'anodo viene manovrato dall'operatore ed è costituito da un'asta di materiale isolante che presenta all'estremità un anello metallico di dimensioni variabili. Il catodo è invece costituito da una treccia o una piastra di rame, di forma e dimensioni diverse, che rimane immersa in acqua per tutto il tempo di campionamento. Quando entrambi gli elettrodi sono immersi, si chiude il circuito e si genera un campo elettrico: il pesce che si trova immerso in tale campo viene sottoposto ad una differenza di potenziale che risulta più forte al centro del campo e minore ai margini (Cowx, 1990; Reynolds, 1996). Pertanto, nelle parti esterne del campo elettrico il pesce avverte la carica elettrica, ma riesce a fuggire; all'interno del campo la differenza di potenziale nel corpo del pesce è maggiore e induce il pesce a muoversi verso l'anodo (galvanotassi); in vicinanza dell'anodo il pesce viene momentaneamente paralizzato (galvanonarcosi), si inclina su di un fianco, rendendo possibile il suo recupero per mezzo di un retino (Figura 2.1). A questo punto, è bene

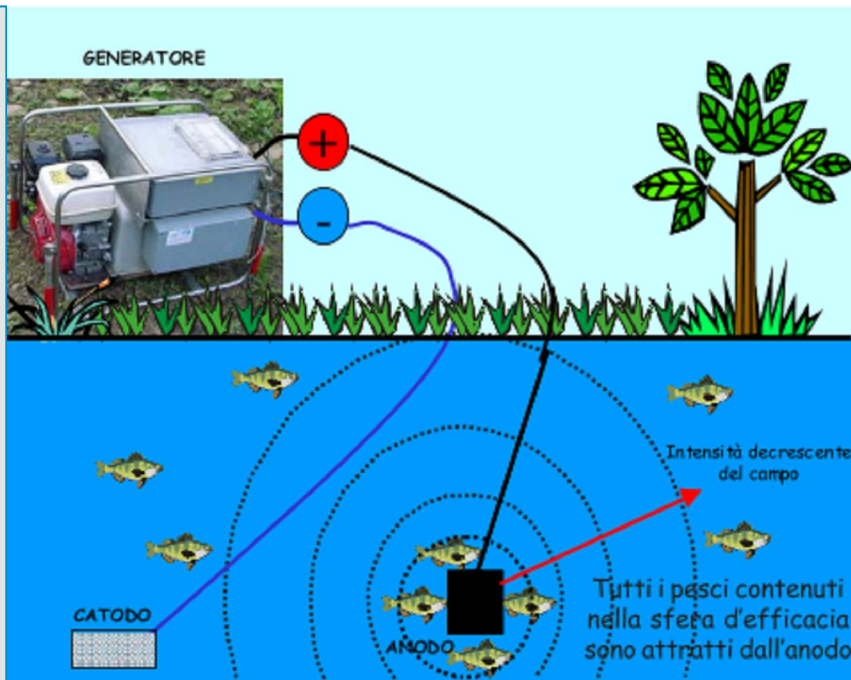


Figura 2.1 - Schema di funzionamento di un elettrostorditore..

interrompere subito l'erogazione di corrente per non arrecargli danno: un'eccessiva intensità o un'esposizione prolungata alla corrente elettrica possono, infatti, uccidere il pesce. La corrente erogata, in funzione delle diverse condizioni ambientali, può essere continua (favorisce la galvanotassi) o pulsata (maggiore effetto di galvanonarcosi) (Melotti *et al.*, 2007; Melotti *et al.*, 2009).

È ormai dimostrato che il prelievo mediante l'utilizzo di elettrostorditore non provoca eccessivi danni alla

fauna ittica e quindi permette una restituzione all'ambiente acquatico di tutti i pesci catturati senza alterare le caratteristiche della popolazione (Reynolds, 1996; Beaumont *et al.*, 2005).

Le dimensioni del pesce e la sua posizione rispetto al campo elettrico influenzano il successo della pesca: i pesci più piccoli e quelli posizionati trasversalmente rispetto alle linee del campo elettrico avranno maggiori possibilità di fuga. I pesci più grandi tendono ad essere più vulnerabili perché, occupando una maggiore estensione del campo elettrico, sono sottoposti ad una maggiore differenza di potenziale e perché gli impulsi della corrente, che viaggiano ad onde, intersecano più volte il loro corpo. La risposta al campo elettrico è influenzata anche dalla sensibilità della specie e da altre caratteristiche, quali ad esempio dimensione e forma delle squame: scaglie grosse e spesse riducono la catturabilità nei confronti dell'elettropesca. Un fattore estremamente importante per il successo della pesca elettrica è la conducibilità dell'acqua: una conducibilità molto elevata tende a disperdere e rendere inefficace il campo elettrico, mentre una conducibilità troppo bassa tende a concentrarlo troppo. Come regola generale, dove la conducibilità è bassa è necessario usare alti voltaggi e dove è alta, bassi voltaggi. È opportuno ricordare che le operazioni di elettropesca richiedono il pieno rispetto di tutte le norme di sicurezza.

Uno dei maggiori vantaggi dell'uso dell'elettrostorditore è che, nelle opportune condizioni di campionamento, permette un'efficace stima quantitativa delle popolazioni ittiche esaminate. Con tale attrezzatura è possibile applicare il "metodo delle catture successive", che consiste nel campionare ogni settore, da valle a monte, per più volte consecutive (passate) con uno sforzo pesca costante: questa condizione si realizza utilizzando sempre lo stesso attrezzo di cattura, con la stessa efficienza ed accuratezza e per un tempo costante. I pesci catturati durante ogni singola passata devono essere determinati, contati e misurati, senza essere rilasciati in acqua fino a che tutte le passate non siano terminate.

Come ogni metodo di campionamento, anche quello delle catture successive può essere applicato solo se si verificano le seguenti condizioni, che tuttavia possono essere realizzate con relativa facilità in numerosi ambienti fluviali (Marconato, 1991):

- durante il campionamento, la popolazione deve essere chiusa (non deve esserci mortalità, natalità, immigrazione o emigrazione);
- la probabilità di cattura deve essere uguale per tutti gli individui presenti nella popolazione e non deve cambiare durante il campionamento;
- l'intera popolazione deve essere catturabile.

In acque limpide, provenienti o scorrenti su substrati rocciosi cristallini, talora si può arrivare, con la pesca elettrica, ad una sottostima dei popolamenti ittici e della loro biomassa. Nei corsi montani le difficoltà di campionamento possono essere aumentate dall'influenza che la temperatura ha sulla conducibilità dell'acqua che diminuisce del 25% per il decremento di 1°C. A quote elevate conviene dunque effettuare i campionamenti in periodo estivo, a parità di condizioni (Marconi *et al.*, 2009a). Oltre alle caratteristiche dell'acqua vanno tenute in considerazione, per valutare i risultati dei prelievi, anche la natura e la composizione del fondo e delle rive. Gli alvei argillosi, con depositi di limo e sabbia, presentano una elevata conducibilità (100-10000 $\mu\text{S cm}^{-1}$): il campo elettrico creato dall'elettrostorditore si diffonde rapidamente anche nel substrato e l'efficacia del campo elettrico in acqua diminuisce. Su fondi calcarei o ghiaiosi, essendo la conducibilità del substrato media (1-100 $\mu\text{S cm}^{-1}$), la pesca elettrica permette discreti risultati (Marconi *et al.*, 2009a). Ottimi risultati, sotto questo profilo, si hanno su fondali di roccia compatta ove il campo elettrico non si perde nei materiali dell'alveo, ma rimane circoscritto al corpo idrico (Peduzzi e Meng, 1976a; 1976b).

Alla conclusione delle operazioni di campionamento gli esemplari catturati sono stati narcotizzati e quindi per ogni individuo sono stati rilevati i seguenti parametri biologici:

- lunghezza con approssimazione ± 1 mm;
- peso con approssimazione ± 1 grammo mediante l'utilizzo di una bilancia analitica.

La lunghezza utilizzata è la lunghezza totale (De Vries e Frie, 1996), ad eccezione della trota fario nella provincia di Macerata, per la quale è stata rilevata la lunghezza alla furca (Marconi *et al.*, 2009a e b).

Si è quindi provveduto, su di un subcampione di esemplari, al prelievo delle scaglie al fine di una loro utilizzazione in laboratorio per la determinazione dell'età degli individui campionati. Il prelievo è stato effettuato mediante una pinzetta e le scaglie, in numero di 5-10 per ogni individuo, sono state conservate in apposite provette contenenti un liquido fissativo. La determinazione dell'età è avvenuta mediante osservazione diretta allo stereomicroscopio (Berg e Grimaldi, 1973).

Il tratto campionato è stato misurato in lunghezza ed in larghezza mediante rotella metrica, ciò allo scopo di determinare la superficie dell'area campionata.

Dopo le operazioni di misurazione i pesci sono stati "risvegliati gradualmente" e successivamente sono stati rilasciati nel medesimo punto di prelievo.

2.1.2 - Analisi di laboratorio ed elaborazioni

In laboratorio si è proceduto alla determinazione dell'età mediante analisi microscopica delle scaglie (scalimetria) o di altre strutture ossee. Il metodo scalimetrico (Bagenal, 1978; De Vries e Frie, 1996) per l'attribuzione dell'età è basato sull'individuazione del numero di annuli presenti nella scaglia. Gli annuli si formano durante i periodi di più lento accrescimento del pesce; negli organismi ectotermi, quali i pesci, ciò avviene soprattutto come conseguenza delle variazioni termiche stagionali (ma anche di alcune influenze interne) (Bilton, 1974). Le scaglie sono strutture ossee che si accrescono per deposizione di calcio sul margine esterno (Simkiss, 1974). In ogni scaglia

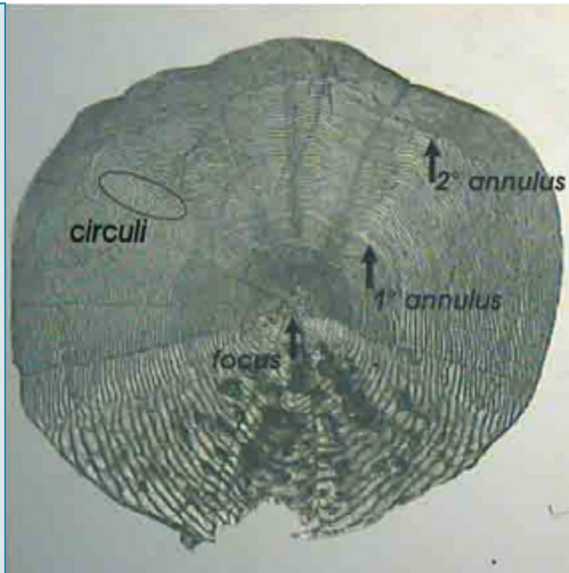


Figura 2.2 - Scaglia per la determinazione dell'età.

si possono riconoscere diversi elementi: un *focus*, che rappresenta il centro di ossificazione della scaglia, da dove si dipartono una serie di cerchi più o meno concentrici detti *circuli*, che rappresentano le successive tappe di accrescimento della scaglia stessa (De Vries e Frie, 1996). L'accrescimento delle scaglie è continuo ma non costante; infatti, i pesci aumentano il loro tasso di crescita nel periodo estivo, quando il cibo è abbondante e la temperatura dell'acqua elevata; in tale periodo la distanza tra i circoli diviene maggiore e questo si rende evidente, quando la scaglia è osservata al microscopio, con la presenza di una banda più chiara. Invece nel periodo invernale i pesci rallentano il loro metabolismo, riducendo la velocità di crescita del corpo e delle scaglie; per questo la distanza tra i circoli è minore e ciò porta alla formazione di una banda più scura, con la presenza di una linea discontinua sul limite esterno (*annulus*) (Tesch, 1955).

La lettura delle scaglie permette di valutare l'età del pesce in base al conteggio degli *annuli*, cioè al numero d'inverni trascorsi fino al momento della cattura, e quindi di collocare gli individui nelle appropriate classi d'età; le classi di età per convenzione si designano come 0+, 1+, 2+ e così via, in cui il valore numerico si riferisce agli inverni trascorsi, mentre il segno + si riferisce all'accrescimento realizzato nei mesi successivi alla formazione dell'ultimo annulo, indipendentemente dalla data di cattura. Successivamente l'età del pesce è stata espressa in anni, sulla base della data di cattura dell'esemplare e del periodo di riproduzione della specie.

L'abbondanza della popolazioni, quando stimata con metodi quantitativi, è stata ottenuta secondo il metodo Moran-Zippin (Moran, 1951; Zippin, 1958), noto come "metodo delle catture successive" che consente di stimare il **numero probabile (N)** di pesci, mediante l'applicazione della seguente formula:

$$N = \frac{C_1^2}{C_1 - C_2}$$

dove:

C_1 è il numero di esemplari catturati nella prima passata;

C_2 è il numero di esemplari catturati nella seconda passata. Perché il metodo possa essere applicato senza errori, il numero di pesci catturati nella prima passata deve risultare maggiore rispetto a quelli della seconda. Se tale condizione richiesta non si verifica, si può soltanto concludere che:

$$N \geq C_1 + C_2$$

La biomassa probabile è stata calcolata moltiplicando il numero stimato di individui per il peso medio degli esemplari catturati (Marconato, 1991). Sulla base di tali calcoli e conoscendo la superficie campionata, si calcola la densità (individui m⁻²) e la biomassa (g m⁻²) della fauna ittica.

L'analisi del rapporto lunghezza-peso è stata effettuata in accordo alle metodologie

descritte da Bagenal (1978), utilizzando un modello di regressione moltiplicativo espresso dalla seguente equazione:

$$P = a L^b$$

dove:

P = peso in grammi;

L = lunghezza in mm;

a = intercetta;

b = coefficiente angolare.

Da cui:

b = 3 crescita isometrica, che avviene cioè in modo perfettamente proporzionale nelle tre dimensioni dello spazio: il pesce non cambia la propria forma;

b < 3 crescita allometrica in cui il peso cresce in modo meno che perfettamente proporzionale rispetto alla lunghezza: con l'accrescimento la lunghezza prevale sulle altre dimensioni;

b > 3 crescita allometrica in cui il peso cresce in modo più che perfettamente proporzionale rispetto alla lunghezza: con l'accrescimento prevalgono le altre dimensioni.

La conoscenza della regressione lunghezza-peso ha permesso anche di inferire il peso di quegli individui che per motivi logistici non sono stati pesati sul campo.

2.2 - Metodi utilizzati nelle singole Carte Ittiche Provinciali: Pesaro - Urbino (De Paoli *et al.*, 2007)

I campionamenti ittiofaunistici eseguiti all'interno del territorio di competenza della provincia di Pesaro - Urbino, sono stati condotti su stazioni di monitoraggio (tratti di corso d'acqua) scelte preliminarmente in base a criteri fisici, geologici e di destinazione d'uso dei corpi idrici; avendo cura che, nel loro insieme, fossero rappresentative della diversità ambientale valutata su scala di singolo bacino idrografico.

Al fine di ottimizzare la scelta delle stazioni di monitoraggio, il reticolo idrografico è stato dapprima indagato attraverso supporto cartografico vettoriale; ciò ha permesso di individuare con precisione sulla carta, una serie di corsi d'acqua, anche di modesta entità, e di stazioni di monitoraggio alle differenti quote altimetriche, nelle quali concentrare le attività di ricerca. Dall'individuazione su base cartografica si è poi passati ai sopralluoghi di campo al fine di una più corretta valutazione dei parametri ambientali espressi dai differenti ecosistemi acquatici.

Ad ogni stazione di monitoraggio è stato infine assegnato un codice composto dal nome del corso d'acqua campionato a cui è stata associata una numerazione crescente da monte a valle. I campionamenti sono stati effettuati nel corso degli anni 2005 e 2006 ed hanno interessato 100 stazioni distribuite in 5 diversi bacini idrografici (Marecchia, Foglia, Conca, Metauro e Cesano). Al termine di ciascun campionamento è stata compilata una scheda, composta di tre parti: la prima indicante informazioni sull'ubicazione della stazione di campionamento (nome del corso d'acqua, comune, località, data, codice della stazione, grado di antropizzazione del territorio), la seconda relativa ad alcuni parametri di interesse idrobiologico e la terza relativa ai dati sull'ittiofauna (De Paoli *et al.*, 2007).

2.2.1 - Fase di campo

Quasi tutti i tratti sono stati campionati in regime di magra idrologica, periodo in cui è

possibile svolgere con maggior efficacia la cattura dell'ittiofauna attraverso elettropesca e sono meglio evidenziabili situazioni ambientali critiche.

I parametri fisici di interesse idrobiologico presi in considerazione sono stati:

- Altezza sul livello del mare (m s.l.m.): è stata desunta da apposito altimetro.
- Stato di morbida o di magra: è definita in rapporto alle condizioni di piovosità stagionale.
- Larghezza media dell'alveo bagnato (m) rappresentativa del tratto esaminato.
- Lunghezza totale del tratto campionato espressa in metri.
- % di pools (buche): percentuale dell'area campionata in cui sono presenti buche.
- % di riffles (raschi): percentuale dell'area campionata in cui sono presenti increspature e turbolenze.
- % di runs (correnti): percentuale dell'area campionata con profondità e velocità di corrente costante
- % di massi: percentuale del fondo coperto da materiale con diametro superiore a 350 mm.
- % di sassi: percentuale del fondo coperto da materiale con diametro compreso fra 100 e 350 mm.
- % di ciottoli: percentuale del fondo coperto da materiale con diametro compreso fra 35 e 100 mm.
- % di ghiaia: percentuale del fondo coperto da materiale con diametro compreso fra 2 e 32 mm.
- % di sabbia: percentuale del fondo coperto da materiale con diametro inferiore a 2 mm.
- % di fango: percentuale del fondo coperto da materiale con diametro inferiore a 0,0039 mm.
- copertura vegetale delle sponde: valutazione soggettiva riguardo l'integrità della vegetazione riparia.
- vegetazione acquatica: valutazione soggettiva riguardo l'entità della copertura vegetale del fondo.
- presenza di rifugi: valutazione soggettiva attraverso un punteggio variabile da 1 a 5 riguardo la disponibilità di rifugi a disposizione dell'ittiofauna (1 = assenti, 2 = scarsi, 3 = presenti, 4 = abbondanti, 5 = molto abbondanti).
- uso del territorio: indica il grado di antropizzazione espresso dal territorio circostante il corso d'acqua.
- antropizzazione (0-5): indica l'impatto antropico sul corso d'acqua sia per quanto riguarda gli scarichi sia per le modificazioni strutturali (briglie, arginature, taglio di vegetazione di sponda ecc.). Il valore aumenta con l'aumentare dell'alterazione di origine antropica.

Le fauna ittica è stata campionata attraverso pesca elettrica, utilizzando due differenti modelli di elettropesca (IS 200 ed ELT 725), entrambi spallabili e con potenza massima fino a 650 volt (De Paoli *et al.*, 2007).

2.2.2 - Analisi di laboratorio ed elaborazione dei dati

Le metodologie per le analisi matematiche e statistiche si rifanno a Ricker (1975). Le curve teoriche di accrescimento in lunghezza sono state ricavate secondo l'espressione di Von Bertalanffy (1938):

$$LT_t = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

dove:

LT_t = lunghezza (in cm) raggiunta all'età t (in anni);

L_{∞} = lunghezza massima teorica raggiungibile nell'ambiente dato (in cm);

k = coefficiente di crescita: rappresenta la velocità con la quale la curva si avvicina all'asintoto (in anni⁻¹);

t_0 = fattore correttivo per il tempo: il calcolo di quest'ultimo parametro si rende necessario in quanto nei primissimi giorni di vita lo sviluppo dei pesci non segue strettamente il modello matematico assunto (in anni).

La produzione delle popolazioni a salmonidi è stata calcolata solo ove possibile, e cioè in presenza di popolazioni sufficientemente strutturate in classi di età; sia per il calcolo del coefficiente di mortalità (Z) che per il tasso di accrescimento (G) è stato applicato il modello esponenziale:

$$Z = -(\ln N_2 - \ln N_1) \Delta t^{-1}$$

$$G = (\ln W_2 - \ln W_1) \Delta t^{-1}$$

La biomassa media (B_m) si ricava dalle formule:

$$B_m = B_1 e^{(G-Z) \Delta t} - 1 / (G - Z) \Delta t \text{ per } G > Z$$

$$B_m = B_1 (1 - e^{-(Z-G) \Delta t}) / (Z - G) \Delta t \text{ per } G < Z$$

ed infine la produzione (P) si ottiene dalla relazione:

$$P = G \Delta t B_m$$

Dove:

P = produzione ittica annuale espressa in grammi m^{-2} (la produzione ittica misura il tasso di incremento della biomassa di una popolazione nell'unità di tempo e di superficie)

2.2 - Metodi utilizzati nelle singole Carte Ittiche Provinciali: Ancona (Melotti *et al.*, 2007)

2.2.1 - Fase di campo

In ogni stazione di campionamento si è provveduto al rilevamento delle caratteristiche fisico - morfologiche più significative, effettuando le determinazioni su un tratto di circa 100 metri. Per ciascuna stazione sono stati considerati i seguenti parametri:

- Lunghezza del tratto considerato e larghezza dell'alveo bagnato: misurate in metri mediante cordella metrica;
- Velocità della corrente: definita mediante una scala arbitraria così articolata: lentissima; lenta; media; forte;
- Profondità minima e massima: ottenute mediante misurazione effettuata con asta centimetrica;

- Profondità media: ottenuta come media ponderale delle misurazioni di profondità effettuate in tre diversi transetti distribuiti lungo il tratto considerato;
- Tipologia del fondo: determinata suddividendo i dati in sei categorie granulometriche:
 1. massi: substrato con prevalenza di elementi litici con dimensioni maggiori di 350 mm;
 2. sassi: substrato con prevalenza di elementi litici con dimensioni comprese fra 100 e 350 mm;
 3. ciottoli: substrato con prevalenza di elementi litici con dimensioni comprese fra 35 e 100 mm;
 4. ghiaia: substrato con prevalenza di elementi litici con dimensioni comprese fra 2 e 35 mm;
 5. sabbia: substrato con prevalenza di elementi a granulometria fine con dimensioni comprese fra 1 e 2 mm;
 6. limo: substrato con prevalenza di elementi con dimensioni minori di 1 mm.
- Ombreggiatura dell'alveo: determinata con la seguente differenziazione: assente; scarsa; media; abbondante.

Le catture della fauna ittica hanno avuto luogo mediante l'impiego di un'apparecchiatura per elettropesca, a corrente continua pulsata, provvista di motore a scoppio a quattro tempi, coassiale ad un generatore trifase, della potenza di 2,5 kW impulso⁻¹, in grado di erogare una corrente continua ad una tensione di 300 e 500 volt commutabili. L'apparecchiatura impiegata consente di impostare la potenza più idonea per il tratto campionato al fine di massimizzare le catture ed evitare lesioni ai pesci (Melotti *et al.*, 2007). I campionamenti sono stati condotti nel 2006 ed hanno interessato complessivamente 31 settori fluviali.

2.2.2 - Analisi di laboratorio ed elaborazione dei dati

Le metodiche utilizzate non si discostano sostanzialmente, per quanto riguarda questa specifica parte metodologica, da quanto effettuato nelle Carte Ittiche delle altre province.

2.2.3 - Qualità delle acque

Per aggiornare la Carta Ittica della provincia di Ancona si è fatto ricorso anche a metodi che considerano le popolazioni di macroinvertebrati presenti in più tratti dei corpi idrici oggetto di studio, poiché la fauna bentonica fornisce delle preziose informazioni sulle condizioni del corpo idrico. Infatti, la conoscenza della composizione qualitativa delle comunità bentoniche è utile al fine di acquisire informazioni sulla qualità delle acque e dell'ambiente in cui questi organismi vivono: l'interazione di numerosi fattori, biotici e abiotici, determina diverse situazioni ambientali alle quali gli organismi dello zoobenthos fluviale reagiscono a seconda delle proprie esigenze (Tachet *et al.*, 1980). E' ormai provato che questi organismi possiedono una spiccata sensibilità a numerosi inquinanti, caratteristica che consente, attraverso il loro studio, di definire lo stato di salute di un corpo idrico (Ghetti, 1997).

Il contributo dato dalle comunità dei macroinvertebrati all'attività di decomposizione della materia organica da parte dei microrganismi presenti nell'ambiente, e quindi alla capacità di autodepurazione di un corso d'acqua, si esplica in diversi modi: frantumazione dei detriti in particelle minute e conseguente aumento della superficie d'attacco da parte

di batteri decompositori; contributo alla formazione di aggregati batteri-detrito attraverso l'espulsione delle feci; produzione di proteine o di fattori di accrescimento che stimolano la crescita dei batteri decompositori (Sansoni, 1988).

Per la cattura degli invertebrati bentonici, è stato impiegato un retino immanicato, dotato di telaio con estremità circolare di diametro pari a 20 cm e provvisto di rete, in monofilo di nylon con 21 maglie per cm, alla cui estremità era collocato un contenitore in plexiglass in cui si raccoglievano gli organismi da analizzare. In ogni stazione il campionamento veniva compiuto lungo un transetto obliquo rispetto alla direzione della corrente, in modo da interessare i differenti microhabitat presenti e assicurare la maggiore ricchezza specifica del campione. Questo metodo riduce, inoltre, il fenomeno di "drifting" a cui fanno ricorso i diversi macroinvertebrati che si lasciano trasportare dalla corrente quando avvertono condizioni di pericolo. Immediatamente dopo la cattura, si è provveduto a una prima separazione degli organismi raccolti ed alla fissazione in formalina al 4% fino al momento del riconoscimento in laboratorio (Melotti *et al.*, 2007).

La classificazione degli organismi è stata attuata impiegando un microscopio stereoscopico Euromex e con l'ausilio di chiavi tassonomiche proposte da Tachet *et al.* (1980), C.N.R. (1980, 1981, 1982, 1983), Sansoni (1988) e Ghetti (1986).

Contemporaneamente ai rilievi eseguiti sui macroinvertebrati, sono state effettuate analisi in campo e prelevati campioni di acqua al fine di determinare i parametri fisico-chimici che maggiormente influenzano l'assetto delle comunità biotiche. I parametri rilevati rientrano tra quelli riportati nel Decreto Legislativo 11 maggio 1999 n° 152 disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva 91/676/CE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

In ciascuna stazione sono stati registrati la temperatura, l'ossigeno disciolto ed il pH. Per i primi due parametri è stata utilizzata l'apparecchiatura elettronica portatile YSI mod. 55, mentre per il pH è stato utilizzato un pHmetro YSI 60. In laboratorio sono state inoltre effettuate le analisi di azoto ammoniacale, azoto nitroso, azoto nitrico, ortofosfati. Per il prelievo dei campioni di acqua da analizzare sono state impiegate bottiglie di polietilene, lavate con acido cloridrico e risciacquate con acqua distillata. Il prelievo è stato sostenuto immergendo la bottiglia a circa 15 cm di profondità, ed i campioni, corredati dei dati e del nome della stazione relativa, sono stati stivati in un frigorifero portatile ed inoltrati nel più breve tempo possibile al laboratorio di analisi (Melotti *et al.*, 2007).

Per quanto riguarda i vari stati di ossidazione dell'azoto è utile ricordare che in ambiente aerobico l'equilibrio tra le diverse forme si sposta verso la condizione più ossidata (azoto nitrico), quasi priva di tossicità per le biocenosi acquatiche. In ambiente scarsamente ossigenato, invece, l'equilibrio tra le diverse forme si sposta verso quella più ridotta (azoto ammoniacale) che risulta molto tossica per i pesci. Per la determinazione dell'azoto ammoniacale è stata impiegata la metodica di nesslerizzazione diretta con pretrattamento con sale di Rochelle (tartato di sodio e potassio) al fine di prevenire la precipitazione dei sali di Ca e Mg in presenza del reattivo di Nessler. I nitriti sono stati determinati con il metodo di Bendschneider e Robinson, utilizzando la reazione di diazotazione con solfanilammide e copulando successivamente con etilendiammina; l'intensità di colore è determinato spettrofotometricamente a 500 nm. I nitrati sono stati rilevati seguendo il metodo della riduzione del cadmio (Melotti *et al.*, 2007).

Relativamente ai fosfati, è stato determinato il cosiddetto "P reattivo" cioè quello determinabile senza alcun pretrattamento di idrolisi, costituito principalmente da ortofosfati, e che comprende la frazione disciolta più rapidamente disponibile per il

metabolismo batterico e vegetale e pertanto è la forma del fosforo più importante dal punto di vista della produttività. Per la determinazione dei suddetti composti e del ferro è stato utilizzato l'apparecchio spettrofotometrico HACH mod. 2001, seguendo le metodiche APHA (1988).

2.3 - Metodi utilizzati nelle singole Carte Ittiche Provinciali: Macerata (Marconi, 2009a e b)

Lo studio è stato condotto nel 2006 nella porzione di territorio della provincia di Macerata attraversato dalle acque di Categoria A e B - C. La lunghezza dei tratti da sottoporre a campionamento ittico è stata decisa preventivamente (50 m effettivi ciascuno). Per ogni asta (tratto principale, affluente o subaffluente) è stato adottato il criterio dell'omogeneità tra le varie *facies* fluviali, cioè ciascun tratto campione doveva presentare in misura simile "pool" (buche), "riffle" (zone con superficie dell'acqua increspata e corrente veloce) e "run" (piane con superficie dell'acqua non increspata e corrente moderata).

I campionamenti dell'ittiofauna sono stati stabiliti e programmati di concerto con il 6° Servizio Caccia e Pesca e con l'Unità Operativa Vigilanza venatoria e ittica dell'Assessorato all'Ambiente della provincia di Macerata. Per non avere dati popolazionistici falsati, è stato scelto di compiere il prelievo lontano dai punti in cui erano state compiute le immissioni programmate dall'Amministrazione Provinciale per l'apertura della pesca alla trota 2006. Delle stazioni di campionamento previste nelle acque di Categoria B - C, quelle che riguardavano l'ambiente estuarino non sono state monitorate, a causa della mancanza di uno strumento adeguatamente potente per l'elettropesca in ambienti come quelli di foce, dove la dispersione della carica è altissima, e le acque molto profonde. Non è stato altresì possibile effettuare il campionamento in altre due stazioni, una sul torrente Fiastra, l'altra sul torrente Cremona, entrambi affluenti in destra idrografica del fiume Chienti, a causa della siccità prolungata dell'estate 2007, che ha trasformato questi due modesti corsi d'acqua in due rigagnoli, ridotti in alcuni tratti ad una serie disgiunta di piccole pozze di acqua stagnante (Marconi, 2009a e 2009b).

2.3.1 - Fase di campo

Ogni tratto campione è stato scelto come rappresentativo di tutto il segmento fluviale attribuito a quella determinata categoria. Nei subaffluenti e negli affluenti più brevi è stato sufficiente stabilire una sola stazione di campionamento. Negli affluenti di maggior lunghezza e nelle aste principali, sono stati compiuti due o più campionamenti, separati altimetricamente di almeno 100 m. Sono stati inoltre raccolti dati sulla temperatura dell'acqua e dell'aria mediante termometro digitale (Marconi, 2009a e 2009b).

La fauna ittica è stata campionata mediante l'uso di un elettrostorditore a zaino Scubla EL60II-GI con motore Honda a quattro tempi, fornito dell'Amministrazione Provinciale di Macerata, adottando correnti variabili di flusso da 300 V in continuo fino a 800 V in impulsi.

L'analisi qualitativa è stata effettuata in tutte le stazioni in cui le condizioni ambientali sono state tali da rendere possibile tale strategia di campionamento; in alternativa è stata privilegiata l'analisi qualitativa, che è stata effettuata secondo il metodo di Moyle (1970). Tale metodo definisce le seguenti classi di abbondanza:

- 1 - scarso (1 - 3 individui in 50 m lineari);
- 2 - presente (4 - 10 individui in 50 m lineari);
- 3 - frequente (11 - 20 individui in 50 m lineari);

- 4 - abbondante (21-50 individui in 50 m lineari);
- 5 - dominante (>50 individui in 50 m lineari).

Nei corsi montani le difficoltà di campionamento possono essere aumentate dall'influenza che la temperatura ha sulla conduttività dell'acqua che diminuisce del 25% per il decremento di 1°C. A quote elevate conviene dunque effettuare i campionamenti in periodo estivo, a parità di condizioni. Purtroppo, per motivi logistici, il nostro studio non ha potuto beneficiare di questa scelta.

2.3.2 - Analisi di laboratorio

L'età è stata rilevata mediante il conteggio degli anelli di accrescimento delle squame prelevate sul campo, sia, in caso di dubbio, utilizzando gli otoliti. Ciò ha permesso di frazionare la popolazione in classi o coorti (0+, 1+, 2+, ecc.) e giungere ad una valutazione della struttura demografica.

Classe di età	Taglia (mm)
0+	< 120
1+	>120 - <170
2+	>170 - <220
3+	>220

Tabella 2.1 - Classi di taglia utilizzate per l'attribuzione dell'età.

A tal fine ricordiamo che una popolazione ittica strutturalmente omogenea, dovrebbe descrivere, sugli assi cartesiani, un'iperbole equilatera (proporzionalità inversa), in cui gli individui più giovani rappresentano la gran parte dell'intera popolazione.

Confrontando i dati scalimetrici con altre indagini effettuate su corsi d'acqua appenninici (Auteri *et al.*, 1993, Marconi e Vallesi, 2001) sono state definite per la trota fario le classi di età riportate nella tabella 2.1.

I calcoli sono stati effettuati mediante pacchetto FISAT e pacchetto Excel per Windows.

2.3.3 - Qualità delle acque

Categoria granulometrici (Cg)	Punteggio
Fango, argilla	0
Sabbia e ghiaia fine	1
Ghiaia intermedi	2
Ghiaia grossa	3
Ciottoli e blocchi rocciosi	4

Tabella 2.2 - Punteggi attribuiti sulla base della granulometria.

Biodiversità	Punteggio
Scarsa (1 specie)	0
Mediocre (2 specie)	1
Buona (3 specie)	2
Ottima (4 specie)	3
Eccellente (5 o più specie)	4

Tabella 2.3 - Punteggi attribuiti sulla base della ricchezza di specie.

Vegetazione ripariale (Vr)	Punteggio
Assente o scarsa	0
Modesta	2
Buona	3
Abbondante	4

Tabella 2.4 - Punteggi attribuiti sulla base della vegetazione ripariale.

Idrofite di fondo (If)	Punteggio
Assente o scarsa	0
Modesta	2
Buona	3
Abbondante	4

Tabella 2.5 - Punteggi attribuiti sulla base delle idrofite di fondo.

Detrito vegetale (Dv)	Punteggio
Assente o scarsa	0
Modesta	2
Buona	3
Abbondante	4

Tabella 2.6 - Punteggi attribuiti sulla base della detrito vegetale.

Per formulare un giudizio sul grado di naturalità del corso d'acqua, sono state valutate la conformazione e la struttura dell'alveo, attribuendo ad ogni stazione i seguenti punteggi, contraddistinti da vari colori, sulla base della composizione granulometrica prevalente, come illustrato nella tabella 2.2.

Con criteri simili, è stata eseguita una valutazione sullo stato della biodiversità (non considerando nel computo il gambero

di fiume *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858)), della copertura ed integrità della vegetazione ripariale erbacea, arbustiva e arborea, della copertura ad idrofite del fondo e della presenza di detrito vegetale grossolano (rami e tronchi giacenti in alveo), tutti fattori che possono costituire un valido rifugio per l'ittiofauna. Ad ogni stazione, perciò, sono stati assegnati i punteggi riportati nella tabelle seguenti (tabelle 2.3 - 6) (Marconi, 2009a e b).

2.4 - Metodi utilizzati nelle singole Carte Ittiche Provinciali: Ascoli Piceno (Melotti *et al.*, 2009)

Le metodologie utilizzate ricalcano in modo pressoché perfetto quelle descritte per la Carta Ittica della provincia di Ancona (Melotti *et al.*, 2007). I rilevamenti sono stati condotti nel 2006 (Melotti *et al.*, 2009), alcune delle quali ricadono nell'attuale territorio della provincia di Fermo.

2.5 - I cambiamenti apportati nella Carta Ittica Regionale

La presentazione dei risultati nella carta Ittica Regionale prevede la realizzazione di una scheda per ogni singola stazione di campionamento, in ciascuna delle quali saranno riportati i dati provenienti dalle Carte Ittiche Provinciali, le seguenti informazioni:

Provincia di appartenenza.

Bacino idrografico principale.

Nome del corso d'acqua.

Codice della stazione di campionamento - Codice della stazione nella Carta Ittica provinciale di origine.

Localizzazione della stazione su un piccolo riquadro contenete una porzione di carta georeferenziata, con l'indicazione se la stazione si trova in un'area protetta, SIC o ZPS.

Coordinate geografiche della stazione.

Tabella con valori dei principali parametri ambientali rilevati.

Tabella con valore dei parametri fisico-chimici e biologici (se presenti).

Lunghezza del tratto campionato, superficie del tratto campionato.

Tabella con elenco delle specie ittiche presenti.

Abbondanza della fauna ittica.

Tabella di sintesi sulle caratteristiche del popolamento ittico della stazione: specie dominanti, specie di particolare interesse conservazionistico, specie con aree riproduttive, indice di integrità qualitativa, specie esotiche da contenere, biomassa e standing crop complessivi della stazione, zonazione proposta, categoria delle acque proposta.

Grafico a torta relativo all'abbondanza delle specie ittiche presenti.

Eventuali curve di accrescimento delle specie ittiche di interesse alieutico.

Testo con descrizione e commento relativi alla composizione della comunità ittica, abbondanza, struttura di popolazione ed accrescimento delle specie ittiche più importanti ed eventuali prime indicazioni di massima sulle possibili modalità gestionali, sulle criticità presenti e sugli interventi proposti. Anche in questo caso la scelta intrapresa è stata quella di mantenere, per quanto possibile, il testo originale delle Carte Ittiche Provinciali di provenienza. Per dare la possibilità al lettore di distinguere le parti nuove e diverse da quanto indicato dagli autori delle Carte Ittiche Provinciali, il testo di queste ultimi è stato riportato in corsivo.

2.5.1. Codice delle stazioni

Per renderla più razionale e per facilitare la possibilità di individuazione delle stazioni di campionamento, a ciascuna di esse è stato attribuito un nuovo codice alfanumerico, composto di 9 caratteri, secondo lo schema XX00YYYY1 che prevede le due lettere XX = codice della provincia; 2 cifre = codice del bacino di appartenenza; 4 lettere = iniziali del corso d'acqua; 1 cifra = numero progressivo della stazione da monte verso valle.

Il codice utilizzato per le province è il seguente:

- PU = Pesaro - Urbino;
- AN = Ancona;
- MC = Macerata;
- FM = Fermo;
- AP = Ascoli Piceno.

Si è deciso, infatti, di scorporare le stazioni di campionamento presenti nei corsi d'acqua ricadenti nella provincia di Fermo, anche se in realtà la loro indagine è stata condotta nell'ambito della Carta Ittica della provincia di Ascoli Piceno (Melotti *et al.*, 2009). Per quanto riguarda la provincia di Pesaro - Urbino rispetto a quanto riportato nella relativa Carta Ittica provinciale sono state escluse le stazioni ricadenti nel bacino del Marecchia perché, a seguito di un referendum popolare, tale area non appartiene più al territorio delle Marche

Il codice utilizzato per il bacino di appartenenza è il seguente:

- 01 = Conca;
- 02 = Foglia
- 03 = Metauro;
- 04 = Cesano;
- 05 = Misa;
- 06 = Esino;
- 07 = Musone;
- 08 = Potenza;
- 09 = Chienti;
- 10 = Tenna;
- 11 = Aso;

- 12 = Tesino;
- 13 = Tronto;
- 14 = Tevere.

Ad esempio, la stazione MC14NERA01 individua la stazione più a monte del fiume Nera (situata in provincia di Macerata). Le stazioni considerate nella Carta Ittica delle Marche, quindi, sono risultate complessivamente pari a **273**, la cui collocazione geografica e la cui codifica è riportata nella figura 2.1.

2.5.2 - Nomenclatura della fauna ittica

Per la nomenclatura delle specie ittiche si è fatto in genere riferimento a quanto proposto da Gandolfi *et al.*, (1991). Si precisa comunque che, laddove possibile, per evitare di ingenerare confusione nel lettore nel confronto con quanto riportato nelle Carte Ittiche Provinciali, i nomi scientifici utilizzati sono stati lasciati invariati: ciò nonostante i

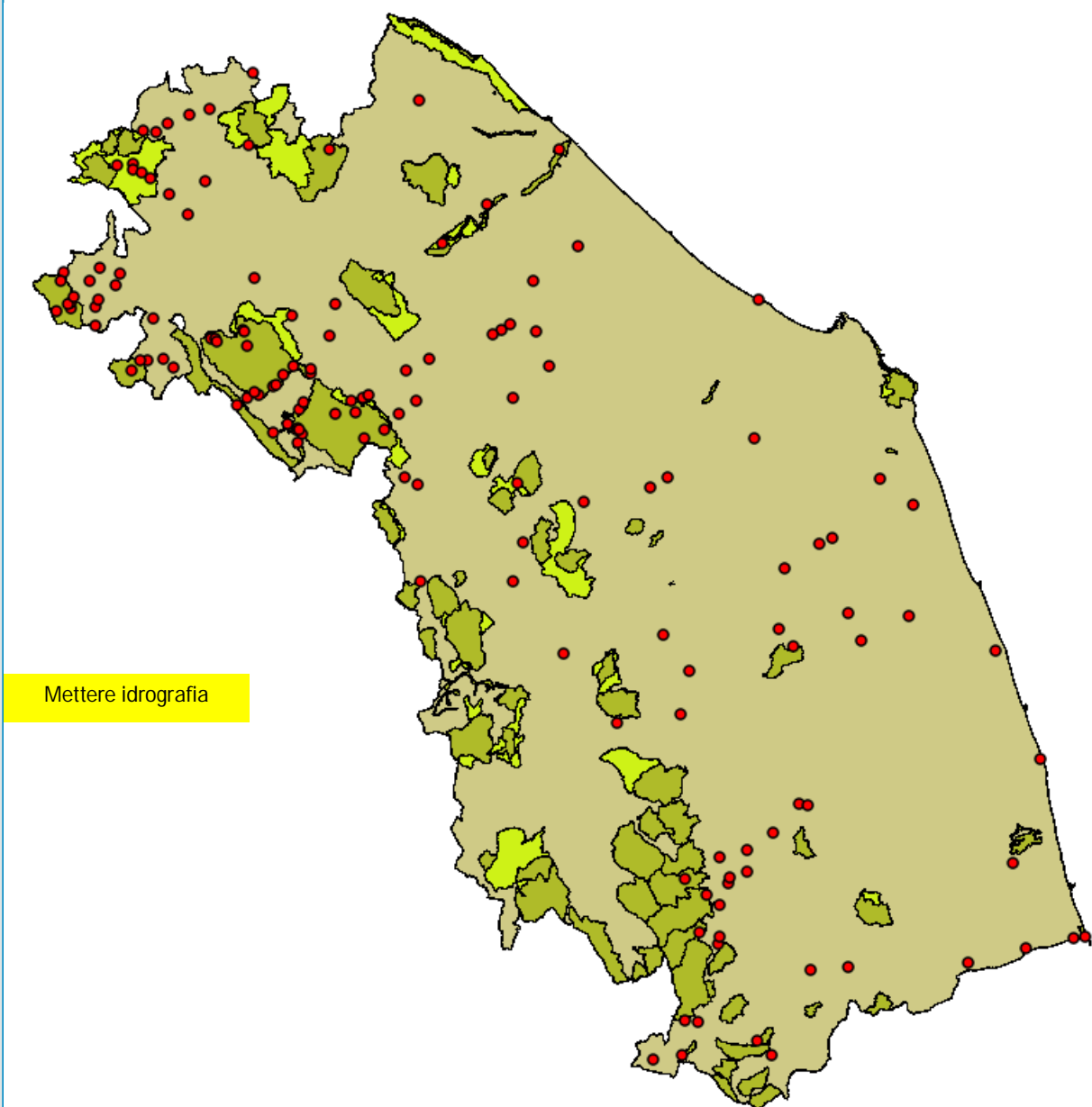


Figura 2.1 - Localizzazione delle stazioni di campionamento.

notevoli cambiamenti intervenuti di recente nella nomenclatura ittologica (Kottelat e Freyhof, 2007). Anche per il pesce gatto *Ameiurus melas* Rafinesque, 1820 ed il vairone *Telestes souffia* (Risso, 1827) sono state apportate alcune variazioni rispetto a quanto proposto da Gandolfi *et al.*, (2001) che propone rispettivamente i binomi di *Ictalurus melas* e *Leuciscus souffia*.

Per quanto riguarda l'origine di alcune specie ittiche, per le quali ancora l'areale può essere oggetto di controversia, si è fatto riferimento a Bianco (1993).

2.6 - I metodi originali proposti della Carta Ittica Regionale

2.6.1 - Metodologie per la rappresentazione cartografica dei risultati. GIS.

Le Carte Ittiche Provinciali, che hanno come fine lo sviluppo di linee guida per la gestione della fauna ittica, sono espresse in forma specialistica che risulta spesso di difficile interpretazione, nonché dispersiva per un uso tecnico-amministrativo dei dati. La gestione delle informazioni attraverso un Sistema Informativo Geografico (GIS), contenente gran parte delle informazioni raccolte sul campo, integrate con dati territoriali ed associate ad elementi grafici, risulta invece più rapida ed immediata. La versione digitale, inoltre, offre il vantaggio di poter essere continuamente aggiornata ed integrata divenendo così un'opera dinamica e in continua evoluzione, al contrario della versione cartacea (Biallo, 2005). La trasposizione informatica dei risultati delle Carte Ittiche Provinciali rende, inoltre, confrontabili i dati con altre informazioni di tipo territoriale, come la presenza e la localizzazione di briglie e sbarramenti, che possono essere continuamente adeguati attraverso nuove ricerche o campagne di rilevamento.

La localizzazione spaziale delle stazioni di campionamento, ricavate dalle relative Carte Ittiche Provinciali, ha previsto la realizzazione di un geodatabase relazionale utilizzando la piattaforma ArcGis ESRI. Lo schema di organizzazione dell'attività ha avuto alla base il rilevamento delle coordinate geografiche delle stazioni di campionamento delle Carte Ittiche Provinciali e la loro sovrapposizione alla base cartografica tecnica regionale raster in scala 1:10.000. A questo supporto sono state associate le informazioni raccolte su campo e contenute nella Carte Ittiche Provinciali. Questi dati riguardano le abbondanze numeriche, espresse come densità, delle singole specie rinvenute in ciascuna stazione. In tal modo si può rappresentare, in maniera puntiforme, l'abbondanza e la distribuzione areale di ogni singola specie ittica. Nei casi in cui è stato possibile, oltre a queste informazioni, sono state inserite per ciascuna stazione la presenza o assenza di esemplari di età 0+, in modo da poter comprendere meglio le vocazioni produttive o riproduttive dei diversi corsi d'acqua, derivarne l'aggiornamento della classificazione delle acque e rendere più razionali le pratiche di ripopolamento.

Un'ulteriore analisi, che è stata ottenuta dai risultati delle Carta Ittica Provinciali e che è stata trasposta nel GIS, è costituita dal calcolo della densità ittica totale (in ind m⁻²) e della biomassa ittica totale (in g m⁻²) presenti in ciascuna stazione di campionamento. Tali dati rappresentano un'importante informazione di sintesi in grado di rappresentare efficacemente l'abbondanza della fauna ittica presente nei vari settori indagati e, come tali, risultano decisivi nell'influenzare la maggior parte delle scelte gestionali. Le informazioni desunte dalla densità risultano di meno immediata interpretazione, poiché tale parametro appare fortemente influenzato dalla taglia degli esemplari e dalle dimensioni medie tipiche della specie che compongono la comunità ittica. Più facilmente interpretabile è la stima dell'abbondanza dei popolamenti ittici effettuata mediante l'analisi della biomassa complessiva. A questo scopo è utile ricordare che possono essere definiti abbondanti i popolamenti ittici che nei corsi d'acqua a salmonidi eccedono i 20 g m⁻² di biomassa complessiva, mentre tale limite sale a 30-40 g m⁻² per i corsi d'acqua con

comunità ittiche dominate dai ciprinidi (Coles *et al.*, 1988).

Oltre ai dati direttamente forniti dalle Carte Ittiche Provinciali e a quelli derivati dalle elaborazioni degli stessi (IIQual, zonazione, Iseci, ecc...), altre informazioni sono state ricavate mediante il rilievo cartografico. A questo scopo sono state utilizzate le basi informatiche fornite dall'Ufficio Cartografico della Regione Marche, come il modello fisico terrestre scala 1:50.000, i bacini Idrografici regionali e l'idrografia ricavata dalle Carte Tecniche Regionali scala 1:10.000. In particolare dalla "Carta Geologica, Geomorfologica e Idrologica" sono stati ricavati i dati relativi la geologia delle singole stazioni di campionamento, la geologia della parte sottesa alla stazione stessa e la sua piovosità media. La pendenza del tratto campionato e le pendenze a 500 metri a monte e a valle dello stesso sono state ricavate dal Modello Fisico Terrestre. I dati relativi la distanza dalla sorgente ed il bacino sotteso sono stati ricavati dalla Carta Tecnica Regionale e quando questi oltrepassano i limiti Regionali, le stesse informazioni sono state ricavate dal Portale Cartografico Nazionale.

Per la realizzazione delle immagini del punto di stazione sono state utilizzate le ortofotocarte della regione Marche, anni 2006 e 2007, in formato ECW: quelle del 2006 ricadenti nella porzione Sud della Regione sono monocromatiche.

2.6.3 - Indici di comunità

Per meglio caratterizzare le singole comunità ittiche (struttura, rapporti tra le singole specie) sono stati utilizzati l'indice di ricchezza di specie e l'indice di diversità (Shannon - Wiener, 1949). Per quanto riguarda le metodologie utilizzate e per avere maggiori dettagli si rimanda al capitolo dei risultati.

Per analizzare lo stato di alterazione delle comunità ittiche da un punto di vista zoogeografico è stato inoltre calcolato l'indice di integrità qualitativa (Bianco, 1990): tale indice si calcola in base al rapporto tra il numero di specie autoctone presenti e il totale delle specie raccolte. L'indice varia da 0 a 1: è pari a 0 se tutte le specie sono alloctone (sito totalmente inquinato/degradato), pari ad 1 se tutte le specie sono autoctone (sito incontaminato) (Bianco, 1990).

L'indice è stato calcolato per ciascuna stazione di campionamento. I valori assunti in settori diversi di uno stesso corso d'acqua consentono di mettere in evidenza gli eventuali stravolgimenti delle vocazioni ittiche naturali.

Come per altri parametri, anche per l'IIQual, i risultati ottenuti dall'analisi sono stati trasferiti su di un supporto georeferenziato. A questo proposito ed allo scopo di rappresentare graficamente i risultati, i valori dell'IIQUAL sono stati raggruppati in 5 classi di qualità (Lorenzoni, 2003), secondo lo schema riportato nella tabella 2.7.

2.6.3 - Zonazione ittica

Valore IIQual	Classe di qualità	Giudizio
IIQUAL = 1	I	Sito incontaminato
$0,75 \leq \text{IIQUAL} < 1$	II	Sito di buona qualità
$0,5 \leq \text{IIQUAL} < 0,75$	III	Sito di scarsa qualità
$0,25 \leq \text{IIQUAL} < 0,5$	IV	Sito di cattiva qualità
IIQUAL < 0,25	V	Sito di pessima qualità

Sulla base della composizione della comunità ittica, risultata dai dati delle Carte Ittiche Provinciali, ogni stazione di campionamento è stata attribuita ad una delle 4 zone ittiche previste dallo schema di zonazione adottato e descritto in precedenza. Anche in questo caso, quando previsto dalle elaborazioni effettuate dagli autori, si è cercato di conservare

Tabella 2.7 - Classi dell'Indice di Integrità Qualitativa.

la stessa zonazione assegnata dalla relativa Carta Ittica provinciale.

In ogni caso, allo scopo di uniformare e validare i dati, le informazioni provenienti dalle diverse Carte Ittiche Provinciali sono state confrontate fra loro utilizzando la densità e la biomassa areale delle specie ittiche presenti in ciascuna stazione di campionamento. I dati, disaggregati per zona ittica e Carta Ittica provinciale, sono stati validati attraverso alcune tecniche statistiche che hanno permesso di evidenziare la presenza di eventuali outlayer, secondo una metodologia già utilizzata in aree geografiche prossime alle Marche (Lorenzoni *et al.*, 2010a).

Dalla riaggregazione tutti i dati corretti e riveduti, indipendentemente questa volta dalla provincia di provenienza, sono stati utilizzati per verificare la validità dello schema di zonazione adottato e per individuare le specie caratterizzanti le diverse zone ittiche dei corsi d'acqua marchigiani, secondo la metodologia messa a punto da Mearelli *et al.* (1995).

Anche i risultati della zonazione delle acque sono stati trasferiti su di un supporto georeferenziato.

Maggiori informazioni sulle procedure utilizzate possono essere trovate nei paragrafi in cui vengono trattati i risultati di tali analisi.

2.6.4 - Classificazione delle acque ai fini gestionali

La realizzazione della carta della zonazione ittica è servita da supporto per la stesura di un programma di riclassificazione dei corsi d'acqua, effettuato seguendo le indicazioni della L.R. 11/03 che, all'art. 20, ai fini della gestione della fauna ittica e dell'esercizio della pesca, suddivide le acque interne della Regione in tre categorie:

Categoria A – acque di notevole pregio ittico-faunistico prevalentemente popolate da salmonidi;

Categoria B – acque intermedie a popolazione mista (salmonidi e ciprinidi);

Categoria C – acque popolate da ciprinidi.

La classificazione delle acque ha immediate ricadute gestionali poiché le tre categorie individuate dalla L.R. 11/03 sono caratterizzate dalla possibilità che la pesca venga esercitata in tempi e con modalità differenti, sulla base di quanto predisposto nel calendario regionale di pesca:

“Acque di Categoria A e B: attrezzi consentiti

Le acque di Categoria A e B sono sottoposte a regime di pesca controllata.

Nelle acque di Categoria A è istituito il riposo biologico nei giorni di martedì e venerdì per l'intera stagione di pesca.

La pesca può essere esercitata soltanto con una canna, con o senza mulinello, con la lenza armata con un solo amo.

E' consentita la pesca al lancio con esca artificiale, con moschera o camolera, con massimo di tre ami.

Nell'esercizio della pesca nelle acque di Categoria A e B sono proibiti l'uso e la detenzione della larva di mosca carnaria (bigattino) e l'uso di pesce vivo; è altresì vietata ogni forma di pasturazione.

Acque di Categoria C: attrezzi consentiti

Nelle acque di Categoria C la pesca può essere esercitata con:

un massimo di due canne, con o senza mulinello, collocate entro uno spazio di metri cinque, con lenza armata con non più di due ami ognuna. E' consentita la pesca al lancio con esca artificiale, con moschera o camolera, con un massimo di tre ami;

una mazzangola o "mazzacchera" con o senza amo, per la esclusiva cattura dell'anguilla.

Nelle acque di Categoria C, ferme restando le eccezioni appresso indicate, sono consentite tutte le esche naturali ed artificiali, vive o morte, nonché qualsiasi pasturazione.

L'uso del guadino è consentito esclusivamente come mezzo ausiliare per il recupero del pesce allamato.

Nelle acque di Categoria A è vietata ogni forma di pesca, di qualsiasi specie ittica, dopo la chiusura della pesca alla trota.

Nelle acque di Categoria B, dopo la chiusura della pesca alla trota, è consentita la pesca alle altre specie ittiche fino al 25 novembre 2007.

Chi esercita la pesca nelle acque di Categoria A e B, oltre alla licenza di cui all'articolo 21, della L.R.11/03, deve essere in possesso del tesserino, previsto dall'art.25 della medesima legge, valido per l'intero territorio regionale su cui annotare in modo indelebile la giornata di pesca e, subito dopo ogni prelievo, i capi di salmonidi catturati."

In generale, quindi, nelle acque di Categoria A, e a seguire in quelle B, le modalità per esercitare la pesca sportiva risultano molto più restrittive rispetto alle acque di Categoria C. Anche in questo caso sono stati mantenute le attribuzioni effettuate nelle Carte Ittiche Provinciali, sottoponendo tuttavia le informazioni originarie ad una procedura di validazione allo scopo di verificare l'uniformità dei criteri di attribuzione adottati. La procedura è stata simile a quella descritta per la zonazione: le informazioni provenienti dalle diverse Carte Ittiche Provinciali sono stati confrontate fra loro utilizzando la densità e la biomassa areale delle specie ittiche presenti in ciascuna stazione di campionamento. I dati, disaggregati per zona ittica e Carta Ittica provinciale sono stati validati mediante alcune tecniche di analisi statistica che hanno permesso di evidenziare la presenza di eventuali outlayer (Lorenzoni *et al.*, 2010a).

Quando necessario è stata effettuata una diversa classificazione delle acque, rispetto alla Carta Ittica provinciale considerando anche la necessità di:

- tenere conto della presenza delle aree riproduttive e gli aspetti qualitativi dei popolamenti ittici (composizione, abbondanza e struttura per età delle popolazioni, presenza dei giovani nati nell'anno 0+) delle specie più importanti ai fini conservazionistici;
- adottare misure di conservazione più restrittive nelle aree ad elevata vocazione naturalistica, come i Siti di Interesse Comunitario (SIC) e le Zone di Protezione Speciale (ZPS), dove l'esercizio della pesca deve conciliarsi anche con le esigenze di tutela e conservazione della fauna ittica;
- presentare, comunque, una classificazione delle acque completa e razionale, che evitasse un'eccessiva frammentazione dei singoli corsi d'acqua in categorie diverse;
- effettuare un cambiamento graduale e poco traumatico rispetto a quanto già esistente ed accettato dai pescatori sportivi.

Anche i risultati della classificazione delle acque sono stati trasferiti su di un supporto georeferenziato.

2.7 - Accrescimento

L'accrescimento è una delle caratteristiche più studiate nei pesci, poiché rappresenta un buon indicatore della salute sia dei singoli individui che delle intere popolazioni. L'analisi dell'accrescimento di una popolazione ittica risulta particolarmente importante, poiché fornisce una valutazione integrata delle condizioni ambientali ed endogene che agiscono sui pesci (Kocovsky e Carline, 2001); pertanto, l'individuazione di criteri standard

Valore Φ'	giudizio
$\Phi' < 2,45$	Accrescimento molto scarso
$2,45 < \Phi' < 2,51$	Accrescimento scarso
$2,51 < \Phi' < 2,60$	Accrescimento normale
$2,60 < \Phi' < 2,66$	Accrescimento buono
$\Phi' > 2,66$	Accrescimento ottimo

Tabella 2.8 - Classi di qualità dell'accrescimento della trota fario.

di riferimento permette di esprimere un giudizio obiettivo sulla qualità di un accrescimento e rappresenta un valido strumento per valutare la correttezza delle scelte intraprese da chi si occupa della gestione delle risorse ittiche (Pedicillo *et al.*, 2010).

Alcune Carte Ittiche Provinciali hanno esaminato in dettaglio l'accrescimento, mediante l'utilizzo dei modelli teorici di accrescimento in

lunghezza di Von Bertalanffy (1938); in questi casi all'analisi è stato aggiunto il calcolo del parametro Φ' (Pauly e Munro, 1984):

$$\Phi' = \log_{10} k + 2 \log_{10} L_{\infty}$$

Tale parametro mette in relazione k e L_{∞} dell'equazione di Von Bertalanffy ed è in grado di individuare le differenze nelle caratteristiche degli accrescimenti che si realizzano in ambienti diversi (Abella *et al.*, 1994), rendendo così possibile un confronto fra popolazioni di una stessa specie. Per poter dare anche un giudizio assoluto sulla qualità dell'accrescimento, è stata anche utilizzata la scala messa a punto da Pedicillo *et al.* (2010) utilizzando 122 popolazioni di trota fario dell'Italia centrale. I valori di riferimento di Φ' e i relativi giudizi sono riportati nella tabella 2.8.

Per la rappresentazione grafica delle curve di accrescimento delle principali specie ittiche di interesse alieutico è stato utilizzato uno sfondo in cui l'area racchiusa fra gli assi cartesiani è stata suddivisa in tre parti (nel grafico di colore diverso) indicanti la presenza di un accrescimento ottimo, di un accrescimento nella media e di un accrescimento scarso

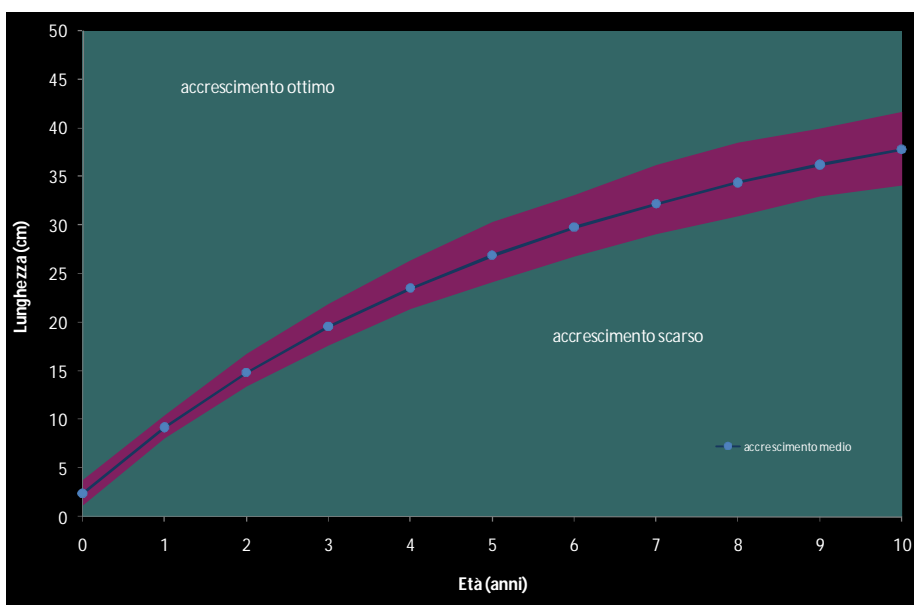


Figura 2.4 - Grafico dell'accrescimento con gli standard di confronto.

(Figura 2.4). Per ogni specie, tale suddivisione è stata effettuata utilizzando gli standard proposti da Pedicillo (2011) per le principali specie ittiche di interesse alieutico dell'Italia centrale.

2.8 - Metodologie statistiche.

Per alcuni parametri è stata riportata la statistica descrittiva del campione analizzato,

calcolandone la media, il valore massimo, il valore minimo, la mediana e la deviazione standard. Quando necessario la descrizione statistica dei dati è stata disaggregata in vario modo (per fase di campionamento, sottobacino, zona ittica, ecc...). Attraverso l'analisi del *t*-test sono state confrontate le medie di due gruppi di dati, mentre nel caso di gruppi più numerosi si è fatto ricorso all'analisi della varianza (Anova): ciò al fine di valutare la significatività statistica delle differenze osservate. Il livello soglia di significatività (α) è pari al 5% ($p = 0,05$), quindi le differenze risultano statisticamente significative e non casuali quando $p < 0,05$ ed altamente significative per $p < 0,01$ (Fowler e Cohen, 1993).

Per presentare in modo sintetico i risultati delle elaborazioni si è fatto spesso ricorso ai diagrammi Box and Whisker di Tukey, che offrono un'immediata rappresentazione delle distribuzioni statistiche e del loro grado di normalità. Tali grafici sono costituiti da un piccolo quadrato indicante la media aritmetica dei valori, una scatola (box), che rappresenta l'errore standard e due barre verticali all'esterno di essa (whisker), che raffigurano i limiti fiduciali al 95% della media; tali barre esprimono, cioè, i limiti entro i quali la media del campione è compresa nel 95% dei casi.

In alcuni casi si è fatto ricorso ad analisi statistiche più complesse quali:

- analisi delle componenti principali
- cluster analysis
- analisi delle corrispondenze canoniche.

Brevemente verranno descritte le principali caratteristiche di tali metodiche statistiche, mentre informazioni più dettagliate si potranno trovare nei paragrafi delle elaborazioni della Carta Ittica Regionale, in cui verranno illustrati i risultati relativi a ciascuna analisi.

2.7.1 Analisi delle componenti principali.

Per analizzare in modo sintetico le relazioni esistenti fra le caratteristiche ambientali tipiche dell'area indagata è stata utilizzata l'analisi delle componenti principali (PCA). Questo tipo di analisi permette di riassumere le informazioni di base, di solito contenute in una pluralità di parametri, in un numero ridotto di nuove variabili (componenti principali) estratte dall'analisi in modo da conservare quanto meglio le informazioni contenute nei dati originali. Mediante tale analisi è possibile ottenere una rappresentazione delle relazioni fra le variabili originali e fra queste ultime e le componenti principali estratte e ciò può rendere particolarmente efficace e sintetica la descrizione del campione.

Tutte le variabili (N) sono state trasformate ($\log_{10}(N + 1)$) per normalizzare la distribuzione (Brown e Austen, 1996) e standardizzate ad una media di 0 ed una deviazione standard di 1. La relazione esistente fra il primo asse dell'analisi delle componenti principali (PC1) ed alcuni parametri biologici è stata successivamente investigata mediante analisi della regressione.

2.7.2 Cluster analysis.

Lo scopo di questo tipo di analisi è quello di suddividere un campione in gruppi di casi omogenei. In questo caso, l'analisi ha permesso di evidenziare le relazioni esistenti tra le diverse specie ittiche. La matrice utilizzata è costituita dai dati di densità registrati in ogni stazione di campionamento per le specie ittiche rinvenute nel corso delle ricerche. L'analisi è stata effettuata applicando il metodo di agglomerazione del legame completo ad una matrice di dissimiglianza (1-r di Pearson).

2.7.3 Analisi delle corrispondenze canoniche: fauna ittica e variabili ambientali.

L'analisi delle corrispondenze canoniche (CCA) è stata utilizzata per mettere in relazione la composizione della fauna ittica alle variabili ambientali. La CCA è un metodo di analisi diretta dei gradienti ambientali sviluppato in modo specifico per analizzare le relazioni esistenti fra dati ecologici complessi e rappresentati da un numero molto elevato di variabili (ter Braak, 1986). Per testare la significatività degli assi di ordinamento è stato utilizzato il Monte Carlo test con 1000 permutazioni: un asse è stato considerato significativo dal punto di vista statistico se gli autovalori ottenuti dal set di dati permutati superano gli originali in non più di 50 casi ($\alpha = 0,05$). I dati utilizzati sono costituiti da variabili ambientali e dalle densità delle specie ittiche rilevate nel corso della ricerca. Anche in questo caso i dati sono stati normalizzati e standardizzati.