L'uso della macrofite come indicatori
Indice *Biologique Macrophyitique en Rivière* (IBMR)

Nei contesti lotici manca ad oggi un adeguato approfondimento conoscitivo a scala nazionale: a oggi non si è proceduto sistematicamente allo studio delle cenosi macrofitiche e, come premesso nel paragrafo metodologico, non si dispone di uno specifico indice italiano. L'emanazione della WFD ha stimolato e amplificato il numero di ricerche applicate di campo che sono state, nella maggior parte dei casi, condotte coerentemente alla norma EN 14184 (CEN, 2003) da cui è stato derivato il protocollo nazionale non ufficiale (APAT, 2007), da noi applicato. A livello comunitario sono stati, invece, elaborati numerosi indici ampiamente applicati anche alla realtà italiana; solo per citare i principali ricordiamo: il Macrophyte Index Scheme MIS (Caffrey, 1987), il Trophic Index (Newbold & Holmes, 1987), Plant Score (Harding, 1981), gli Indici GIS (Haury et al.,1996), il Nutrient Status Order color band (Haslam, 1997), il Mean Trophyc Rank (Newman et al., 1997), l'Indice Biologique Macrophyitique en Rivière IBMR (AFNOR, 2003) e ilTrophic Index Macrophyte TIM (Schneider & Melzer, 2004). Nella maggior parte dei casi tali indici sono costruiti su degli *score* specie-specifici, cioè si è proceduto alla definizione di una lista di taxa indicatori (a seconda degli indici, da 30-40 a 250) a ciascuno dei quali è associato un indice specifico Ci (*score*) di sensibilità o di tolleranza. Solamente in qualche caso è stato associato anche un coefficiente di stenoecia Ei (reliability). Peraltro, gran parte degli indici considerano anche il parametro abbondanza (della comunità e dei principali taxa indicatori) attraverso l'attribuzione di coefficiente di copertura (Ki) alle specie presenti nelle stazioni di monitoraggio (Minciardi et al., 2010a).
Nel contesto europeo, l'IBMR è tra le poche metodologie pienamente indirizzate alla caratterizzazione delle cenosi macrofitiche in senso ecologico e, quindi, non esclusivamente in ottica di stato trofico. Sulla base di questa riflessione, in accordo a quanto avanzato da Minciardi et al. (2010a) riteniamo che, tra gli Indici macrofitici sperimentati, proprio l'IBMR ovvero l'Indice Macrofitico adottato in Francia, sia applicabile in tutto il territorio italiano avendo già dimostrata una sua buona applicabilità (Gerbaz et al, 2005; Minciardi et al., 2005; Morgana et al; 2005; ARPAV, 2008; ARPA Sicilia, 2008; Mezzotero et al., 2009; Minciardi et al., 2010b) .

La metodologia dell'IBMR si basa sull'analisi della comunità delle macrofite acquatiche utilizzando una lista di taxa indicatori per i quali è stata valutata, in campo, la sensibilità, in primo luogo, nei confronti delle concentrazioni di azoto ammoniacale e ortofosfati. A ciascuna specie corrisponde un valore indicatore (che varia da 0 a 20) di sensibilità vs. lo stato trofico. La raccolta dei dati di campo è del tutto analoga a quanto previsto dal protocollo APAT (2007). I dati di copertura reali vanno, però, tradotti in corrispondenti coefficienti di copertura *sensu* IBMR mediante una semplice conversione così come riportato in tabella 3.16. Alle specie sporadiche (copertura-abbondanza = +) si dovrà associare il coefficiente di copertura 1.

Tabella 3.16. tabella di conversione dei coefficienti di copertura-abbondanza.

copertura reale	coefficienti di copertura	significato secondo IBMR
<0,1	1	Solo presenza
0,1 ≤ cop < 1	2	Copertura scarsa
1 ≤ cop < 10	3	Copertura discreta
10 ≤ cop < 50	4	Copertura buona
cop ≥ 50	5	Copertura alta

Il calcolo dell'IBMR per la stazione di rilevamento si effettua attraverso la formula

$$IBMR = \sum_{i}^{n} [E_i K_i C_i] / \sum_{i}^{n} [E_i K_i]$$

dove :

E_i = coefficiente di stenoecia; K_i= coefficiente di copertura; C_i= coefficiente di sensibilità; n = numero dei taxa indicatori

Nel complesso, sono stati identificati i valori di E e C per complessivi 210 taxa (2 funghi, 44 macroalghe, 2 licheni, 15 epatiche, 37 muschi, 3 felci e 107 spermatofite). Sulla base dei risultati ottenuti la stazione monitorata è classificabile in cinque classi di **trofia** come riportato in tabella 3.17.

Tabella 3.17. tabella di conversione dei coefficienti di copertura-abbondanza.

Valore IBMR	Livello trofico	Gradazione cromatica
IBMR ≥ 14	Molto lieve	blu
12 ≤ IBMR < 14	Lieve	verde
10 ≤ IBMR < 12	Medio	giallo
8 ≤ cop < 10	Elevato	arancione
IBMR ≤ 8	Molto elevato	rosso

Rispetto alla componente floristica dell'Oglio sublacuale, non è stato possibile associare un data valore di Ei e Ci a 14 differenti entità (dieci spermatofite: *Carex elata* subsp. *elata*, *Equisetum ramosissimum*, *Lindernia palustris*, *L. dubia*, *Ludwigia hexapetala* e *Lythrum salicaria, Paspalum distichum*, *Phalaris arundinacea* subsp. *arundinacea*, *Potamogeton pusillus* e *Valeriana officinalis*; e tre forme macroalgali: *Oedocladium* sp., *Phitophora* sp., e *Tetrasporidium* sp.) che, nel complesso, sono comunque forme estremamente sporadiche (sia in termini di rappresentatività lungo il fiume Oglio, sia per quanto riguarda le % di copertura abbondanza; cfr. Tabella I in Appendice). Non averle considerate nel calcolo dell'indice non inficia, quindi, il valore e la rappresentatività dell'indicatore stesso.

Nel complesso, l'IBMR raffigura un corso d'acqua profondamente manomesso (livello trofico di classe media: di poco inferiore a 9 per i primi due anni e pari a 7.9 per il 2011 – in altre parole il fiume tende ad essere classificato in un livello trofico "elevato" o "molto elevato") senza evidenziare gradienti significativi di qualità tra stazioni o settori di corso d'acqua (tabella 3.18). Nel corso dei tre anni si osserva un progressivo peggioramento dell'IBMR e del livello trofico corrispondente, in particolare per quanto riguarda il settore propriamente potamale del fiume (delimitato tra le progressive chilometriche 214 - 256) per il quale, con ogni probabilità, la metodica applicata non è in grado di rilevare adeguatamente il livello di alterazione del sistema fluviale. I valori misurati anche se sono ripartiti in tre distinte classi di valore trofico (molto elevato, elevato e medio – quest'ultima classe non rilevata nella stagione 2011) sono tutti molto prossimi; in particolate i valori peggiori sono di poco inferiori al limite di classe (IBMR = 8), condizione rilevata nelle prime due stagioni vegetative in analisi; nel corso dell'estate 2011, invece, ben 5 stazioni (3, 16, 68, 77 e 80) hanno presentato valori inferiori al 7. Quanto alle migliori *performance*, nel corso dei primi 2 anni si sono registrati valori di poco superiori al valore 10 (stazioni 6, 31, 39 e 59), mentre nel 2011 i valori massimi si sono fermati alla soglia del 9.9 (stazioni 47 e 59). In generale, comunque, l'IBMR riconosce tra i siti a minor qualità (classe con livello trofico molto elevato) i principali tratti bacinizzati del fiume (1, 4, 7 e 14) e il settore propriamente potamale, indicando il ruolo non trascurabile dell'interruzione della continuità idromorfologica nel modulare l'affermazione e lo sviluppo delle cenosi macrofitiche che tendono ad allontanarsi significativamente da quanto atteso in base ai paradigmi dell'ecologia fluviale [dal *River Continuum concept* (RCC) al *flood pulse concept* (FPC)]. Quanto alla determinazione dell'EQR (il rapporto tra il valore di IBMR e il valore di riferimento per il fiume Oglio sub-lacuale), nel complesso il sistema si presenta in uno stato "sufficiente" (con numerosi tratti classificati "buoni" o "eccellenti"); nei tre anni si è osservata una progressiva riduzione della rappresentatività delle classi migliori anche se il sistema fluviale non si colloca mai in uno stato inferiore al "sufficiente" (mai al di sotto del 60% del valore di riferimento).

Tabella 3.18. IBMR e livello trofico corrispondente.

		2009				2010				2011			
Stazioni	**Prog. km**	**IBMR**	**EQR**		livello trofico	**IBMR**	**EQR**		Livello trofico	**IBMR**	**EQR**		livello trofico
1	112	***7.7***	0.74	Sufficiente	molto elevato	***7.8***	0.74	Sufficiente	Molto elevato	***7.2***	0.68	Sufficiente	molto elevato
3	113	***8.1***	0.77	Sufficiente	elevato	***8.0***	0.76	Sufficiente	elevato	***6.9***	0.66	Sufficiente	elevato
4	114.2	***7.1***	0.68	Sufficiente	molto elevato	***6.9***	0.66	Sufficiente	Molto elevato	***7.1***	0.68	Sufficiente	molto elevato
6	114	***9.4***	0.90	Buono	elevato	***10.0***	0.95	Eccellente	elevato	***8.4***	0.80	Buono	elevato
7	115	***7.9***	0.75	Sufficiente	molto elevato	***7.9***	0.75	Sufficiente	Molto elevato	***7.8***	0.75	Sufficiente	molto elevato
8	116	***9.1***	0.87	Buono	elevato	***9.1***	0.87	Buono	elevato	***8.9***	0.85	Buono	elevato
11	119.5	***8.4***	0.80	Sufficiente	elevato	***8.5***	0.81	Buono	elevato	***7.8***	0.75	Sufficiente	molto elevato
14	121.5	***7.6***	0.73	Sufficiente	molto elevato	***7.6***	0.73	Sufficiente	Molto elevato	***7.5***	0.72	Sufficiente	molto elevato
15	124	***9.2***	0.88	Buono	elevato	***8.0***	0.76	Sufficiente	Molto elevato	***8.1***	0.77	Sufficiente	elevato
16	124.4	***8.1***	0.77	Sufficiente	elevato	***8.1***	0.77	Sufficiente	elevato	***6.7***	0.64	Sufficiente	molto elevato
21	126.9	***8.8***	0.83	Buono	elevato	***8.6***	0.82	Buono	elevato	***8.3***	0.79	Sufficiente	elevato
24	130	***8.0***	0.76	Sufficiente	molto elevato	***8.0***	0.76	Sufficiente	Molto elevato	***7.0***	0.67	Sufficiente	molto elevato
25	131.5	***8.1***	0.77	Sufficiente	elevato	***8.1***	0.77	Sufficiente	elevato	***7.3***	0.70	Sufficiente	molto elevato
26	133	***9.3***	0.88	Buono	elevato	***9.3***	0.88	Buono	elevato	***9.5***	0.90	Eccellente	elevato
27	137	***9.1***	0.87	Buono	elevato	***9.3***	0.88	Buono	elevato	***9.0***	0.86	Buono	elevato
31	143	***10.9***	1.04	Eccellente	medio	***10.4***	0.99	Eccellente	medio	***8.9***	0.85	Buono	elevato
32	143.5	***8.1***	0.78	Sufficiente	elevato	***8.8***	0.84	Buono	elevato	***7.5***	0.72	Sufficiente	molto elevato
35	147.5	***8.7***	0.82	Buono	elevato	***9.0***	0.86	Buono	elevato	***9.2***	0.88	Buono	elevato
36	148	***9.7***	0.93	Eccellente	elevato	***9.8***	0.93	Eccellente	elevato	***8.8***	0.84	Buono	elevato
39	154.5	***10.3***	0.98	Eccellente	medio	***10.2***	0.97	Eccellente	medio	***7.7***	0.73	Sufficiente	molto elevato
42	162	***8.7***	0.83	Buono	elevato	***8.9***	0.85	Buono		***9.1***	0.87	Buono	elevato
47	180	***9.6***	0.92	Eccellente	elevato	***7.8***	0.75	Sufficiente	Molto elevato	***9.9***	0.94	Eccellente	elevato
59	196	***10.5***	1.00	Eccellente	medio	***10.5***	1.00	Eccellente	medio	***9.9***	0.94	Eccellente	elevato
62	214	***8.0***	0.76	Sufficiente	elevato	***8.0***	0.76	Sufficiente	elevato	***7.0***	0.67	Sufficiente	molto elevato
63	218	***9.0***	0.86	Buono	elevato	***9.2***	0.87	Buono	elevato	***7.5***	0.71	Sufficiente	molto elevato
68	223	***8.3***	0.79	Sufficiente	elevato	***8.3***	0.79	Sufficiente	elevato	***6.4***	0.61	Sufficiente	molto elevato
73	226	***8.8***	0.83	Buono	elevato	***8.8***	0.83	Buono	elevato	***8.0***	0.77	Sufficiente	elevato
77	234	***8.6***	0.82	Buono	elevato	***8.6***	0.82	Buono	elevato	***6.7***	0.64	Sufficiente	molto elevato
78	247	***8.6***	0.82	Buono	elevato	***8.6***	0.82	Buono	elevato	***7.2***	0.68	Sufficiente	molto elevato
80	256	***8.5***	0.81	Buono	elevato	***8.3***	0.79	Sufficiente	elevato	***6.4***	0.61	Sufficiente	molto elevato

3.4. Azione 3 - Monitoraggio DIATOMEE

L'elenco dei taxa rinvenuti, gli inventari (abbondanze relative su un totale di 400 individui identificati), gli indici diatomici e di diversità calcolati per ciascun punto per la campagna n°5/2010, n°6/2010 e n°9/2011, sono riportati in Allegato II.

CAMPAGNA DI MISURA ESTIVA (N°5)

Analisi della comunità diatomica nei tratti a monte e a valle delle centrali idroelettriche

La diversità delle comunità diatomiche nei campioni della campagna estiva (n°5/2010) è particolarmente elevata in tutti i siti campionati, in particolare nella stazione a monte della centrale ENEL Tagliuno (sito 7). Nel confronto tra siti a monte e a valle delle centrali, si evidenzia una leggera perdita di biodiversità nei tratti subito a valle, anche se i valori dell'Indice di Shannon rimangono elevati (tabella 3.19., figura 3.55).

Tabella 3.19. Indice di Shannon per le stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e per le stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna estiva n°5.

	n° generi*	n° specie*	Indice di Shannon	evenness
7	26	54	4,89	0,85
8	19	37	4,42	0,85
24	23	43	4,2	0,77
26	18	37	3,83	0,74

* su 400 individui identificati

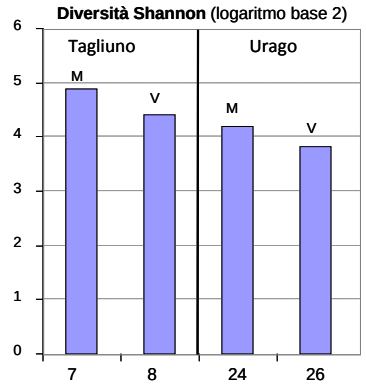

Figura 3.55. Indice di Shannon per le stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e per le stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna estiva n°5.

In generale, tutte le comunità diatomiche analizzate sembrano strutturalmente mature, con una buona percentuale di taxa pionieri (prostrati ed adnati) e colonizzatori secondari (peduncolati e filamentosi). L'elevata percentuale di taxa coloniali e planctonici (*Cyclotella comensis, Fragilaria crotonensis, Staurosira venter, Staurosirella pinnata,*) nei siti 7 e 8 è indicatore di un flusso prevalentemente lentico. Il valore leggermente più basso dell'indice di biodiversità di Shannon e l'aumento in percentuale di *Achnanthidium minutissimum* e *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (taxa prostrati e pionieri) nel sito 26 potrebbe essere sintomo di un lieve disturbo di tipo fisico (per esempio variazioni di portata) (figure 3.56 e 3.57).

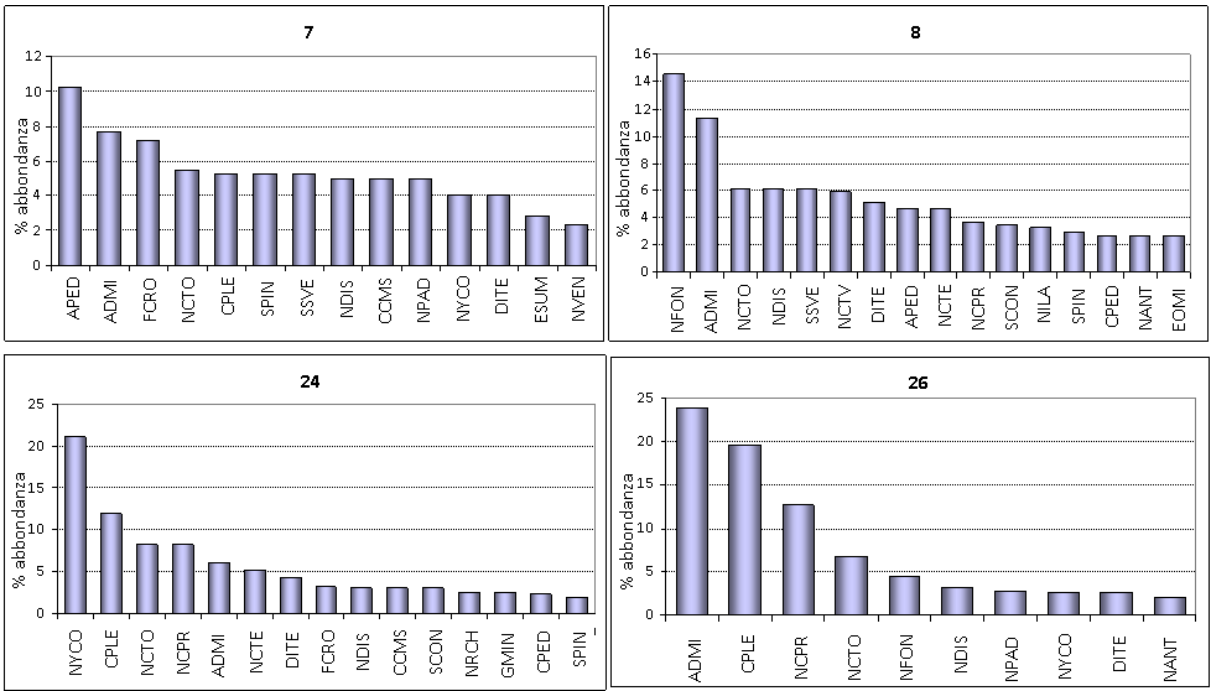

Figura 3.56. Percentuali di abbondanza dei taxa rinvenuti nelle stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e nelle stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna estiva n°5.

Dal punto di vista qualitativo, tutte e 4 le stazioni risultano in seconda classe di qualità (ambiente mesotrofico) per gli indici IPS e IBD (figura 3.57).

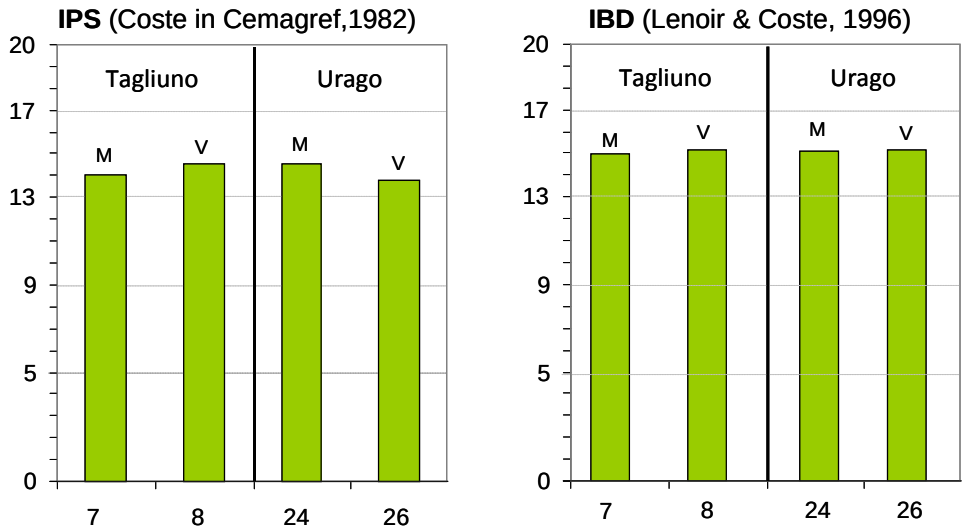

Figura 3.57. Indici IPS e IBD per le stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a Monte (tratto bacinizzato) e a Valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e nelle stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a Monte (tratto bacinizzato) e a Valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna estiva n°5.

Più severi sono invece i giudizi espressi dall'indice TID che classifica il sito 7 in classe di qualità VII (ovvero ambiente eu-politrofico; P tot medio >0.1 mg/l) mentre i siti 8, 24 e 26 in VI classe (ovvero am-

biente eutrofico; P tot medio 0.03-0.1 mg/l). L'indice TI è stato elaborato per valutare lo stato trofico di corsi d'acqua alpini a quote elevate; riesce per cui a discriminare meglio di tutti gli altri indici lievi variazioni di trofia in ambienti ultra-oligotrofici. Al contrario, in corsi d'acqua planiziali tende ad esprimere giudizi di qualità piuttosto severi. La percentuale di taxa tolleranti l'inquinamento (%PTV) è piuttosto consistente (ca. 20%) ma in linea con la tipologia di comunità analizzata e l'ambiente mesotrofico.

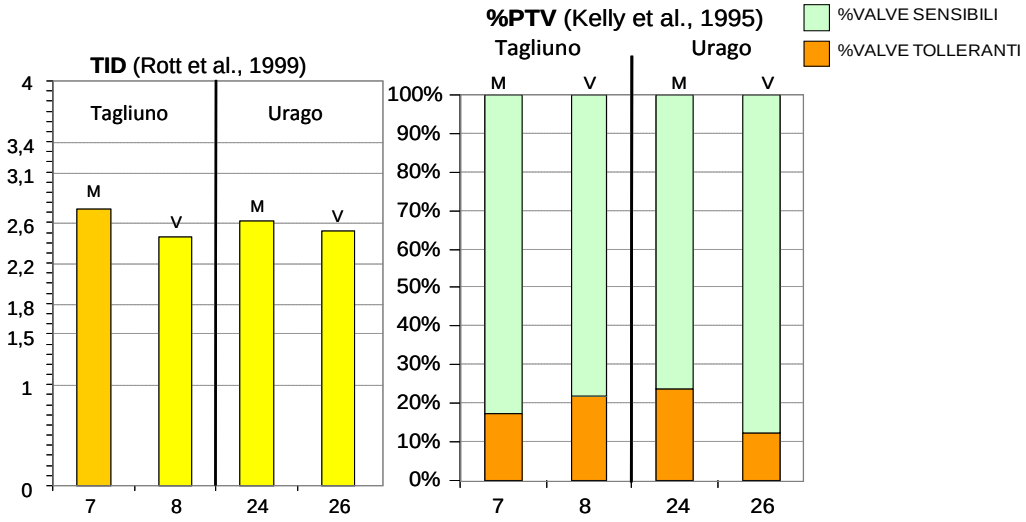

Figura 3.58. Indici TID e %PTV per le stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a Monte (tratto bacinizzato) e a Valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e nelle stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a Monte (tratto bacinizzato) e a Valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna estiva n°5.

Analisi della comunità diatomica nelle stazioni di campionamento Arpa

Esiste una netta differenza tra l'indice di diversità di Shannon e il numero di specie nel sito 44 rispetto ai siti più a valle. Pur presentando un numero di specie elevato e una buona ripartizione, il sito 44 ha una biodiversità più bassa degli altri.

Tabella 3.20. Indice di Shannon per le stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Castelvisconti, Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna estiva n°5).

	n° generi*	n° specie*	Indice di Shannon	evenness
44	13	32	3,05	0,61
53	27	54	4,92	0,85
59	22	48	4,47	0,8
63	27	49	4,61	0,82
80	21	43	3,62	0,67
	* su 400 individui identificati			

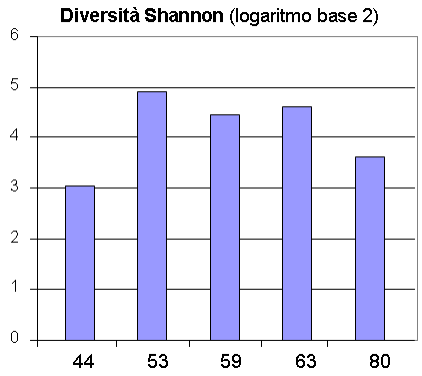

Figura 3.59. Indice di Shannon per le stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Castelvisconti, Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna estiva n°5).

In particolare, la comunità del sito 44 è composta per il 45% da *Achnanthidium minutissimum*, una specie pioniera, colonizzatrice primaria, in grado di tollerare stress ambientali di tipo fisico (come variazioni della portata, banalizzazione del substrato fluviale e opere in alveo in generale). *A. minutissimum* è considerata una specie cosmopolita ed è ampiamente diffusa in qualsiasi tipo ambiente, dall'oligo al mesotrofico, non è però in grado di tollerare elevati livelli di eutrofizzazione (eu, poli e ipertrofico), per questo motivo la maggior parte degli indici diatomici la considerano una specie sensibile, seppur con un grado di affidabilità ecologica (in termini di bioindicatore ambientale) solo sufficiente, data la sua ampia diffusione. La comunità cambia nelle stazioni più a valle. La biodiversità e la ricchezza specifica aumentano nettamente, per raggiungere un picco nel sito 53. Tutte e 4 le stazioni sono costituite da una comunità matura in buona parte composta da colonizzatori secondari e mobili (specie appartenenti al genere Navicula e Nitzschia). La quasi totale assenza di specie appartenenti al genere Achnanthidium indica un netto abbassamento della qualità fluviale. In generale le specie dominanti sono α-mesosaprobie oligoalobie tolleranti caratteristiche di ambienti mesotrofici (es. *Eolimna minima* e *Nitzschia palea*) e β-mesosaprobie, generalmente alofile (es. *Nitzschia sociabilis*) (Dell'Uomo, 2004). Il progressivo aumento della conducibilità e la diminuzione della velocità della corrente procedendo verso valle, è segnato da un aumento percentuale di taxa planctonici e alofili (es. *Cyclotella atomus* e *C. meneghiniana*) nella stazione 80.

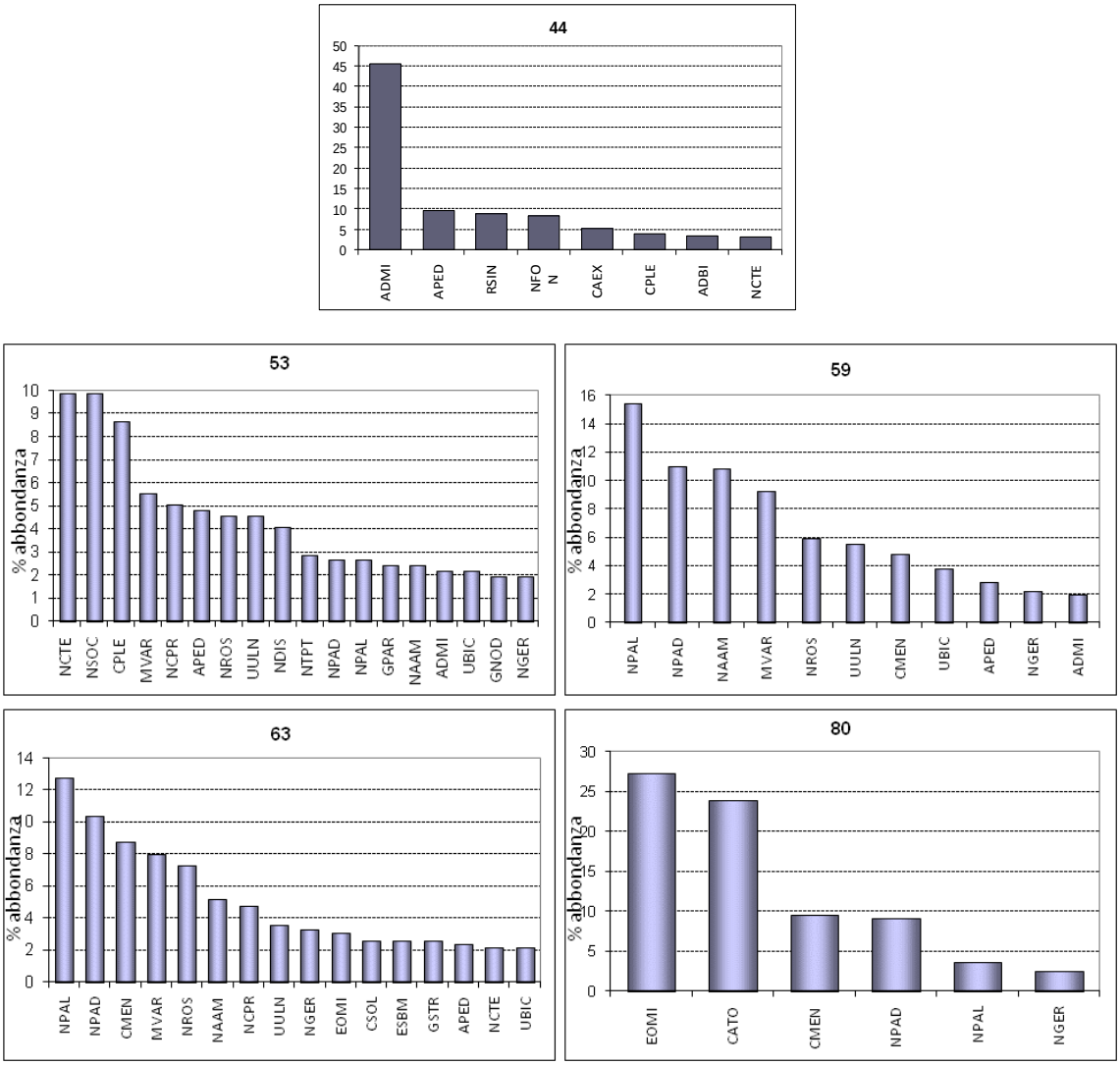

Figura 3.60. Percentuali di abbondanza dei taxa rinvenuti nelle stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Castelvisconti, Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna estiva n°5).

Dal punto di vista qualitativo si nota anche in questo caso una netta differenza tra il sito 44 e le stazioni a valle. Questo è in linea con le concentrazioni di nutrienti rilevate nella colonna d'acqua, in particolare il fosforo, leggermente meno elevate in 44 rispetto agli altri siti.

L'IPS tende in questo caso ad esprimere giudizi più severi rispetto all'IBD. Questo è principalmente dovuto ai valori di sensibilità ed affidabilità assegnati a una delle specie più abbondanti nei campioni: *Nitzschia palea.* La consistente presenza di questa specie nei campioni analizzati incide molto negativamente sul valore finale dell'IPS, che la considera un indicatore molto affidabile di una condizione ambientale compromessa. L'indice IBD, al contrario, giudica la specie un sufficiente indicatore (dunque con un peso minore nel calcolo dell'indice) di ambienti meso-eutrofici, assegnandole un range ecologico più ampio. L'IBD, inoltre, tende a sovrastimare la sensibilità ed affidabilità ecologica di *Achnanthidium minutissimum*, la presenza di questa specie nel campione 44 fa si che il giudizio di qualità ambientale per questo sito sia ottimo.

Sulla base della nostra esperienza, crediamo che in questo caso il giudizio finale espresso dall'IPS possa essere considerato più attendibile rispetto a quello dell'IBD.

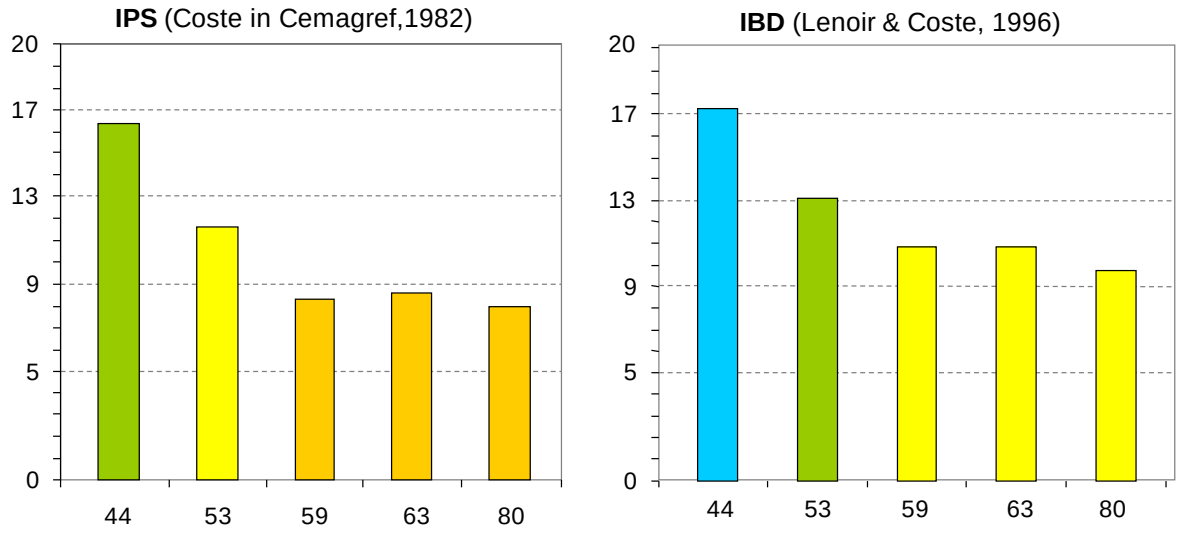

Figura 3.61. Indici IPS e IBD per le stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Castelvisconti, Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna estiva n°5).

I giudizi espressi dall'indice IPS sono invece concordi con quelli del TID. Anche la percentuale di valve tolleranti l'inquinamento aumenta progressivamente procedendo verso valle e raggiunge il 46% nel sito 80.

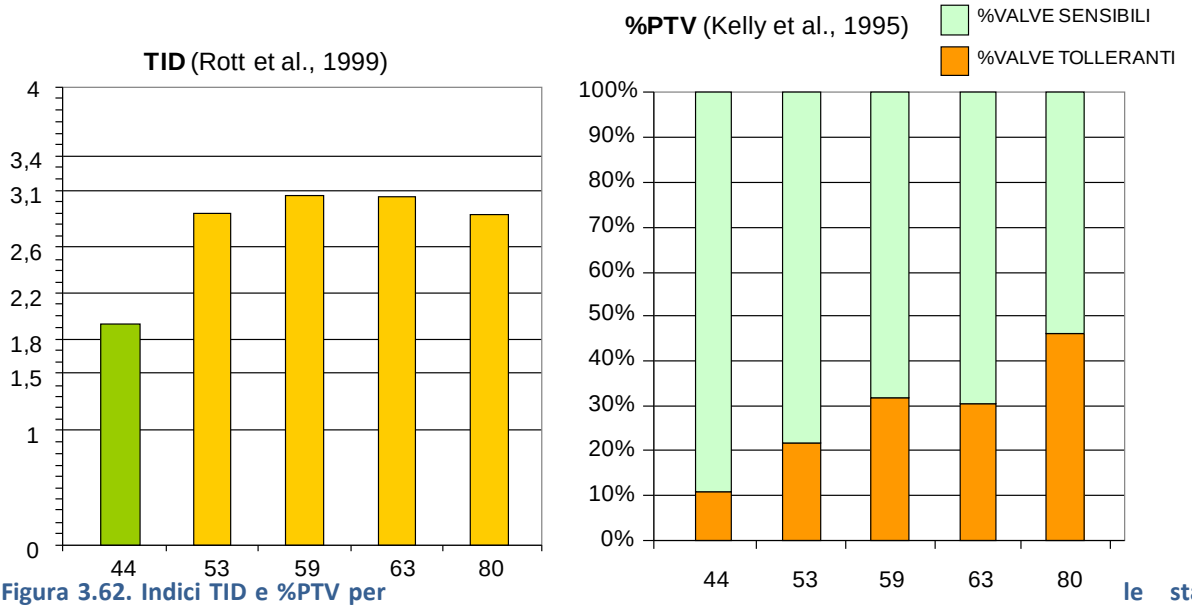

Figura 3.62. Indici TID e %PTV per le stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Castelvisconti, Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna estiva n°5).

CAMPAGNA di misura autunnale (n°6)

Analisi della comunità diatomica nei tratti a monte e a valle delle centrali idroelettriche

Gli indici di diversità di Shannon sono particolarmente elevati, soprattutto quelli per le stazioni a monte e a valle della centrale ENEL Tagliuno. Non si registrano significative variazioni in termini di biodiversità tra i siti a monte e quelli a valle delle centrali (tabella 3.21 e figura 3.63).

Tabella 3.21. Indice di Shannon per le stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e per le stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna autunnale n°6.

	n° generi*	n° specie*	Indice di Shannon	evenness
7	17	41	4,35	0,81
8	27	48	4,39	0,79
24	21	37	3,83	0,74
26	15	29	3,86	0,79

* su 400 individui identificati

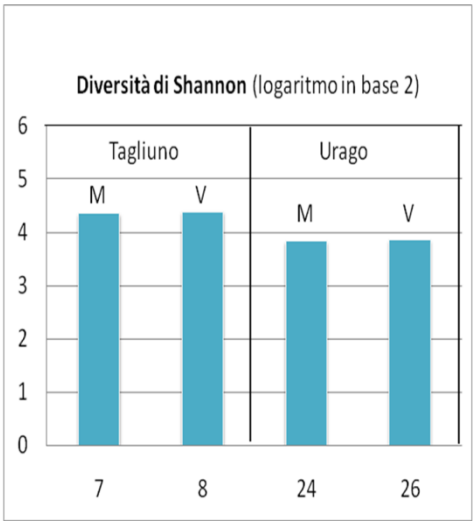

Figura 3.63. Indice di Shannon per le stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e per le stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna autunnale n°6.

Le comunità analizzate presentano una composizione in specie abbastanza simile: i taxa più frequentemente rinvenuti e più abbondanti sono *Amphora pediculus, Diatoma tenuis e Nitzschia dissipata. A. pediculus* è una diatomea alcalofila (principalmente rinvenuta in corsi d'acqua con pH>7), potenzialmente aerofila, perciò in grado di tollerare brevi periodi di siccità. In generale è una specie mediamente tollerante, caratteristica di ambienti mesotrofici; il suo valore di affidabilità ecologica, in termini di bioindicatore ambientale, è solo sufficiente a causa della sua ampia distribuzione. E' presente con abbondanze consistenti in tutti i siti tranne che in 24 (sito monte di Urago). *Diatoma tenuis* è una specie sia planctonica che bentonica, alcalofila, di acque con contenuto elettrolitico medio-alto e di mediocre qualità. E' in grado di crescere anche in condizioni di ossigenazione moderate (comunque

>50%). *Nitzschia dissipata* è una specie tollerante moderati carichi di nutrienti e in grado di resistere anche a contaminazione da parte di erbicidi o metalli pesanti.

Le comunità prese in esame sono comunque ben strutturate e mature, non sembrano esserci taxa che denotino uno stress di tipo fisico nei siti a valle delle opere di sbarramento.

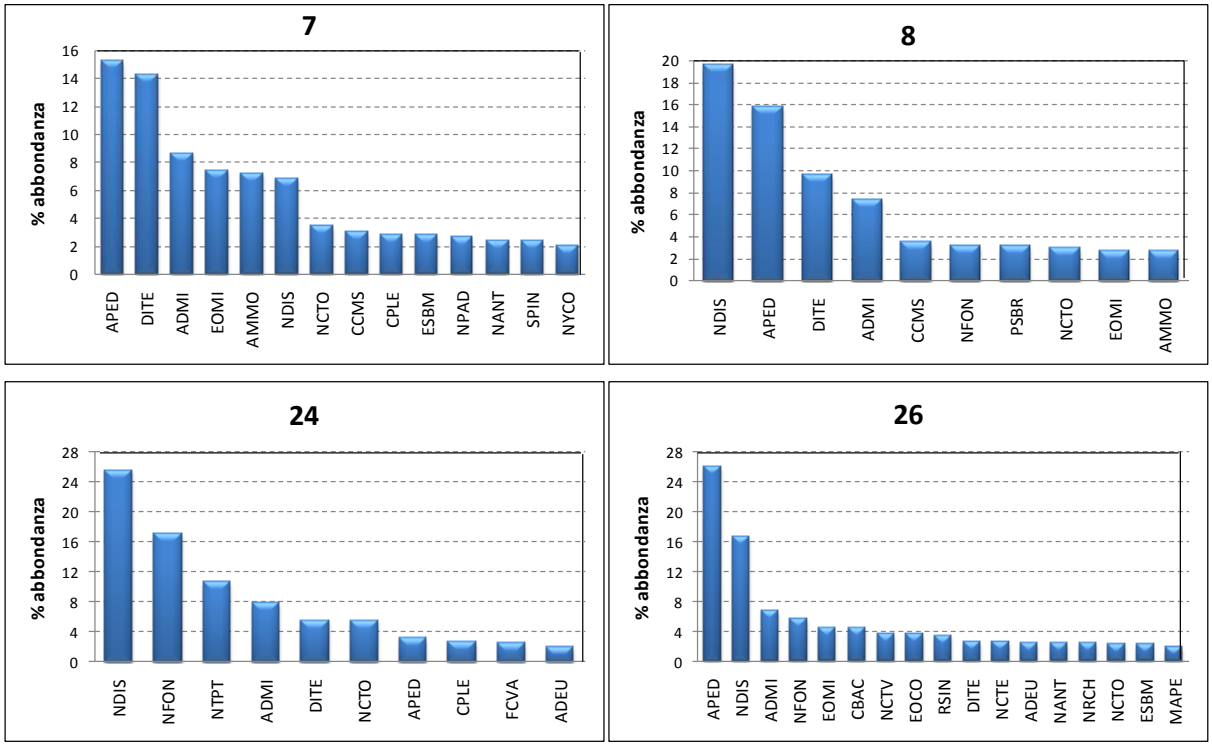

Figura 3.64. Percentuali di abbondanza dei taxa rinvenuti nelle stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e nelle stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna autunnale n°6.

Entrambi gli indici denotano una buona qualità dei corsi d'acqua dal punto di vista del carico organico. Si evidenzia addirittura un lieve aumento del valore di IPS e IBD nelle stazioni a valle, soprattutto sul Tagliuno. Questo è probabilmente dovuto a un consistente aumento di *N. dissipata* che, pur essendo una specie β-mesosaproba come *A. pediculus* ha una valenza ecologica molto più alta rafforzando il risultato finale dell'indice in seconda classe di qualità.

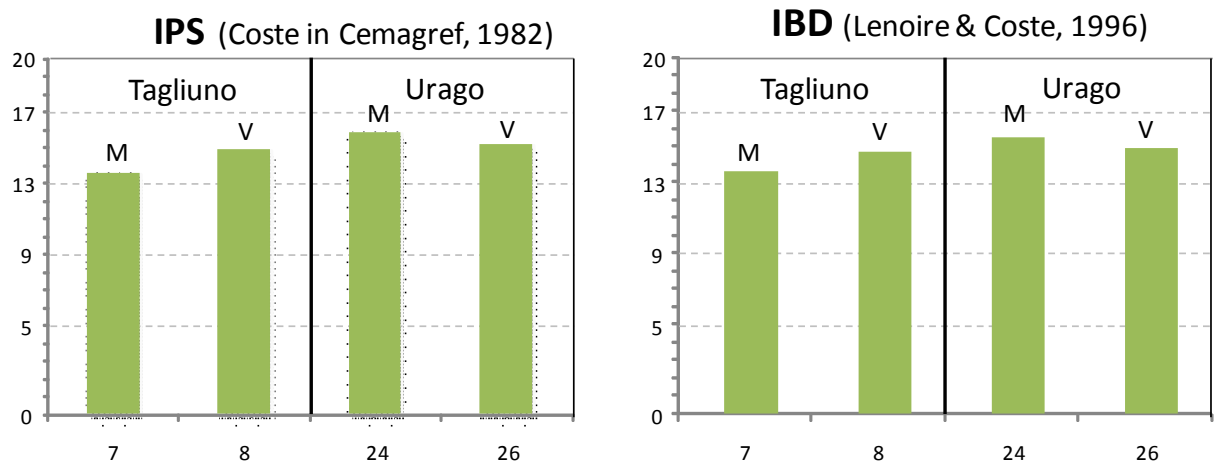

Figura 3.65. Indici IPS e IBD per le stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a Monte (tratto bacinizzato) e a Valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e nelle stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a Monte (tratto bacinizzato) e a Valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna autunnale n°6.

Come sempre più severo è l'indice trofico di Rott che classifica tutti e 4 i siti in 7° classe di qualità, ovvero eu-politrofico con P totale medio >0.1 mg/l. Un lieve miglioramento nelle due stazioni a valle è confermato da una percentuale più bassa di taxa tolleranti, soprattutto in 8.

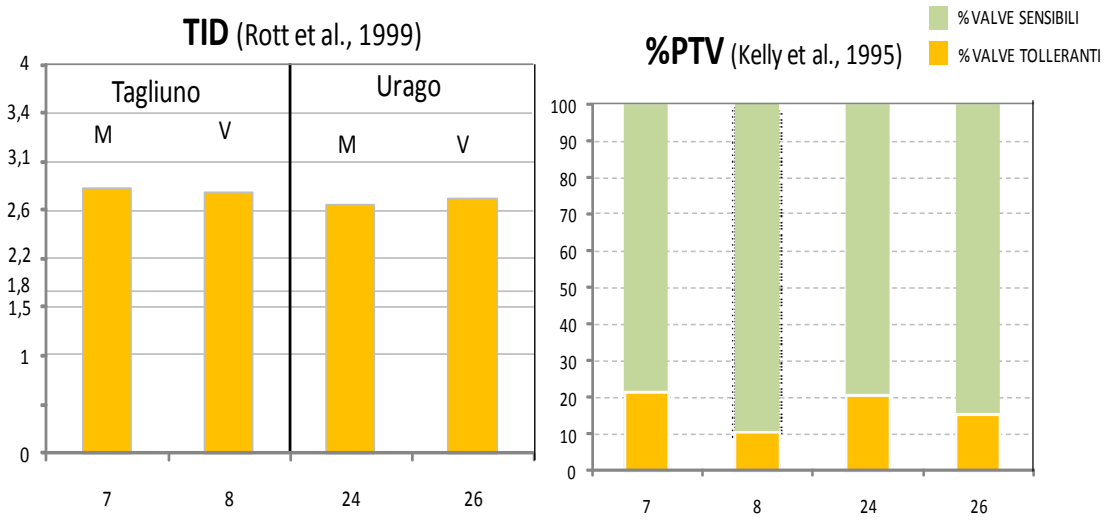

Figura 3.66. Indici TID e %PTV per le stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a Monte (tratto bacinizzato) e a Valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e nelle stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a Monte (tratto bacinizzato) e a Valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna autunnale n°6.

Analisi della comunità diatomica nelle stazioni di campionamento Arpa

La biodiversità e il numero di specie all'interno dei 4 campioni è sorprendentemente alta. Nonostante questo, la densità in termini di individui all'interno dei vetrini è piuttosto bassa, soprattutto nei siti 53, 59 e 80 in cui la quantità di detrito è elevata. In tutti i campioni, comunque, è stato possibile identificare un numero sufficiente di individui per il calcolo degli indici.

Tabella 3.22. Indice di Shannon per le stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna autunnale n°6).

	n° generi*	n° specie*	Indice di Shannon	evenness
53	26	57	4,66	0,8
59	33	75	5,41	0,87
63	32	65	5,25	0,87
80	29	60	4,82	0,82
* su 400 individui identificati				

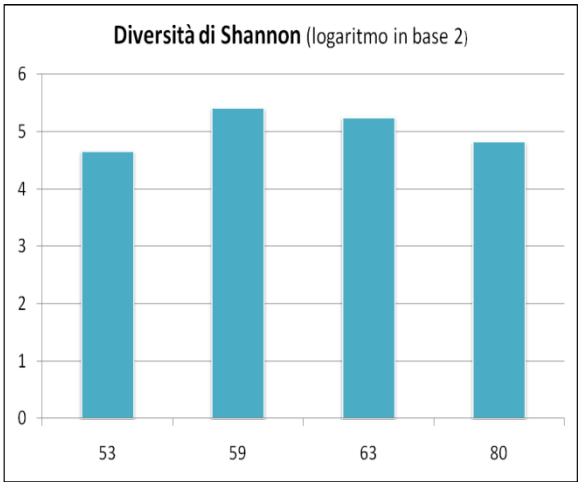

Figura 3.67. Indice di Shannon per le stazioni fluviali 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna autunnale n°6).

Le comunità sono mature e ben diversificate, composte da taxa prostrati ed adnati (*Achnanthidium*), eretti (*Gomphonema*), mobili (*Nitzschia* e *Navicula*) e planctonici formanti o meno colonie (*Cyclotella* e *Staurosirella*). In generale le specie dominanti nei campioni sono *Amphora montana, Diatoma tenuis* e *Achnanthidium minutissimum*. *A. montana* è una specie β-mesosaproba in grado di tollerare brevi periodi di siccità. Da segnalare la presenza di *Eolimna comperei*, descritta recentemente come specie esotica a carattere invasivo. Ad oggi, in Italia, è stata rinvenuta solo in Piemonte nel fiume Bormida di Millesimo, mentre in Europa è stata segnalata in Spagna e in Francia, spesso con un'abbondanza relativa elevata (40-50% sull'intero campione) (Ector & Coste, 2000).

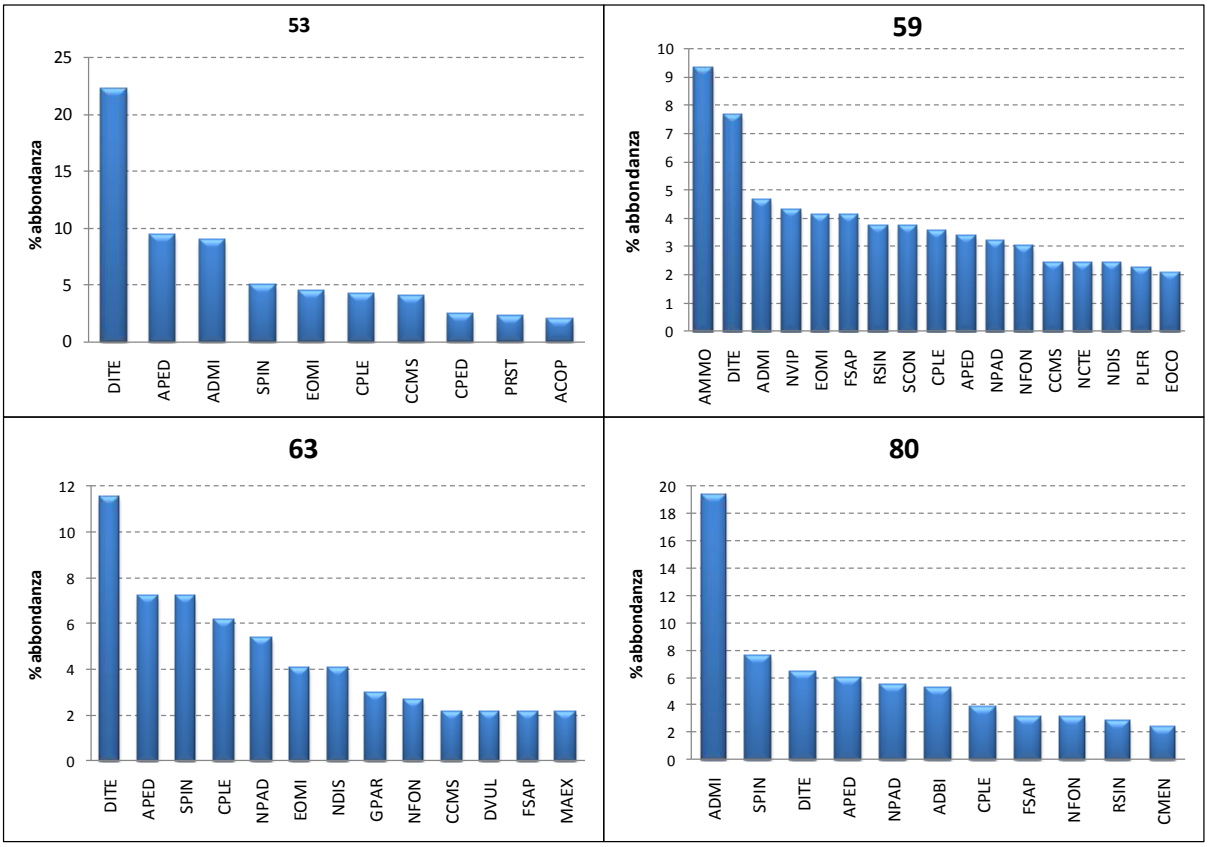

Figura 3.68. Percentuali di abbondanza dei taxa rinvenuti nelle stazioni fluviali 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna autunnale n°6).

Nonostante i siti campionati ricadano tutti in seconda classe di qualità (vedi IBD), è da notare che il valore effettivo ottenuto dal calcolo è al limite con la terza classe, ovvero ambiente eutrofico. Questo è dovuto alla presenza, in alcuni casi anche consistente, di specie α-mesosaprobe come *Eolimna minima* e *Fistulifera saprophila.*

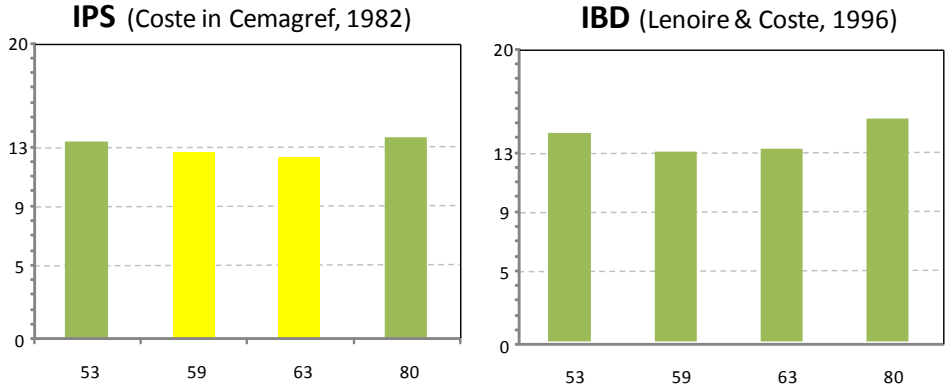

Figura 3.69. Indici IPS e IBD per le stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Castelvisconti, Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna autunnale n°6).

Il TID definisce i siti di campionamento 59 e 63 eu-politrofici, in 7° classe di qualità. Il sito 53 è da considerarsi in una classe di qualità leggermente superiore (eutrofico) ma il valore dell'indice coincide con la soglia che delimita la 6° e la 7° classe. Il sito 80 ricade invece pienamente in 6° classe di qualità, ovvero caratterizzata da una concentrazione media di P totale compresa tra 0.03-0.1 mg/l. La percen-

tuale di valve tolleranti rientra nella norma, fa eccezione il sito 63 in cui si registra un lieve inquinamento organico.

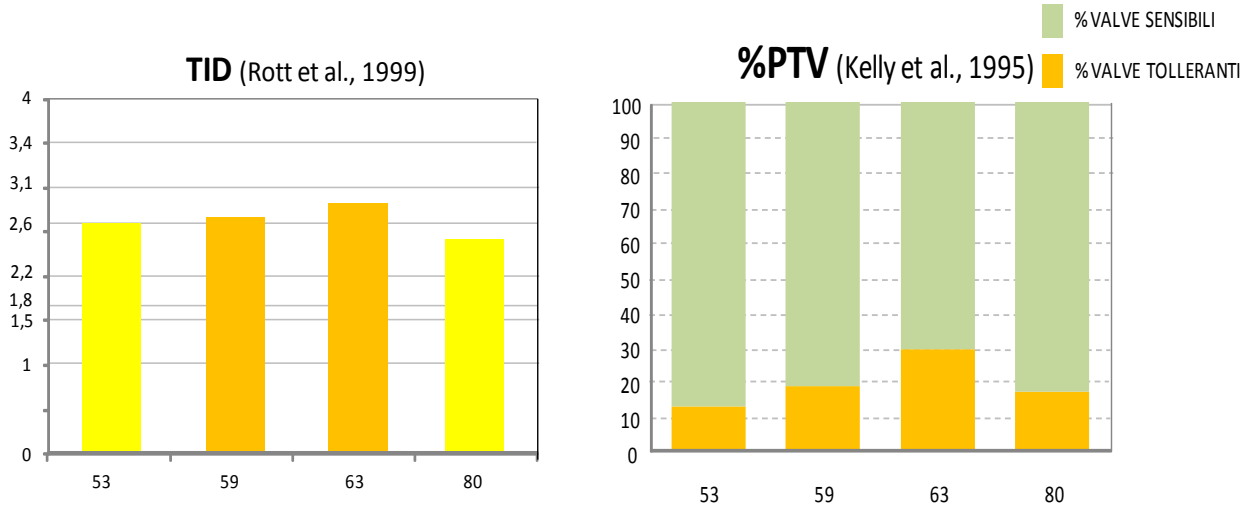

Figura 3.70. Indici TID e %PTV per le stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Castelvisconti, Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna autunnale n°6).

CAMPAGNA DI MISURA ESTIVA (N°9)

Analisi della comunità diatomica nei tratti a monte e a valle delle centrali idroelettriche

In generale, la biodiversità delle comunità analizzate è molto alta. Non si osserva alcuna rilevante perdita di biodiversità sul fiume a Tagliuno, nelle stazioni a valle della centrale ENEL. Al contrario, si registra un lieve calo del numero di generi, specie e indice di Shannon, nel fiume a Urago, subito a valle della centrale elettrica.

	n° generi*	n° specie*	Indice di Shannon	evenness
7	21	50	4,61	0,82
8	25	44	4,57	0,84
24	21	40	4,52	0,85
26	16	30	3,63	0,74

*su 400 individui identificati

Tabella 3.23. Indice di Shannon per le stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e per le stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna estiva n°9.

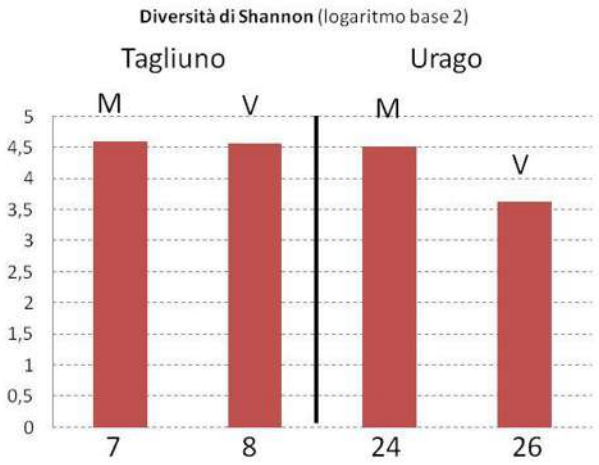

Figura 3.71. Indice di Shannon per le stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e per le stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna estiva n°9.

Le comunità del fiume a Tagliuno sono abbastanza simili in termini di composizione in specie e risultano mature e ben strutturate sia nei siti a monte che in quelli a valle della centrale elettrica. Tra le specie dominanti osserviamo *Cyclotella ocellata*, un taxa planctonico che denota un flusso piuttosto lentico e *Amphora pediculus*. Si osserva una maggiore percentuale di specie pioniere a monte della centrale, mentre nel sito a valle si sottolinea un aumento della percentuale di *Nitzschia fonticola*.

Le comunità del fiume a Urago, a monte e a valle della centrale, sono invece piuttosto diverse. Nel sito a monte, 24, si osserva una maggiore percentuale di taxa mobili (appartenenti al genere Nitzschia e Navicula) e planctonici (*Cyclotella ocellata*). Le specie mobili, in generale, possiedono uno dei più avanzati ed efficienti sistemi di movimento e sono in grado di spostarsi all'interno del biofilm, migrando verso gli strati più superficiali in caso di deposizione di materiale fine. La presenza di una percentuale consistente di taxa mobili e planctonici potrebbe dunque essere un indicatore di un aumento della quantità di materiale fine in sospensione o un habitat di tipo deposizionale dovuto a un flusso di corrente abbastanza lentico. Come già osservato durante i campionamenti del 2010, si può osservare un aumento di taxa colonizzatori primari, in particolare *Cocconeis placentula* var. *euglypta* e *Achnanthidium minutissimum*, nel sito 26; questo potrebbe indicare un lieve disturbo di tipo fisico (es. variazioni di portata).

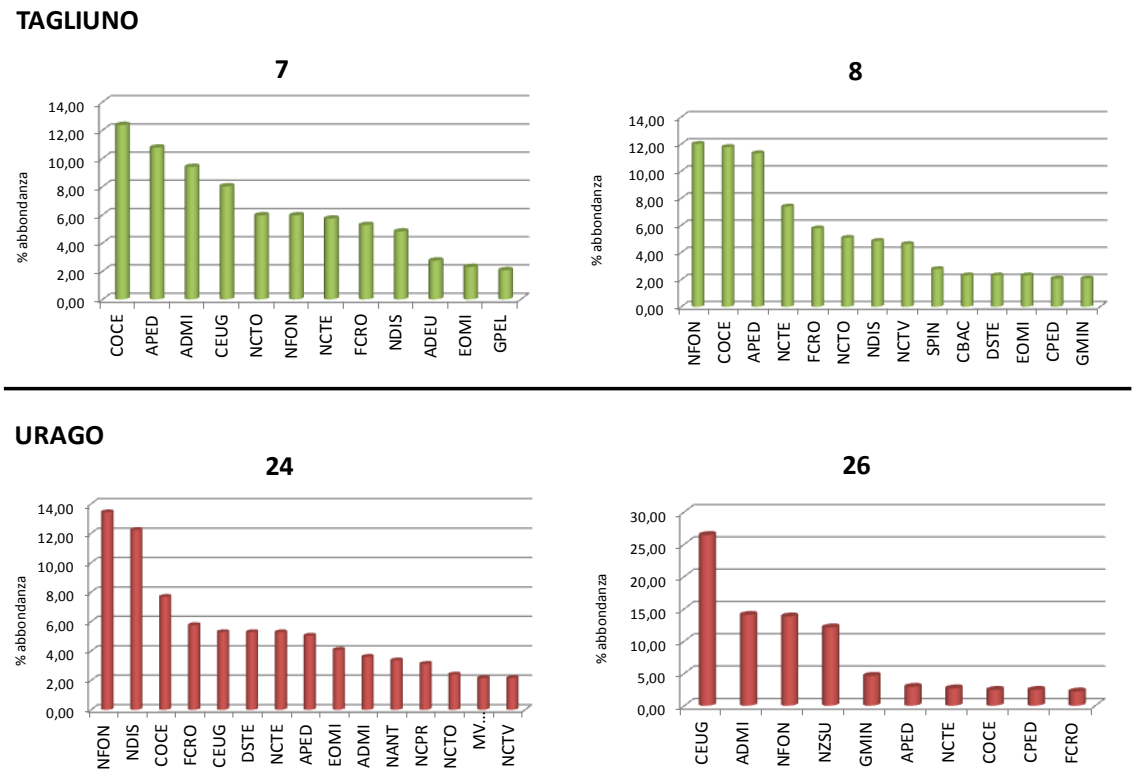

Figura 3.72. Percentuali di abbondanza dei taxa rinvenuti nelle stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e nelle stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a monte (tratto bacinizzato) e a valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna estiva n°9.

Per quanto riguarda gli indici di qualità, tutti i siti ricadono in una seconda classe, che denota un ambiente mesotrofico. Unica eccezione è il sito 26, a valle della centrale, in cui si registra un peggioramento dovuto ad un aumento delle specie considerate tolleranti, all'interno della comunità (ca. 30%). L'indice trofico di Rott (1999), più severo, descrive un ambiente eutrofico (P tot medio 0.030-0.100 mg/l).

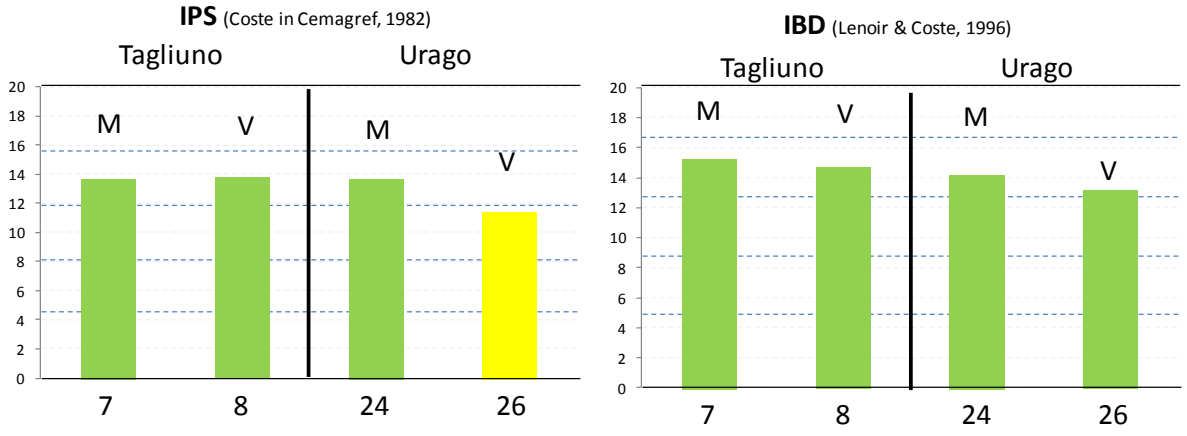

Figura 3.73. Indici IPS e IBD per le stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a Monte (tratto bacinizzato) e a Valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e nelle stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a Monte (tratto bacinizzato) e a Valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna estiva n°9.

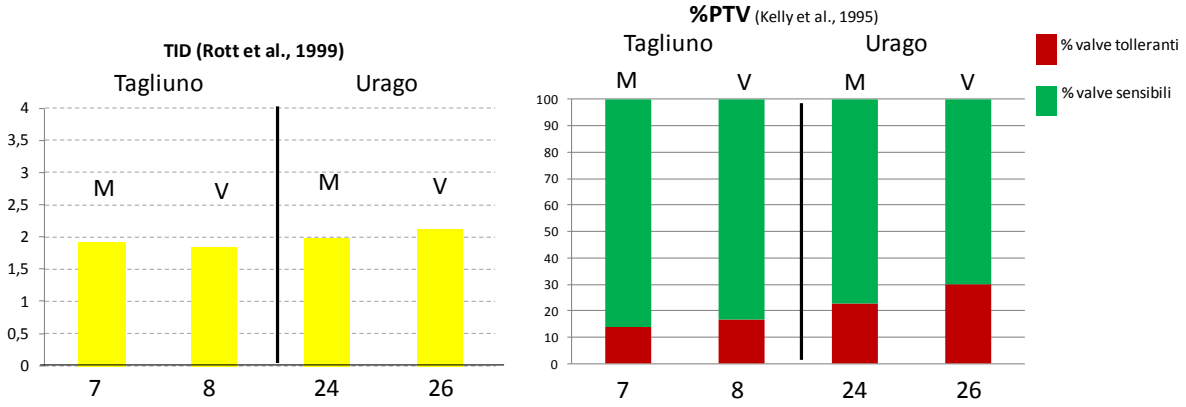

Figura 3.74. Indici TID e %PTV per le stazioni fluviali 7 e 8, rispettivamente a Monte (tratto bacinizzato) e a Valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Enel di Tagliuno e nelle stazioni fluviali 25 e 26, rispettivamente a Monte (tratto bacinizzato) e a Valle (tratto sotteso) dello sbarramento della Centrale Elettra 2000 di Urago d'Oglio, per la campagna estiva n°9.

Analisi della comunità diatomica nelle stazioni di campionamento Arpa

Come già evidenziato nei campionamenti estivi del 2010, la biodiversità nel sito 44 è inferiore rispetto alle stazioni più a valle (l'Indice di Shannon in questa stazione è pari a 3.73, un valore comunque molto alto). Il numero di specie (*) nei siti 53, 59, 63 e 80 è decisamente alto e l'equiripartizione o evenness è quasi pari a 1.

Tabella 3.24. Indice di Shannon per le stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Castelvisconti, Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna estiva n°9).

	n° generi*	n° specie*	Indice di Shannon	evenness
44	14	27	3,73	0,78
53	28	59	5,08	0,86
59	27	67	5,37	0,89
63	27	65	5,46	0,91
80	29	58	5,00	0,85

*su 400 individui identificati

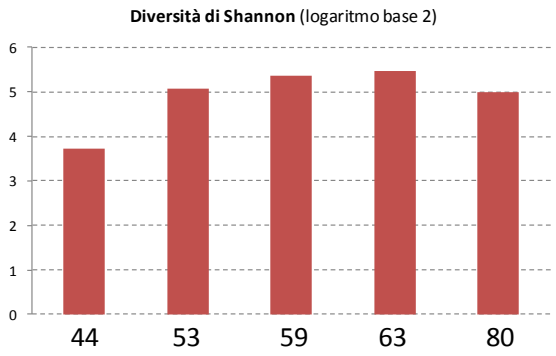

Figura 3.75. Indice di Shannon per le stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Castelvisconti, Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna estiva n°9).

Tutte le comunità prese in esame sono mature e stabili. Rispetto ai campionamenti del 2010 non si osservano comunità dominate da taxa pionieri. Si nota una cospicua presenza di molti generi, soprattutto Navicula e Nitzschia e si può notare la quasi totale assenza di taxa planctonici; fa eccezione il

sito più a valle (80) in cui *Cyclotella atomus* rappresenta circa il 7% della comunità. La sua presenza indica probabilmente un flusso più lentico.

Da notare la bassa percentuale di specie appartenenti a generi sensibili come ad es. Achnanthidium (ad eccezione di *A. minutissimum* la cui valenza ecologica è però piuttosto bassa) o Encyonema.

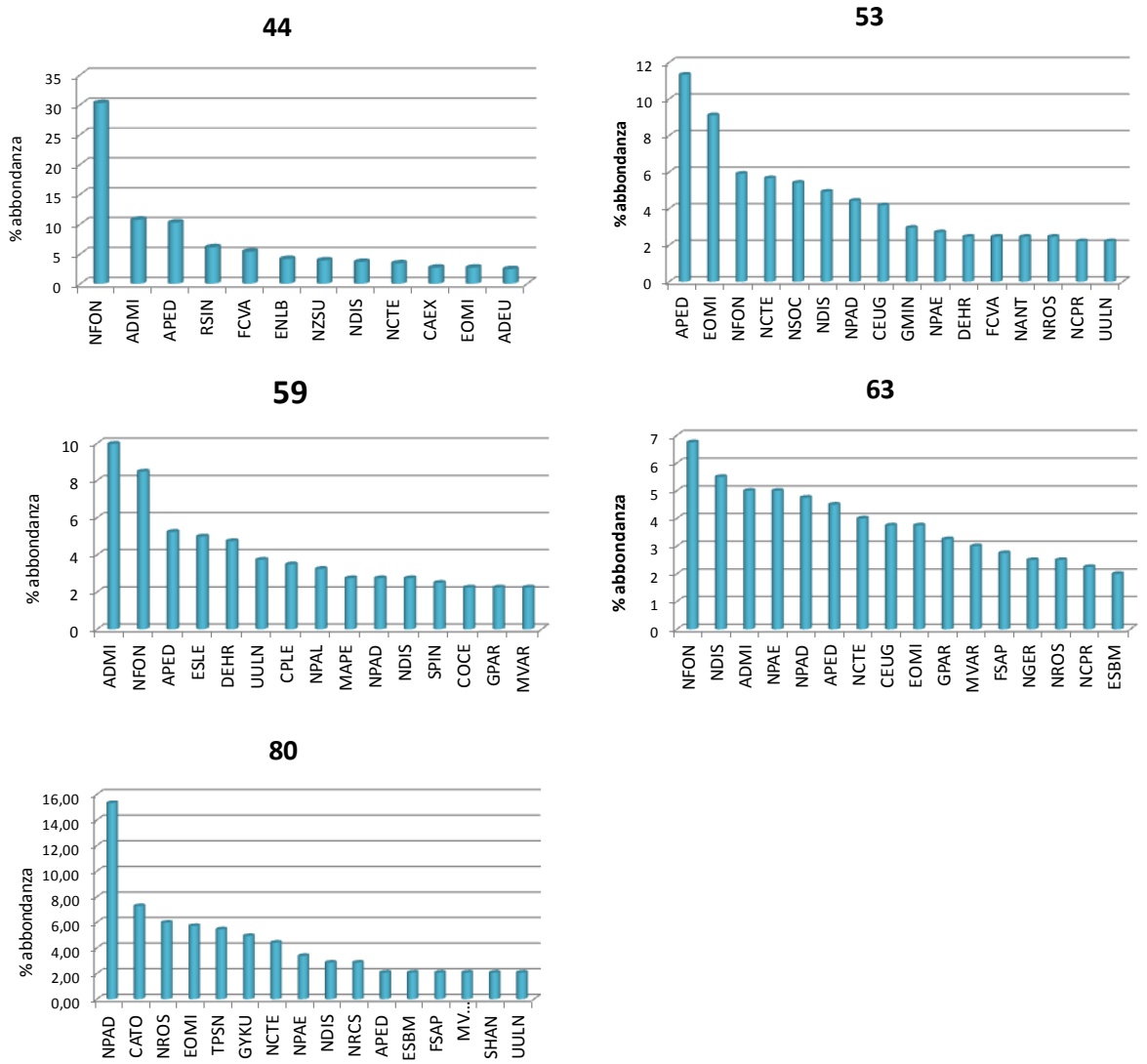

Figura 3.76. Percentuali di abbondanza dei taxa rinvenuti nelle stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Castelvisconti, Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna estiva n°9).

Tutti gli indici calcolati sono concordi nel giudicare il sito 44 migliore rispetto alle stazioni più a valle. IPS e IBD lo reputano infatti un sito mesotrofico, mentre il più severo indice di Rott lo classifica in VI classe di qualità (eutrofico).

Nella stazione subito a valle, 53, si nota un lieve peggioramento della qualità (da notare infatti la presenza di *Eolimna minima*, una specie α-meso-polisaprobia).

Nel sito 59 la qualità torna paragonabile al sito più a monte (i.e. 44), si può notare infatti un aumento della percentuale di taxa sensibili come ad es. *Achnanthidium minutissimum* ed *Encyonema silesiacum*.

Le stazioni più a valle, 63 e 80 sono quelle che presentano la più bassa qualità ambientale. A conferma di ciò si nota un aumento dei taxa β-mesosaprobi e appartenenti al genere Nitzschia.

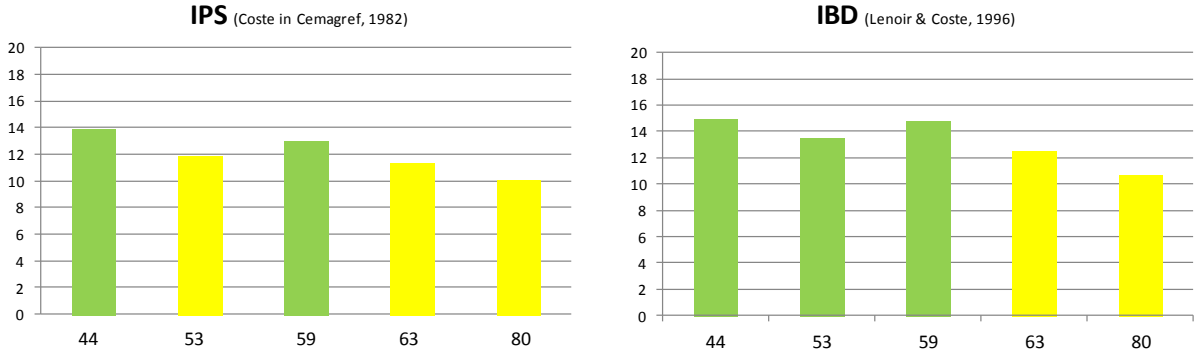

Figura 3.77. Indici IPS e IBD per le stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Castelvisconti, Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna estiva n°9).

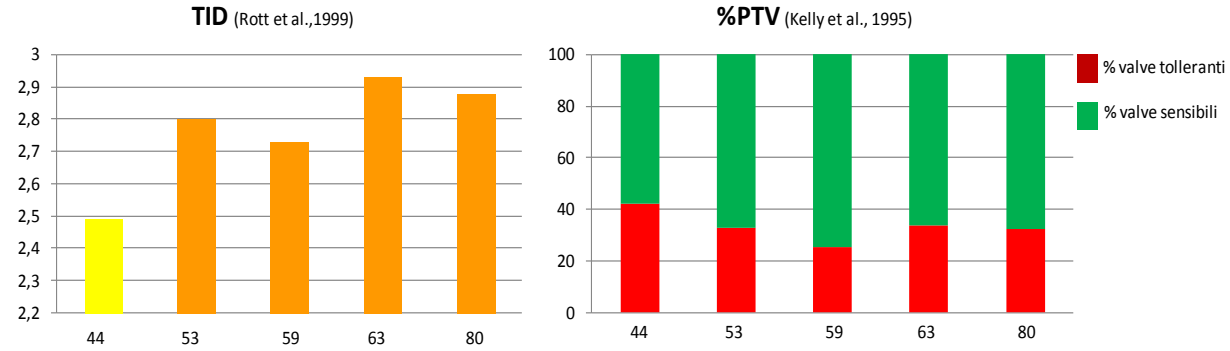

Figura 3.78. Indici TID e %PTV per le stazioni fluviali 44, 53, 59, 63, 80 rispettivamente coincidenti con le stazioni ARPA di Castelvisconti, Seniga, Ostiano, Canneto sull'Oglio e Marcaria (campagna estiva n°9).

<u>CONFRONTO tra la campagna n°5 e n°6 e con la campagna n°9</u>

In generale le comunità sono ben diversificate, sia in estate che in autunno, con valori leggermente più elevati nei campioni di luglio 2010. Solo in estate 2010 e in estate 2011, però, si registrano valori leggermente inferiori di biodiversità nelle stazioni a valle delle centrali elettriche, in concomitanza con un aumento dei taxa pionieri e tolleranti il disturbo fisico. Per quanto riguarda gli indici diatomici, la situazione rimane invariata durante le stagioni, nonostante la diversa composizione delle comunità. Nonostante il giudizio di qualità sia buono in tutte e 4 le stazioni, sia in estate che in autunno, la situazione più critica è quella del sito 7. Gli indici IPS e IBD si aggirano a cavallo tra la seconda e la terza classe di qualità, mentre l'indice TID individua una condizione di eu-politrofia in autunno 2010 e di eutrofia nelle due stagioni estive. La biodiversità delle stazioni potamali, in questo caso, è maggiore nei campioni estivi 2011, seguiti da quelli autunnali rispetto a quelli estivi 2010. Il numero di specie in autunno è sorprendentemente alto e simile alle stagioni estive. La composizione in specie presenta differenze stagionali: mentre nelle due stagioni estive dominano specie perlopiù tolleranti, apparte-

nenti al genere *Navicula* e *Nitzschia*, in particolare in estate 2010 predomina la specie *Nitzschia palea*, in autunno una buona percentuale è costitiuta da taxa leggermente più sensibili come *Achnanthidium minutissimum, Amphora montana e Diatoma tenuis*. Questo si riflette nei valori degli indici diatomici e rispettivi giudizi. Si nota pertanto un miglioramento della qualità delle stazioni dall'estate 2010 all'autunno 2010, forse dovuto a una diluzione del carico in nutrienti causata da un aumento delle portate, e anche in estate 2011 dovuta alla minore presenza di *Nitzschia palea che migliora il risultato dell'indice IPS*.
Nonostante gli allegati del DM n°260/2010 non specifici come calcolare l'indice ICMi, in tabella 3.25 sono riportati i risultati del calcolo suggerito da un report dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente di Trento. Come evidenziato dall'applicazione degli altri indici, anche l'ICMi evidenzia una maggiore stato di qualità nelle stazioni a nord e nella stagione autunnale 2010 ed estiva 2011 piuttosto che in quella estiva 2010. Inoltre è da considerare che durante le campagne estive lo scenario di sperimentazione è stato il 5%, mentre durante la stagione autunnale è risultato maggiore del 15%. Anche in questo caso quindi l'indice ICMi non evidenzia differenze dello stato di qualità del sistema in relazione ai deflussi in alveo.

Tabella 3.25. Calcolo dell'indice ICMi secondo il Report dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente di Trento (2010): "Rilascio del DMV nel rio Algone: monitoraggio componenti biotiche e studio ecosistema fluviale." per le tre campagne di misura n°5 (estate 2010), n°6 (autunno 2010) e n°9 (estate 2011). (RQE_IPS= valore osservato / valore atteso ; RQE_TI= (4-valore osservato) / (4-valore atteso); ICMi= (RQE_IPS+RQE_TI)/2).

stazioni	ICMi Estate 2010	Stato Estate 2010	ICMi Autunno 2010	Stato Autunno 2010	ICMi Estate 2011	Stato Estate 2011
Tagliuno	0,82	Buono/suff.	0,80	Buono/suff.	0,88	Elevato/buono
Capriolo	0,92	Elevato/buono	0,86	Elevato/buono	0,92	Elevato/buono
Pontoglio	0,87	Elevato/buono	0,92	Elevato/buono	0,86	Elevato/buono
Cividate al Piano	0,88	Elevato/buono	0,88	Elevato/buono	0,83	Buono/suff.
Castelvisconti	1,13	Elevato/buono	-	-	0.89	Elevato/buono
Seniga	0,69	Buono/suff.	0,80	Buono/suff.	0,73	Buono/suff.
Ostiano	0,54	Scarso/cattivo	0,84	Buono/suff.	0,79	Buono/suff.
Isola Dovarese	0,55	Suff./scarso	0,73	Buono/suff.	0,67	Buono/suff.
Torre d'Oglio	0,59	Suff./scarso	0,90	Elevato/buono	0,65	Buono/suff.