



# Le macrofite dei corsi d'acqua come elemento di qualità biologica per l'applicazione della Direttiva "Acque" in Italia

*Maria Rita Minciardi*  
Centro Ricerche ENEA Saluggia (VC)

## Le macrofite acquatiche

Gruppo formato da numerose specie vegetali che hanno in comune le dimensioni macroscopiche e l'essere rinvenibili sia nell'acqua sia in prossimità di essa in corrispondenza di acque dolci superficiali.  
Comprendono:

- molte fanerogame erbacee
- un piccolo contingente di pteridofite
- numerose briofite
- numerose alghe formanti aggregati macroscopicamente visibili

"Guidance Standard for the surveying of aquatic macrophyte in running water - EN 14184"



# Efficienza delle macrofite come comunità bioindicatrice



Sensibilità nell'individuare alterazioni dello stato trofico anche laddove altre comunità non segnalano criticità  
importanza dell'uso in ambiti montani dove la contemporanea presenza di derivazioni e immissione di nutrienti determina anche serie alterazioni dei corsi d'acqua

# Efficienza delle macrofite come comunità bioindicatrice



Capacità di rendere immediatamente evidente la presenza di alterazione morfologica con l'assenza della comunità o di porzioni della comunità

Sensibilità alle derivazioni anche in assenza di problematiche derivanti da concentrazione di inquinanti

# Efficienza delle macrofite come comunità bioindicatrice



Comunità fortemente connessa con le comunità riparie

- zona sopra-acquatica
- porzioni lentiche nella zona riparia

## Diffusione della comunità nei corsi d'acqua

La comunità è risultata presente in tutte le "categorie" fluviali

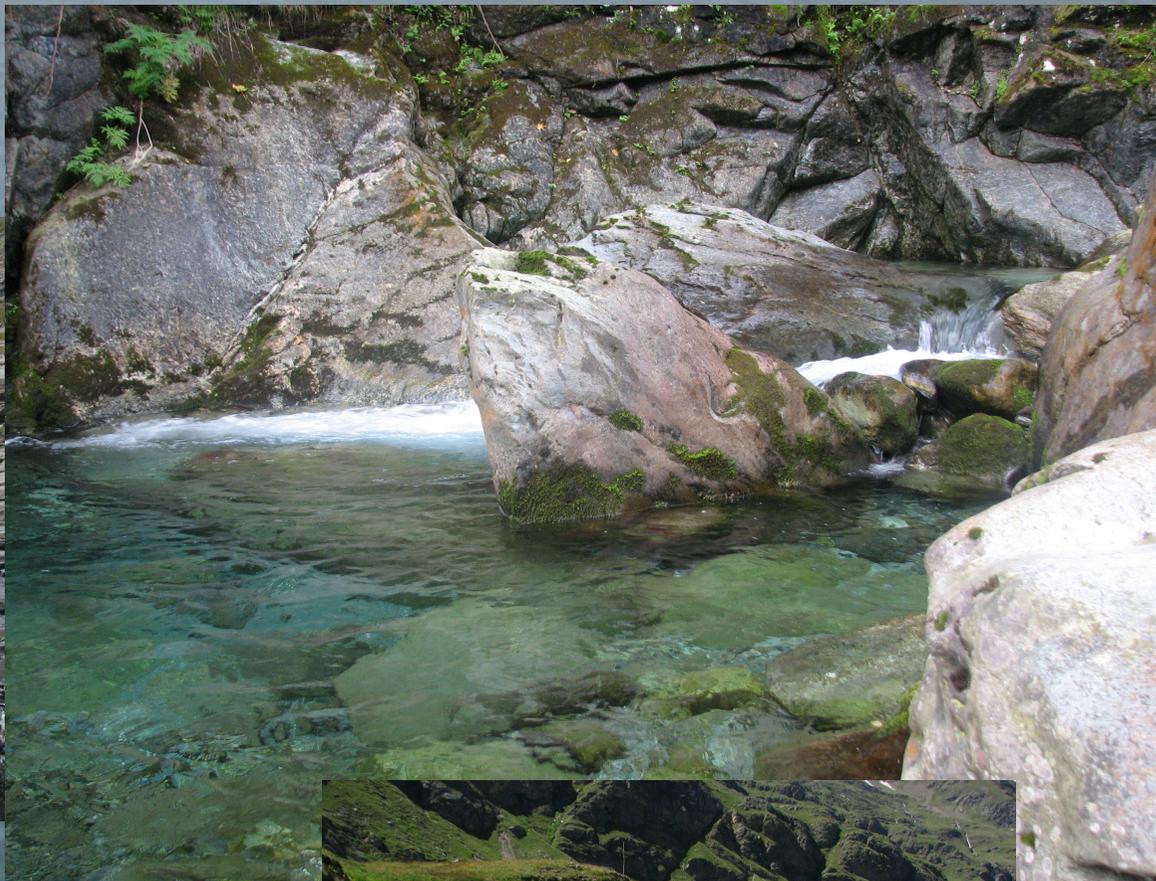
Può non essere presente, però, in porzioni particolari:

per ragioni fisiologiche - ad esempio forre rocciose

per alterazione antropica - ad esempio banalizzazione/distruzione delle porzioni lentamente fluenti dei corsi d'acqua pedemontani e pianiziali

Alcune categorie fluviali sono comunque problematiche :

Corsi d'acqua molto piccoli e piccoli glaciali  
*tali ambiti sono problematici per tutte le comunità bioindicatrici*



**ENEA** Corsi d'acqua montani  
Maria Rita Minciardi. Le macrofite come comunità bioindicatrice

## Corsi d'acqua in zona pedemontana - medio corso



## Corsi d'acqua planiziali





Piccoli corsi d'acqua di pianura

Reticolo idrografico minore

Risorgive

**ENEA** Maria Rita Minciardi. Le macrofite come comunità bioindicatrice

## RICERCHE compiute

Applicazione congiunta di:

### Indici macrofitici

Macrophyte Index Scheme MIS (Caffrey, 1987)

The Nutrient Status Order color band (Haslam, 1997)

Plant Score (Harding, 1981; 1996)

Trophic Index (Newbold & Holmes, 1987)

Indici GIS (Haury *et al.*, 1996)

IBMR (Afnor, 2003)

Mean Trophic Rank (Newman *et al.*, 1997)

TIM (Schneider e Melzer, 2004)

Indici autoecologici (ad es. Landolt, Elleberg)

Rilievi fitosociologici

Indici macrobentonici

Analisi chimiche

Spesso nell'ambito di studi integrati che hanno previsto applicazione IFF e rilievo della vegetazione del corridoio fluviale

Oltre  
300  
stazioni



# Excursus storico formalizzazione Indici Macrofitici

Ideati a partire dagli anni '70 (Irlanda, Inghilterra, Francia, Germania, Austria)

Obiettivo:

valutazione "globale" delle cenosi a macrofite acquatiche

ma molti, *nello specifico*, indicazioni circa lo **stato trofico**

**(necessità applicativa di valutazione dell'alterazione ambientale intesa in massima parte in termini di inquinamento)**

I taxa indicatori sono da sensibili a tolleranti

# Struttura delle metodologie

- Indici basati su una valutazione di presenza/assenza e (solo in alcuni casi) abbondanza di un limitato set di taxa indicatori raggruppati in classi di sensibilità/tolleranza (es: Macrophyte Index Scheme (MIS) , Nutrient Status Order)
- Indici fondati sull'uso di un maggior numero di taxa indicatori a ciascuno dei quali è associato un coefficiente (score) di tolleranza/sensibilità e, talvolta, un valore indicatore (reliability) (es: Plant Score, Trophyc index, Indici del Groupement d'Interêt Scientifique GIS, Indice IBMR, MTR Mean Trophyc Rank; Trophyc Index of Macrophytes).
- Indici finalizzati alla valutazione del grado di scostamento da una potenziale comunità ottimale
  - Damage Rating Method
  - Nuove metodologie adeguate alla WFD

# Modalità di rilevamento STANDARDIZZATE

Tutti gli indici macrofitici hanno in comune la gran parte delle procedure di rilevamento

Definite attraverso un processo innescatosi precedentemente rispetto alla formulazione WFD ma che ha tenuto conto delle conclusioni della Direttiva

Le procedure sono state definite in ambito CEN (Guidance Standard for the surveying of aquatic macrophyte in running water - EN 14184)

# Cronologia di formalizzazione di Indici Macrofitici Europei

MIS (Caffrey, 1987)

Plant Score (Harding, 1981; 1996)

Trophic Index (Newbold & Holmes, 1987)

Nutrient Status Order (Haslam, 1997)

ONORM Method (ONORM, 1995)

MTR Mean Trophic Rank (Newman *et al.*, 1997)

Damage Rating

Indici del Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS)  
(Haury *et al.*, 1996)

IBMR Indice biologique macrophytique en riviere  
IBMR (Afnor, 2003)

TIM (Schneider e Melzer, 2004)

## Metodologie conformi alla WFD

- (D) Reference Index Method (Meilinger *et al.*, 2005)
- (B-Flanders) MAFWAT (in via di validazione)
- (ND) EQR Draft Method (in via di definizione)
- (UK) Leafpacs Assessment Scheme (in via di definizione)
- (A) Austrian Assessment Method for Macrohytes
- (F) Previste modifiche IBMR

## FRANCIA

### Indice biologique macrophytique en riviere IBMR (Afnor, 2003) NF T 90-395

A new method to assess water trophy and organic pollution-IBMR: its application to different types of river and pollution (Haury et al., 2006)

*evoluzione degli Indici GIS*

Circa 250 taxa indicatori a cui sono associati indici specifici di sensibilità (0-20) e un valore indicatore (1,2,3)

43 taxa algali, 2 specie di licheni, 15 specie di epatiche, 37 specie muschi, circa 120 specie di angiosperme

$$\text{IBMR} = \frac{\sum [E_i \text{ coeff.cop.} \times C_i]}{\sum E \text{ coeff.cop}}$$

IBMR compreso tra 0 e 20

Formalizza la possibilità di classificare la stazione attribuendola ad un livello trofico

- |                  |                      |         |
|------------------|----------------------|---------|
| - IBMR > 14      | trofia MOLTO LIEVE   | BLU     |
| - 12 < IBMR ≤ 14 | trofia LIEVE         | VERDE   |
| - 10 < IBMR ≤ 12 | trofia MEDIA         | GIALLO  |
| - 8 < IBMR ≤ 10  | trofia ELEVATA       | ARANCIO |
| - IBMR ≤ 8       | trofia MOLTO ELEVATA | ROSSO   |

## GRAN BRETAGNA

### Mean Trophic Rank (MTR) (Newman *et al.*, 1997)

Poco meno di 150 taxa indicatori con coefficiente di sensibilità che va da 1 a 10

Formula di calcolo che conduce al calcolo di Indici Ponderati

$$MTR = \left\{ \frac{\sum [\text{coeff.cop.} \times C_i]}{\sum \text{coeff.cop.}} \right\} \times 10$$

Considera gli organismi ancorati a substrati sommersi almeno per l'85% dell'anno

Non consente la classificazione della stazione:

$MTR > 65$  stazioni non tendenti all'eutrofia

$25 < MTR < 65$  stazioni a rischio eutrofia

$MTR < 25$  stazioni fortemente compromesse in senso eutrofico

# Sviluppi "post-direttiva" in UK

## Progetto LEAFPACS

Finalizzato alla individuazione di comunità di riferimento tipo-specifiche in modo analogo a quanto formalizzato dal metodo RIVPACS per il macrobenthos

Set di dati: 7000 rilievi su rilievi che comprendono lista di 900 taxa

## *Germania e Austria*

Approccio complessivo alla componente acquatica vegetale per la classificazione delle acque correnti in accordo alla WFD

- Macrofite: charophytae, briofite, pteridofite, angiosperme
- Diatomee bentoniche
- Phytobenthos "rimanente"

## GERMANIA

### Trophyc Index of Macrophytes (TIM) (Schneider e Melzer, 2004)

Circa 50 specie indicatrici  
Suddivise tra Charophytae, Briofite, Angiosperme  
Con coefficienti di tolleranza rispetto a elevati livelli di trofia  
compresi tra 1 e 4

Formula che conduce al calcolo di un indice ponderato TIM

$$TIM = \frac{\sum [\text{coeff.cop.} \times C_i]}{\sum \text{coeff.cop}}$$

1,00 ≤ TIM < 1,45	oligotrofo
1,45 ≤ TIM < 1,87	oligo-mesotrofo
1,87 ≤ TIM < 2,25	mesotrofo
2,25 ≤ TIM < 2,63	meso-eutrofico
2,63 ≤ TIM < 3,05	eutrofico
3,05 ≤ TIM < 3,50	eupolitrofico
3,50 ≤ TIM < 4,00	politrofico

Circa 200 specie indicatrici

Formulazione (per ogni macrotipologia) di elenchi di

Specie di riferimento

Specie che indicano disturbo

Specie "indifferenti"

RI varia da 100 a -100

Conduce alla classificazione della stazione secondo  
WFD

Si fa riferimento alle metriche composizione e  
abbondanza

## Formula Reference Index Method (Meilinger *et al.*, 2005)

Circa 100 specie indicatrici

$$RI = \frac{\sum_i Q_{ai} + \sum_i Q_{vi} - \sum Q_{ci}}{\sum_i Q_{gi}} \times 100$$

$Q_{ai}$ =coefficiente di copertura delle specie di riferimento (in cui sono incluse quelle citate in letteratura e non rinvenibili al momento)

$Q_{ci}$ =coefficiente di copertura delle specie indicanti disturbo

$Q_{gi}$ =coefficiente di copertura del totale delle specie

$Q_{vi}$ =coefficiente di copertura delle specie acidofile

RI varia da 100 a -100

Conduce alla classificazione della stazione secondo  
WFD

HIGH

RI vicino a 100

GOOD

RI comunque positivo

MODERATE

RI poco negativo

POOR

RI molto basso

BAD

RI non può essere calcolato  
perchè c'è quasi assenza di  
macrofite per ragioni non  
naturali

## Coefficienti di copertura

### TIM e RI

Taxa very rare con  $\text{cop} < 0,1\%$   
Q=1

Taxa infrequent  $0,1\% \leq \text{cop} < 1\%$   
Q=8

Taxa common  $1\% \leq \text{cop} < 10\%$   
Q=27

Taxa frequent  $10\% \leq \text{cop} < 50\%$   
Q=64

Taxa abundant  $\text{cop} \geq 50\%$   
Q=125

## Olanda e Belgio-Flanders

Circa 300 specie di charophytae, briofite, pteridofite e angiosperme

Si tratta di un indice tipo specifico su 8 macrotipologie fluviali a cui corrispondono 8 macrotipologie di comunità, si calcola l'allontanamento rispetto alla comunità di riferimento

Sono definite per ciascuna macrotipologia specie di riferimento e specie che indicano alterazione.

## PORTOGALLO

### 2 metodi distinti

- MTRp
- RVI considera tutto anche specie legnose

Si sta ora tentando di definire un nuovo metodo calcolando per ciascuna specie la tolleranza e l'optimum rispetto varie pressioni: globale, trofica, morfometrica e idrologica.

# Slovacchia

Definito metodo multimetrico (pronto sotto 200 m da validare al di sopra)  
Comunità di riferimento definite sulla base di giudizio esperto

Necessità di almeno 3 taxa identificativi

metriche:

Indice di Diversità

IBMR

Scores of indicators (valutazione del pregio/rarità)

Reference index for macrophytes (modificato)

Praticamente l'indice risulta dalla media di IBMR, Scores of indicators,  
Reference Index modificato, Indice di diversità

L'indice globale è detto ES Environmental Status

# Norvegia

Dati dal 1959

600 stazioni

Non ancora standard method

Si campiona in tarda estate con acquascope e barca

Le modalità di campionamento e valutazione sono simili a quelle olandesi

C'è un modulo per macroalghe

# Quale indice per l'ITALIA? La scelta dell'IBMR

Le sperimentazioni condotte hanno dimostrato la rilevante maggiore affidabilità dell'IBMR rispetto a tutti gli altri indici

Circa 90 % di stazioni in cui risulta applicabile a scala nazionale, dalla Valle d'Aosta alla Sicilia, ed è affidabile e robusto

Lo stato trofico è da intendersi in termini di intensità di produzione primaria

si tratta di una metrica di importante valore ecologico (concentrazione dei nutrienti, lunimosità, velocità della corrente, ecc ecc ...)

PERCHE' non un NUOVO INDICE?

## 2007-2009 diffusa applicazione e validazione dell'IBMR in tutto il paese

Le ricerche hanno confermato una significativa correlazione tra i valori di IBMR e lo stato dei siti di campionamento che è possibile desumere dai dati chimici, dalle pressioni, da valutazioni ecologiche della comunità.

L'IBMR è un indice per la valutazione dello stato trofico ma è relazionata allo stato ecologico complessivo della comunità



# L'IBMR

L'IBMR deriva, rispetto agli indici GIS, da un percorso applicativo-gestionale che ha visto il coinvolgimento delle Agences de L'Eau e che ha individuato la valutazione del livello trofico del corso d'acqua quale metrica di valutazione globale ecosistemica e che si è interconnesso con il recepimento della Direttiva "Acque" da parte della Francia

*Indice biologique macrophytique en riviere IBMR*  
(Afnor, 2003) NF T 90-395

*A new method to assess water trophy and organic pollution-IBMR: its application to different types of river and pollution (Haury et al., 2006)*

Si fonda sulla necessità di compiere un inventario completo della flora presente nella stazione attribuendo anche un valore di abbondanza a ciascun taxon rilevato

# L'IBMR

208 taxa indicatori a ciascuno dei quali è associato

un indice specifici di sensibilità (0-20) (Csi)  
un valore indicatore (1,2,3) (Ei)

I taxi indicatori comprendono 2 organismi eterotrofi, 43 taxa algali, 2 specie di licheni, 15 specie di epatiche, 37 specie muschi, 3 specie di pteridofite, 107 specie di angiosperme

A ciascun taxa vengono attribuiti coefficienti di copertura Ki a partire da coperture percentuali secondo la scala di Koehler

Il calcolo avviene secondo la formula:

$$\text{IBMR} = \frac{\sum [E_i C_{si} K_i]}{\sum E_i K_i}$$

IBMR compreso tra 0 e 20

Consente di classificare la stazione attribuendola ad un livello trofico

<b>IBMR &gt; 14</b>	<b>trofia molto lieve</b>
<b>12 &lt; IBMR ≤ 14</b>	<b>trofia lieve</b>
<b>10 &lt; IBMR ≤ 12</b>	<b>trofia media</b>
<b>8 &lt; IBMR ≤ 10</b>	<b>trofia elevata</b>
<b>IBMR ≤ 8</b>	<b>trofia molto elevata</b>



# Modalità di attribuzione dei coefficienti di copertura Ki secondo la scala di Koehler

Taxa solo presenti	$\text{cop} < 0,1\%$	Ki=1
Taxa scarsamente frequenti con scarsa copertura	$0,1 \% \leq \text{cop} < 1 \%$	Ki=2
Taxa abbastanza frequenti e con copertura significativa	$1 \% \leq \text{cop} < 10 \%$	Ki=3
Taxa frequenti con copertura mediamente abbondante	$10 \% \leq \text{cop} < 50 \%$	Ki=4
Taxa molto abbondanti o con copertura molto abbondante	$\text{cop} \geq 50 \%$	Ki=5

# Efficienza dell'IBMR

I taxa considerati dall'IBMR:

sono numerosi

sono sicuramente rappresentativi della componente schiettamente acquatica della vegetazione

Sono, nella maggior parte dei casi ampiamente diffusi in tutta Italia (sono meno di una decina le specie assenti dall'Italia)

Sono caratterizzati dall'aver buone potenzialità bioindicatorie



# IBMR come indice di stato ecologico

BISOGNA PASSARE DALLA SCALA ASSOLUTA DI VALUTAZIONE DEL LIVELLO TROFICO ENTRO CUI "SI MUOVE" ED ENTRO CUI CONSENTE LA CLASSIFICAZIONE L'IBMR

A MODALITA' DI VALUTAZIONE DELLO STATO TROFICO RILEVATO IN RAPPORTO ALLO STATO TROFICO ATTESO A LIVELLO TIPO SPECIFICO

*A new method to assess water trophic and organic pollution-IBMR: its application to different types of river and pollution (Haury et al., 2006)*

# Le ricerche per la definizione delle condizioni di riferimento

L'individuazione delle condizioni di riferimento si è basata su

Ricerche in siti di riferimento

Ricerche in siti comunque ad elevata integrità

Giudizio esperto

Dati storici

Sono stati considerati anche dati derivanti dalla letteratura di ambito fitosociologico italiano e non

In particolare, si è iniziato a mettere in relazione le diverse comunità macrofite con le tipologie fluviali

# Le ricerche per la definizione delle condizioni di riferimento

La copertura geografica dei siti utilizzati per definire le condizioni di riferimento è significativamente rappresentativa dell'intero paese.

In particolare, sono frequenti i siti in Aree Protette e in Siti della Rete Natura 2000.

Regioni alpine, Pianura Padana, Regioni Appenniniche nell'Italia centrale e meridionale, ambiti pedemontani e di pianura, Sicilia.



Idroecoregioni	
Cod_	Denominazione
1	Alpi Occidentali
2	Prealpi_Dolomiti
3	Alpi Centro-Orientali
4	Alpi Meridionali
5	Monferrato
6	Pianura Padana
7	Carso
8	Appennino Piemontese
9	Alpi Mediterranee
10	Appennino Settentrionale
11	Toscana
12	Costa Adriatica
13	Appennino Centrale
14	Roma_Viterbese
15	Basso Lazio
14	Vesuvio
16	Basilicata_Tavoliere
17	Puglia_Carsica
18	Appennino Meridionale
19	Calabria_Nebrodi
20	Sicilia
21	Sardegna



# La definizione delle condizioni di riferimento

Approccio fitosociologico in termini di utilizzo della composizione di sintaxa attesi

Comunità rinvenuta in siti di riferimento "parziali" o "buoni"

Comunità rinvenuta in veri siti di riferimento (Approccio spaziale) ■

Condizioni di riferimento

Comunità caratteristica di siti in stato "di integrità" compromessa a diverso stadio

Analisi delle pressioni

Dati derivanti da altri BQE

# La definizione dei macrotipi

L'obiettivo è quello di effettuare una individuazione di condizioni di riferimento tipo specifiche accorpando le diverse tipologie in gruppi di macrotipi che rispetto alla comunità indagata presentino significativa uniformità

In funzione di evidenze quali:

significativa costanza biogeografica delle comunità  
necessità semplificazione nel processo di ricerca delle comunità di riferimento

la tipizzazione è fatta su base abiotica ma deve essere funzionale allo studio e classificazione delle comunità

approccio simile in molti altri paesi europei

Area Geografica	Macrotipi fluviali per le macrofite	Descrizione dei macrotipi fluviali	IBMR di riferimento
<b>Alpina</b>	Aa	Molto piccoli e piccoli nelle Idroecoregioni Alpine (1,2,3,4)	14,5
	Ab	Medi nelle Idroecoregioni Alpine (1,2,3,4)	14
<b>Centrale</b>	Ca	Molto piccoli e piccoli nelle aree collinari e di pianura nelle Idroecoregioni Alpine (1,2,3,4), nelle Idroecoregioni 5 e 7 e nella porzione a nord del Po della Pianura Padana (6).	12,5
	Cb	Medi nelle aree collinari e di pianura nelle Idroecoregioni Alpine (1,2,3,4), nelle Idroecoregioni 5 e 7 e nella porzione a nord del Po della Pianura Padana (6).	11,5
	Cc	Grandi e molto grandi nelle aree collinari e di pianura nelle Idroecoregioni Alpine (1,2,3,4), nelle Idroecoregioni 5 e 7 e nella porzione a nord del Po della Pianura Padana (6).	10,5
<b>Mediterranea</b>	Ma	Perenni molto piccoli e piccoli nella pianura Padana (6) a sud del Po e di tutte le Idroecoregioni mediterranee (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21)	12,5
	Mb	Perenni medi e grandi di pianura nella pianura Padana (6) a sud del Po e delle Idroecoregioni mediterranee (8, 9, 10, 11, 13, 14, 15)	10,5
	Mc	Perenni medi e grandi delle Idroecoregioni mediterranee (12, 16, 17, 18, 19, 20, 21)	10
	Md	Perenni molto grandi di pianura nella pianura Padana (6) a sud del Po e delle Idroecoregioni mediterranee (8, 9, 10, 11, 13, 14, 15)	10,5
	Me	Perenni molto grandi delle Idroecoregioni mediterranee (12, 16, 17, 18, 19, 20, 21)	10
	Mf	Perenni medi di montagna della pianura padana (6) a sud del Po delle Idroecoregioni mediterranee (8, 9, 10, 11, 13, 14, 15)	11,5
	Mg	Perenni medi di montagna delle Idroecoregioni mediterranee (12, 16, 17, 18, 19, 20, 21)	11

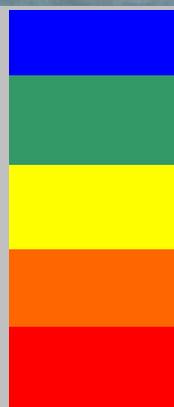
# La definizione dei limiti per le classi di stato ecologico

I limiti sono stati identificati a partire da dati appartenenti a tutti i livelli di qualità valutati sulla base di dati di pressione dati relativi ad altri BQE, valutazione esperta

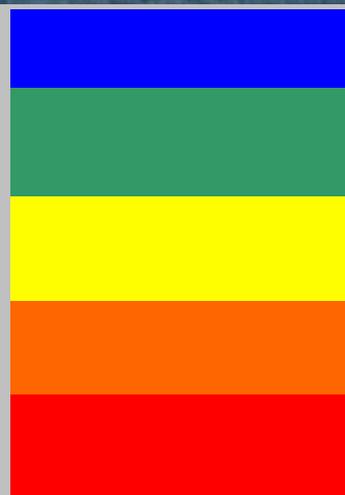
Area Geografica	Boundary			
	Elevato/Buono	Buono/Sufficiente	Sufficiente/Scarso	Scarso/Cattivo
Alpina	0,85	0,7	0,6	0,5
Centrale	0,9	0,8	0,65	0,5
Mediterranea	0,9	0,8	0,65	0,5

# La corretta valutazione dell'IBMR atteso consente di utilizzare l'IBMR come indice di stato ecologico valutando lo stato ecologico in termini di distanza dallo stato trofico atteso

IBMR > 14	trofia molto lieve
12 < IBMR ≤ 14	trofia lieve
10 < IBMR ≤ 12	trofia media
8 < IBMR ≤ 10	trofia elevata
IBMR ≤ 8	trofia molto elevata



EQR > 0,85	stato ecologico elevato
0,7 < EQR ≤ 0,85	stato ecologico buono
0,6 < EQR ≤ 0,7	stato ecologico sufficiente
0,5 < EQR ≤ 0,6	stato ecologico scarso
EQR ≤ 0,5	stato ecologico cattivo



# Il futuro

2010-2014

E' importante estendere il monitoraggio  
Risolvere problematiche di campionamento, di scelta della stazione,  
di valutazione in casi particolari

Definizione dell'IBMR per corsi d'acqua intermittenti

Validazione dei macrotipi e dei valori di riferimento individuati

Definizione di nuovi taxa indicatori per l'IBMR

Definizione di metriche aggiuntive (oltre l'IBMR) per la valutazione  
della comunità

- Copertura di specie aliene
- Diversità
- Presenza/assenza ed abbondanza delle diverse forme di crescita
- Cenosi attese a scala di mesohabitat



grazie !

