

**AUTORITÀ DI BACINO INTERREGIONALE DEL FIUME MAGRA**

## **PIANO STRALCIO**

# **“TUTELA DEI CORSI D’ACQUA INTERESSATI DA DERIVAZIONI”**

AI SENSI DEGLI ARTT. 17 E 19 DELLA  
LEGGE 18 MAGGIO 1989 N. 183  
E SUCCESSIVE MODIFICHE ED INTEGRAZIONI

### **ALLEGATO 4**

# **Simulazioni derivazioni idriche: RELAZIONE DI SINTESI**

## SIMULAZIONI DERIVAZIONI IDRICHE: RELAZIONE DI SINTESI

Le simulazioni effettuate per le singole derivazioni, per la loro valenza di studi propedeutici al Progetto di Piano stralcio, non vengono allegate al Piano stralcio; sono tuttavia disponibili per la consultazione presso l'Autorità di bacino. Costituisce invece un allegato del Piano stralcio la presente relazione di sintesi.

### 1. **Base delle simulazioni effettuate per la definizione del DMV (uso non irriguo)**

Come spiegato nella relazione generale, per la formula di calcolo del DMV è stato scelto come modello da sviluppare quello proposto dal gruppo di lavoro dell'Autorità di bacino del Po per i corsi d'acqua della Valtellina in quanto, pur essendo di applicazione semplice, economica e speditiva (non richiede estese campagne di misurazioni sul campo), tiene conto di diversi fattori (precipitazioni, altitudine, qualità del corso d'acqua, valore naturalistico) e possiede pertanto la necessaria flessibilità per adattarsi alle specifiche situazioni locali.

La formula di calcolo del DMV proposta dall'Autorità di bacino del Po

$$\text{DMV} = \text{Superficie}_{\text{bacino}} \cdot R_{\text{specifico}} \cdot P \cdot A \cdot Q \cdot N$$

(con  $R_{\text{specifico}}$  posto = 1,6 l/s·kmq) è concettualmente molto semplice e contiene diversi elementi di buonsenso.

Essa stabilisce innanzitutto una portata minima assoluta di rilascio proporzionale alla superficie del bacino sotteso dalla derivazione (1,6 litri al secondo per ogni kmq di superficie). Con gli altri fattori moltiplicativi (P= Precipitazioni, A= Altitudine, Q= Qualità del corso d'acqua, N= Naturalità) incrementa poi questa quantità minima assoluta per tener conto delle disponibilità idriche locali e delle esigenze di tutela ecologica.

In essa il fattore P tiene conto delle precipitazioni nel bacino sotteso dalla derivazione; il fattore A tiene conto dell'altitudine media del bacino sotteso dalla derivazione; il fattore Q tiene conto della qualità biologica delle acque nel tratto compreso tra la derivazione e il punto della sua restituzione in alveo; il fattore N tiene conto della naturalità del tratto compreso tra la derivazione e il punto della sua restituzione in alveo.

È stato inoltre ritenuto necessario introdurre nella formula dell'Autorità di bacino del Po tre fattori aggiuntivi (G= geomorfologico, L= lunghezza e M= modulazione della portata), il cui significato viene più avanti spiegato.

La formula di calcolo del DMV diviene pertanto:

$$\text{DMV} = \text{Sup.}_{\text{bacino}} \cdot R_{\text{specifico}} \cdot P \cdot A \cdot Q \cdot N \cdot G \cdot L_x + M_x$$

Si è pertanto deciso di procedere alla simulazione di vari scenari applicando a casi concreti alcune varianti della formula di calcolo del DMV, differenti tra loro per il peso attribuito ad alcuni fattori.

Per contraddistinguere le numerose varianti studiate è stato adottato l'espedito di porre

a pedice dei fattori R, L e M il peso ad essi attribuito e di conglobare il prodotto degli altri fattori in un solo fattore (K). In questo modo la rappresentazione della formula può essere semplificata in:

$$DMV = K \cdot R_x \cdot L_x + M_x$$

ed il significato di ogni scenario simulato può essere compreso utilizzando i seguenti esempi come chiave di lettura:

Scenario	Significato
$KR_{2,5}L_5M_0$	K= prodotto dei restanti fattori; $R_{2,5}$ = rilascio di 2,5 l/s·kmq; $L_5$ = 5% di aumento del rilascio per ogni km di distanza presa-restituzione; $M_0$ = nessuna modulazione della portata
$K_R R_{1,6} L_{10} M_{10}$	$K_R$ = prodotto dei restanti fattori (con la scala del fattore A ridotta); $R_{1,6}$ = rilascio di 1,6 l/s·kmq; $L_{10}$ = 10% di aumento del rilascio per ogni km di distanza presa-restituzione; $M_{10}$ = modulazione della portata del 10%
$K_R R_{1,6} L_{7,5} M_{10} N+$	come sopra, ma con $L= 7,5\%$ e con scala di N ampia, da 1 a 1,8
$K_R R_{1,6} L_{7,5} M_{10} N-$	come sopra, ma con scala di N ristretta, da 1 a 1,4
$K_R R_{1,6} L_{7,5} M_{10} N\pm$	come sopra, ma con scala di N intermedia, da 1 a 1,6

Per le simulazioni dei vari scenari sono state utilizzate le serie storiche di portata quotidiana relative a 6 domande di derivazione idroelettrica sufficientemente diversificate (Magra loc. Chiesaccia, Magra loc. Molinello, Taverone loc. Maestà dei Saldi, Gottero loc. Crobarola, Terchio loc. Borra di Ferro-Casalina, Magra loc. Valscura-Groppodalsio).

Le caratteristiche essenziali delle domande di derivazione utilizzate per le simulazioni sono così riassumibili:

Corso d'acqua	Località	Richiedente	Derivazione massima (l/s)	Distanza presa-restituzione (m)	Naturalità (Indice stimato)
Magra	Chiesaccia	Chiartelli	18.000	1.000	3 (media)
Magra	Molinello	Sondel	5.000	11.000	4 (medio-alta)
Taverone	Maestà dei Saldi	S.I.E.	5.030	6.000	3 (media)
Gottero	Crobarola	Lusardi	1.040	5.300	5 (elevata)
Terchio	Borra di Ferro	Sufer	183	650	4 (medio-alta)
Magra	Valscura	Sufer	1.050	800	4 (medio-alta)

Per ogni domanda sono state effettuate 6 serie di simulazioni, con i seguenti 24 scenari:

### 1ª serie di simulazioni

1	scenario di progetto	così come proposto dal richiedente
2	$KR_2L_5M_0$	
3	$KR_2L_5M_{10}$	sperimentazione di scenari con e senza Modulazione di portata
4	$KR_3L_5M_0$	e con Rilasci specifici di 2, di 3 e infine di 2,5 l/s·kmq
5	$KR_3L_5M_{10}$	
6	$KR_{2,5}L_5M_{10}$	

**2ª serie di simulazioni**

7	$KR_{1,6}L_5M_{10}$	
8	$KR_{1,6}L_5M_{20}$	Rilascio specifico ridotto e Modulazione 10%, 20% e 30%
9	$KR_{1,6}L_5M_{30}$	

**3ª serie di simulazioni**

10	$K_R R_{2,5} L_5 M_{10}$	Riduzione dei fattori Altitudine (in Kr) e Lunghezza
11	$K_R R_{2,5} L_{2,5} M_{10}$	

**4ª serie di simulazioni**

12	$K_R R_{2,2} L_2 M_{10}$	Ulteriore riduzione del Rilascio specifico e del fattore Lunghezza
----	--------------------------	--

**5ª serie di simulazioni**

13	$K_R R_{1,6} L_{10} M_{10} N^-$	
14	$K_R R_{1,6} L_{7,5} M_{10} N^-$	
15	$K_R R_{1,6} L_5 M_{10} N^-$	
16	$K_R R_{1,6} L_{10} M_{10} N^+$	Altitudine e Rilascio specifico ridotti e sperimentazione di:
17	$K_R R_{1,6} L_{7,5} M_{10} N^+$	• variazioni del fattore Lunghezza (5%, 7,5% e 10%)
18	$K_R R_{1,6} L_5 M_{10} N^+$	• variazioni dell'ampiezza della scala del fattore Naturalità
19	$K_R R_{1,6} L_{10} M_{10} N^\pm$	(N-: scala da 1 a 1,4; N±: scala da 1 a 1,6; N+: scala da 1 a 1,8)
<b>20</b>	<b><math>K_R R_{1,6} L_{7,5} M_{10} N^\pm</math></b>	
21	$K_R R_{1,6} L_5 M_{10} N^\pm$	

**6ª serie di simulazioni**

22	R20%FE	
23	R25%FE	Fermo Estivo e semplice Rilascio di una data % della portata
24	R30%FE	

Nella tabella, lo scenario finale adottato (scenario 20) è evidenziato in grassetto.

Nelle simulazioni sono state utilizzate le seguenti scale dei fattori:

**Fattore P (precipitazioni)**

Per il fattore Precipitazioni l'Autorità di Bacino del Po ha proposto le seguenti classi:

- P = 1 per precipitazioni medie annue del bacino sotteso inferiori a 1000 mm
- P = 1,4 per precipitazioni medie annue del bacino sotteso comprese tra 1000 e 1400 mm
- P = 1,8 per precipitazioni medie annue del bacino sotteso superiori a 1400 mm

Viste le elevate precipitazioni registrabili nel bacino del Magra, il fattore P avrebbe assunto quasi sempre il valore massimo (1,8). Per tener conto di questa specificità locale l'Autorità di bacino del Magra ha ritenuto opportuno apportare i seguenti due ritocchi, pur mantenendo entro i limiti 1-1,8 l'intervallo di variazione del fattore P:

- suddivisione in 5 classi di precipitazioni (anziché 3) per graduare meno bruscamente l'incremento dei rilasci corrispondente all'incremento delle precipitazioni;

- ampliamento della scala delle precipitazioni (come qui sotto riportato) per meglio adeguarla alla elevata piovosità del bacino del Magra:

<b>Precipitazioni medie bacino sotteso alla derivazione (mm H<sub>2</sub>O)</b>	<b>fattore P</b>
< 1200	1
1200-1400	1,2
1400-1600	1,4
1600-1800	1,6
> 1800	1,8

### Fattore A (Altitudine)

sono state sperimentate una scala ampia ed una ridotta:

<b>Altitudine media bacino (metri s.l.m.)</b>	<b>fattore A (scala ampia)</b>	<b>fattore A (scala ridotta)</b>
0-400	1,4	1,2
400-600	1	1
600-800	1,2	1,1
> 800	1,4	1,2

### Fattore Q (Qualità del corso d'acqua)

L'Autorità di Bacino del Po, pur non avendo ancora fissato dei valori, ha proposto 4 valori compresi nell'intervallo 1,0-1,3 da assegnare in base alla qualità biologica misurata con l'Indice Biotico Esteso (IBE), un metodo basato sullo studio della struttura delle comunità di macroinvertebrati che colonizzano i substrati fluviali. Considerato che i valori di IBE vengono convenzionalmente raggruppati in 5 classi di qualità biologica, si è ritenuto opportuno associare al fattore Q un valore per ogni classe di qualità, ottenendo così 5 valori compresi nell'intervallo 1,0-1,4:

<b>Classe di qualità biologica (metodo IBE)</b>	<b>fattore Q</b>
1 <sup>a</sup> (non inquinato)	1
2 <sup>a</sup> (leggermente inquinato)	1,1
3 <sup>a</sup> (inquinato)	1,2
4 <sup>a</sup> (nettamente inquinato)	1,3
5 <sup>a</sup> (fortemente inquinato)	1,4

Si noti che questa scala “premia” le derivazioni di acque di buona qualità e impone maggiori rilasci alle derivazioni di acque inquinate. Ciò non deve sorprendere in quanto:

- la protezione degli ambienti di pregio naturalistico (solitamente con acque di buona qualità) viene affidata al fattore N;
- la prescrizione di rilasci più elevati per acque più inquinate mira a garantire sufficienti condizioni di diluizione degli inquinanti presenti;
- tale prescrizione può agire da stimolo ad azioni di risanamento e di mantenimento della qualità delle acque, col duplice vantaggio di associare un miglioramento ecologico ad un incremento produttivo (più migliora la qualità delle acque, più acqua è possibile derivare).

Va osservato inoltre che l’ampliamento della scala del fattore Q (da 1,0 a 1,4 anziché da 1,0 a 1,3) ha il puro scopo di adeguarsi alle 5 classi di qualità previste dall’IBE e non comporta alcuna ripercussione produttiva, sia perché le acque del bacino del Magra suscettibili di derivazione sono quasi tutte nella 1<sup>a</sup> classe di qualità (fattore Q = 1, quindi influente), sia perché le acque di 5<sup>a</sup> classe di qualità (Q = 1,4) sono talmente inquinate da sconsigliare ogni utilizzo impiantistico.

Visto che la qualità biologica può variare nel tempo e lungo il tratto compreso tra la derivazione e la restituzione, sarà necessario predisporre un monitoraggio periodico. Considerata la necessità di tutelare i tratti in condizioni più critiche, al fine della definizione del valore del fattore Q va utilizzato il valore di indice IBE più basso.

### Fattore N (Naturalità)

Sono state sperimentate una scala ridotta (N-), una intermedia (N±) ed una ampia (N+):

Indice di naturalità* (vedi allegato 5)	fattore N scala N-	fattore N scala N±	fattore N scala N+
1 aree antropizzate fortemente compromesse	1	1	1
2 aree antropizzate, ma con possibilità di naturalizzazione	1,1	1,15	1,2
3 aree naturali/seminaturali con evidenti interventi antropici	1,2	1,30	1,4
4 aree naturali/seminaturali	1,3	1,45	1,6
5 aree naturali di grande pregio	1,4	1,60	1,8

### Fattore geomorfologico (G)

Geomorfologia	fattore G
in tutti i casi (per il momento)	1

### Fattore lunghezza (L<sub>x</sub>)

L’algoritmo prescelto per il calcolo del fattore L comporta un aumento di una data percentuale (x%) della portata da rilasciare in alveo per ogni km di distanza (D) tra presa e rilascio

(misurata lungo l’asta fluviale). I valori di x sperimentati sono stati: 10%, 7,5%, 5%, 2,5% e 2%. La seguente tabella mostra, a titolo di esempio, il solo caso di x= 10%.

<b>Lunghezza presa-restituzione</b>	<b>fattore <math>L_{10}</math></b>
aumento dei rilasci del 10% per ogni km di distanza (D) tra presa e restituzione all’alveo delle acque derivate	$1 + (D \cdot 0,1)$

### Modulazione della portata ( $M_x$ )

A differenza degli altri fattori –che sono tutti moltiplicativi– il fattore M è additivo. Le numerose simulazioni effettuate hanno confermato l’importanza di questo fattore che assume carattere irrinunciabile. I valori di x sperimentati sono stati: 0% (nessuna modulazione), 10%, 20%, e 30%. La seguente tabella mostra, a titolo di esempio, il solo caso di x= 10%.

<b>Modulazione di portata</b>	<b>fattore <math>M_{10}</math></b>
10% della differenza tra la portata naturale e il DMV senza modulazione	$M_{10} = 0,1 \cdot (Q_{naturale} - DMV_{Non\ Modulato})$

## 2. Risultati delle simulazioni

La procedura seguita viene descritta in dettaglio per le simulazioni della derivazione dal F. Magra in loc. Chiesaccia (allegato 4B). Per le altre cinque derivazioni sottoposte a simulazioni si è ritenuto opportuno non ripetere la descrizione della procedura, ma limitarsi a riportare i dati di base e i risultati (grafici e tabelle: allegati 4C-4G).

In questa sede viene affrontata una discussione comparata dei risultati delle simulazioni effettuate sulle sei derivazioni prese in considerazione. Allo scopo di permettere una comparazione immediata, i risultati essenziali di tutte le simulazioni vengono riportati nella seguente tabella 1. In essa è riportato anche il DMV specifico medio che, negli scenari con modulazione della portata, è ovviamente superiore al DMV specifico di base. Le ultime due colonne mostrano le ripercussioni produttive di ciascun scenario in termini di differenza percentuale rispetto allo scenario di progetto, così come proposto dalla ditta richiedente o con fermo produttivo dal 16 giugno al 15 settembre.

Nella tabella ogni serie di simulazioni è separata dalle altre da linee più marcate; lo scenario finale adottato è evidenziato da caratteri in grassetto. Per ogni derivazione vengono riportati la superficie del bacino, la distanza presa-restituzione e l’indice di naturalità utilizzato per le simulazioni (stima provvisoria).

**Tab. 1. DMV e ripercussioni produttive: confronto tra scenari simulati**

**CHIESACCIA: superficie 455 kmq; distanza presa-restituzione 1 km; indice naturalità 3**

Scenari:	DMV base l / s	DMVspec base l/s-kmq	DMVspec medio l/s-kmq	Produz % su Scen 1	Produz % su Scen 1 FermoEstivo
1 (di progetto)	1310	2,88		0,00	9,67

KR2L5M0	2477	5,44	5,42	-8,80	0,03
KR2L5M10	2477	5,44	6,79	-13,51	-5,14
KR3L5M0	3715	8,16	7,93	-17,70	-9,73
KR3L5M10	3715	8,16	9,08	-21,73	-14,15
KR2,5L5M10	3096	6,80	7,98	-17,81	-9,85
KR1,6L5M10	1981	4,35	5,81	-10,10	-1,40
KR1,6L5M20	1981	4,35	7,43	-15,51	-7,34
KR1,6L5M30	1981	4,35	9,25	-21,39	-13,79
KrR2,5L5M10	2838	6,24	7,47	-15,96	-7,82
KrR2,5L2,5M10	2770	6,09	7,35	-15,54	-7,37
KrR2,2L2M10	2426	5,33	6,70	-13,18	-4,77
KrR1,6L10M10N-	1903	4,18	5,66	-9,58	-0,83
KrR1,6L7,5M10N-	1859	4,09	5,58	-9,30	-0,52
KrR1,6L5M10N-	1816	3,99	5,50	-9,02	-0,22
KrR1,6L10M10N+	2220	4,88	6,30	-11,75	-3,21
KrR1,6L7,5M10N+	2169	4,77	6,21	-11,43	-2,85
KrR1,6L5M10N+	2119	4,66	6,10	-11,10	-2,50
KrR1,6L10M10N±	2061	4,53	5,96	-10,62	-1,97
<b>KrR1,6L7,5M10N±</b>	<b>2014</b>	<b>4,43</b>	<b>5,87</b>	<b>-10,32</b>	<b>-1,64</b>
KrR1,6L5M10N±	1968	4,32	5,78	-10,01	-1,30
R20%FE				-12,73	-4,28
R25%FE				-15,68	-7,52
R30%FE				-18,77	-10,91

**CROBAROLA: superficie 17,49 kmq; distanza presa-restituz. 5,3 km; indice naturalità 5**

Scenari:	DMV base l / s	DMVspec base l/s-kmq	DMVspec medio l/s-kmq	Produz % su Scen 1	Produz % su Scen 1 FermoEstivo
1 (di progetto)	46	2,63		0,00	6,33
KR2L5M0	139	7,93	7,88	-12,76	-6,91
KR2L5M10	139	7,93	9,62	-17,02	-11,46
KR3L5M0	208	11,90	10,86	-20,23	-14,88
KR3L5M10	208	11,90	12,48	-24,01	-18,91
KR2,5L5M10	173	9,92	11,12	-20,71	-15,39
KR1,6L5M10	111	6,35	8,23	-13,50	-7,70
KR1,6L5M20	111	6,35	10,67	-18,64	-13,19
KR1,6L5M30	111	6,35	13,34	-24,76	-19,72
KrR2,5L5M10	149	8,50	10,05	-18,13	-12,64
KrR2,5L2,5M10	133	7,61	9,34	-16,35	-10,73

KrR2,2L2M10	114	6,54	8,40	-13,95	-8,17
KrR1,6L10M10N-	115	6,58	8,44	-14,04	-8,27
KrR1,6L7,5M10N-	105	6,01	7,92	-12,73	-6,87
KrR1,6L5M10N-	95	5,44	7,40	-11,43	-5,48
KrR1,6L10M10N+	148	8,46	10,03	-18,05	-12,56
KrR1,6L7,5M10N+	135	7,73	9,46	-16,59	-11,00
KrR1,6L5M10N+	122	6,99	8,81	-14,98	-9,28
KrR1,6L10M10N±	132	7,52	9,27	-16,16	-10,53
<b>KrR1,6L7,5M10N±</b>	<b>120</b>	<b>6,87</b>	<b>8,70</b>	<b>-14,70</b>	<b>-8,97</b>
KrR1,6L5M10N±	109	6,22	8,11	-13,21	-7,38
R20%FE				-12,12	-6,22
R25%FE				-15,11	-9,41
R30%FE				-18,47	-12,99

**TAVERONE: superficie 68,68 kmq; distanza presa-restituzione 6 km; indice naturalità 3**

Scenari:	DMV base l / s	DMVspec base l/s-kmq	DMVspec medio l/s-kmq	Produz % su Scen 1	Produz % su Scen 1 FermoEstivo
1 (di progetto)	138	2,01			7,10
KR2L5M0	540	7,86	7,86	-9,60	-3,15
KR2L5M10	540	7,86	10,76	-14,46	-8,36
KR3L5M0	810	11,79	11,14	-15,22	-9,17
KR3L5M10	810	11,79	13,89	-19,85	-14,13
KR2,5L5M10	675	9,83	12,41	-17,33	-11,43
KR1,6L5M10	432	6,29	9,33	-11,94	-5,66
KR1,6L5M20	432	6,29	12,89	-17,74	-11,88
KR1,6L5M30	432	6,29	17,09	-24,26	-18,86
KrR2,5L5M10	579	8,42	11,31	-15,35	-9,31
KrR2,5L2,5M10	512	7,45	10,39	-13,80	-7,65
KrR2,2L2M10	439	6,39	9,42	-12,09	-5,82
KrR1,6L10M10N-	456	6,64	9,64	-12,49	-6,25
KrR1,6L7,5M10N-	413	6,01	9,08	-11,50	-5,18
KrR1,6L5M10N-	370	5,39	8,48	-10,51	-4,12
KrR1,6L10M10N+	532	7,74	10,65	-14,26	-8,15
KrR1,6L7,5M10N+	482	7,02	10,00	-13,10	-6,90
KrR1,6L5M10N+	432	6,29	9,33	-11,94	-5,66
KrR1,6L10M10N±	494	7,19	10,16	-13,38	-7,20
<b>KrR1,6L7,5M10N±</b>	<b>447</b>	<b>6,51</b>	<b>9,53</b>	<b>-12,30</b>	<b>-6,04</b>
KrR1,6L5M10N±	401	5,84	8,89	-11,22	-4,89

R20%FE	-14,71	-8,63
R25%FE	-17,90	-12,04
R30%FE	-21,25	-15,64

**MOLINELLO: superficie 48,6 kmq; distanza presa-restituzione 11 km; indice naturalità 4**

Scenari:	DMV base l / s	DMVspec base l/s-kmq	DMVspec medio l/s-kmq	Produs % su Scen 1	Produs % su Scen 1 FermoEstivo
1 (di progetto)	250	5,14		0,00	14,60
KR2L5M0	439	9,03	7,94	-8,55	4,63
KR2L5M10	439	9,03	10,54	-15,39	-3,20
KR3L5M0	658	13,54	11,38	-17,85	-6,01
KR3L5M10	658	13,54	13,69	-23,91	-12,94
KR2,5L5M10	548	11,28	12,15	-19,72	-8,14
KR1,6L5M10	351	7,22	9,19	-11,82	0,90
KR1,6L5M20	351	7,22	12,11	-19,42	-7,80
KR1,6L5M30	351	7,22	15,14	-27,26	-16,77
KrR2,5L5M10	470	9,67	11,00	-16,65	-4,63
KrR2,5L2,5M10	387	7,96	9,73	-13,28	-0,78
KrR2,2L2M10	326	6,70	8,79	-10,76	2,11
KrR1,6L10M10N-	408	8,39	10,04	-14,13	-1,75
KrR1,6L7,5M10N-	354	7,29	9,24	-11,95	0,75
KrR1,6L5M10N-	301	6,19	8,41	-9,72	3,30
KrR1,6L10M10N+	502	10,32	11,48	-17,89	-6,05
KrR1,6L7,5M10N+	436	8,97	10,50	-15,28	-3,07
KrR1,6L5M10N+	370	7,62	9,48	-12,61	-0,01
KrR1,6L10M10N±	455	9,35	10,77	-16,03	-3,93
<b>KrR1,6L7,5M10N±</b>	<b>395</b>	<b>8,13</b>	<b>9,85</b>	<b>-13,63</b>	<b>-1,17</b>
KrR1,6L5M10N±	336	6,90	8,94	-11,17	1,64
R20%FE				-17,93	-6,10
R25%FE				-21,94	-10,69
R30%FE				-26,02	-15,35

**VALSCURA: superficie 15,6 kmq; distanza presa-restituzione 0,8 km; indice naturalità 4**

Scenari:	DMV base l / s	DMVspec base l/s-kmq	DMVspec medio l/s-kmq	Produs % su Scen 1	Produs % su Scen 1 FermoEstivo
1 (di progetto)	35	2,24		0,00	16,87
KR2L5M0	106	6,81	6,07	-10,06	5,25
KR2L5M10	106	6,81	8,24	-15,56	-1,19
KR3L5M0	159	10,22	8,73	-17,03	-2,92
KR3L5M10	159	10,22	10,71	-22,09	-8,84
KR2,5L5M10	133	8,52	9,50	-18,88	-5,08

KR1,6L5M10	85	5,45	7,23	-12,84	1,99
KR1,6L5M20	85	5,45	9,83	-19,20	-5,45
KR1,6L5M30	85	5,45	12,68	-26,18	-13,62
KrR2,5L5M10	114	7,30	8,61	-16,52	-2,32
KrR2,5L2,5M10	112	7,16	8,50	-16,24	-1,99
KrR2,2L2M10	98	6,28	7,85	-14,49	0,06
KrR1,6L10M10N-	76	4,85	6,77	-11,63	3,40
KrR1,6L7,5M10N-	74	4,76	6,70	-11,45	3,62
KrR1,6L5M10N-	73	4,67	6,62	-11,27	3,83
KrR1,6L10M10N+	93	5,97	7,61	-13,88	0,77
KrR1,6L7,5M10N+	91	5,86	7,53	-13,66	1,03
KrR1,6L5M10N+	90	5,75	7,45	-13,44	1,29
KrR1,6L10M10N±	84	5,41	7,20	-12,76	2,08
<b>KrR1,6L7,5M10N±</b>	<b>83</b>	<b>5,31</b>	<b>7,12</b>	<b>-12,56</b>	<b>2,32</b>
KrR1,6L5M10N±	81	5,21	7,05	-12,36	2,55
R20%FE				-21,58	-8,23
R25%FE				-24,78	-11,98
R30%FE				-28,15	-15,93

**TERCHIO: superficie 3,6 kmq; distanza presa-restituzione 0,65 km; indice naturalità 4**

Scenari:	DMV base l / s	DMVspec base l/s-kmq	DMVspec medio l/s-kmq	Produz % su Scen 1	Produz % su Scen 1 FermoEstivo
1 (di progetto)	7,2	2,00		0,00	18,77
KR2L5M0	24,4	6,76	5,96	-10,61	6,24
KR2L5M10	24,4	6,76	7,80	-15,33	0,63
KR3L5M0	36,5	10,15	8,56	-17,66	-2,14
KR3L5M10	36,5	10,15	10,22	-21,98	-7,27
KR2,5L5M10	30,4	8,46	9,01	-18,70	-3,38
KR1,6L5M10	19,5	5,41	6,74	-12,60	3,88
KR1,6L5M20	19,5	5,41	9,00	-18,12	-2,69
KR1,6L5M30	19,5	5,41	11,45	-24,30	-10,03
KrR2,5L5M10	26,1	7,25	8,14	-16,31	-0,53
KrR2,5L2,5M10	25,7	7,13	8,06	-16,08	-0,26
KrR2,2L2M10	22,5	6,26	7,37	-14,30	1,85
KrR1,6L10M10N-	17,2	4,78	6,27	-11,32	5,40
KrR1,6L7,5M10N-	17,0	4,71	6,21	-11,17	5,58
KrR1,6L5M10N-	16,7	4,64	6,16	-11,02	5,76
KrR1,6L10M10N+	21,2	5,89	7,10	-13,56	2,73
KrR1,6L7,5M10N+	20,9	5,80	7,03	-13,38	2,95

KrR1,6L5M10N+	20,6	5,71	6,97	-13,20	3,17
KrR1,6L10M10N±	19,2	5,34	6,68	-12,44	4,06
<b>KrR1,6L7,5M10N±</b>	<b>18,9</b>	<b>5,26</b>	<b>6,62</b>	<b>-12,28</b>	<b>4,26</b>
KrR1,6L5M10N±	18,6	5,17	6,56	-12,11	4,45
R20%FE				-21,41	-6,60
R25%FE				-24,11	-9,81
R30%FE				-27,01	-13,25

L'obiettivo della prima serie di simulazioni era confrontare scenari con e senza modulazione della portata, tutti con rilasci specifici più elevati dello scenario di progetto. Quest'ultimo, infatti, è apparso subito improponibile in quanto:

- per tutte le derivazioni, ad eccezione di quella di Molinello, prevede DMV molto bassi (da 2 a 2,88 l/s·kmq) che, anche nei periodi di magra, comportano il prelievo di buona parte della portata accentuando le condizioni naturali di stress;
- anche la derivazione che prevede rilasci più generosi (Molinello: 5,14 l/s·kmq) comporta un andamento idrologico costante, interrotto da bruschi picchi di portata in occasione delle piene. In queste condizioni, perfino l'aumento del deflusso in alveo risulterebbe un ulteriore stress, per il carattere repentino delle variazioni di portata.

In tutte le derivazioni simulate (allegati 4B-4G) i grafici 2 mostrano che l'andamento delle portate derivate è strettamente appressato a quello delle portate naturali e che, pertanto gli scenari di progetto sottraggono una quota della portata veramente eccessiva. A conferma delle considerazioni già svolte, i grafici 3 mostrano la linea di base delle portate rilasciate piatta e molto bassa, interrotta da repentini ed elevati picchi di piena.

Nonostante i rilasci di base sensibilmente più elevati, anche gli scenari privi di modulazione ( $KR_2L_5M_0$  e  $KR_3L_5M_0$ : grafici 5 e 9) presentano un analogo andamento delle portate rilasciate del tutto innaturale (linea piatta e bruschi picchi) e, pertanto, inaccettabile dal punto di vista ecologico.

Negli scenari con modulazione della portata, invece ( $KR_2L_5M_{10}$ ,  $KR_3L_5M_{10}$  e  $KR_{2,5}L_5M_{10}$ : grafici 6-7 e 10-13), la linea di base delle portate rilasciate perde l'andamento piatto per assumere oscillazioni di breve e di lungo periodo che rispecchiano –sia pure in maniera molto attenuata– le variazioni naturali della portata.

Tenuto conto dell'importanza ecologica delle variazioni stagionali della portata (per l'influenza da esse esercitata sui cicli vitali degli organismi acquatici), la modulazione della portata è stata ritenuta un elemento irrinunciabile della formula di calcolo del DMV.

La seconda serie di simulazioni era rivolta a verificare l'entità più adeguata della modulazione della portata. A tale scopo è stata ridotta la quota fissa del DMV (riducendo il Rilascio<sub>specifico</sub> a 1,6 l/s·kmq) ed è stata aumentata la quota variabile, correlata all'andamento naturale delle portate (modulazione del 10%, 20% e 30%).

I grafici 14-19 mostrano che questo approccio risulta insoddisfacente. Questi scenari, infatti, comportano la prosecuzione della derivazione per buona parte dei periodi di magra, colpendo l'ecosistema fluviale proprio nel suo periodo più delicato.

D'altronde anche gli scenari con rilasci ecologici più elevati (con modulazione della portata del 20% e del 30%) presentano il duplice inconveniente di risultare insufficientemente protettivi dal punto di vista ecologico e sconvenienti dal punto di vista produttivo. In altre parole, essi comportano rilasci superiori alle necessità ecologiche nei periodi di morbida e rilasci inferiori ad esse nei periodi di magra.

Dopo consultazione di alcune società idroelettriche si è deciso di sperimentare altre simulazioni volte a tenere in maggiore considerazione le esigenze produttive, accettando dunque un certo livello di stress ecologico, purché contenuto entro limiti sopportabili.

Al termine delle prime due serie di simulazioni è stato pertanto scelto provvisoriamente come più adeguato lo scenario  $KR_{2,5}L_5M_{10}$ . Esso comporta:

- un  $DMV_{specifico}$  di base variabile da 6,8 l/s·kmq (Chiesaccia) a 11,28 l/s·kmq (Molinello);
- un  $DMV_{specifico}$  medio (tenendo cioè conto della modulazione della portata) variabile da 7,98 l/s·kmq (Chiesaccia) a 12,41 l/s·kmq (Taverone);
- una riduzione produttiva, rispetto al corrispondente scenario di progetto, variabile dal 17,33% (Taverone) al 20,71% (Crobarola);
- una riduzione produttiva, rispetto al corrispondente scenario di progetto + fermo estivo, variabile dal 3,38% (Terchio) al 15,39% (Crobarola).

Nella terza e quarta serie di simulazioni è stato pertanto adottato il triplice accorgimento di sperimentare la riduzione del Rilascio  $_{specifico}$  (a 2,5 e, poi, a 2,2 l/s·kmq) e del peso attribuito ai fattori Altitudine (scala da 1 a 1,2) e Lunghezza (dal 5% al 2,5% e, poi, al 2% per ogni km di distanza presa-restituzione).

Lo scenario che prevede rilasci più bassi ( $KRR_{2,2}L_2M_{10}$ ) comporta evidenti vantaggi produttivi: la riduzione produttiva sul corrispondente scenario di progetto scende al 10,76% e al 14,49%, rispettivamente per Molinello e per Valscura mentre, rispetto allo scenario di progetto con fermo estivo, si va da una riduzione produttiva dell'8,71% per Crobarola ad un incremento produttivo del 2,11% per Molinello.

Va tuttavia sottolineato che la strada seguita per contenere le ripercussioni produttive ha comportato la progressiva riduzione del peso di vari fattori della formula di calcolo del  $DMV_{specifico}$  (Altitudine, Rilascio  $_{specifico}$ , Lunghezza) giungendo, con lo scenario  $KRR_{2,2}L_2M_{10}$ , a snaturare l'essenza della formula stessa. Questa, infatti, è venuta a perdere le sue caratteristiche più qualificanti, in primo luogo la capacità di fornire  $DMV_{specifico}$  adeguatamente differenziati per le singole realtà locali. Ciò è testimoniato dal fatto che la forbice tra il massimo e il minimo  $DMV_{SpecificoBase}$  scende dai 4,48 l/s·kmq dello scenario  $KR_{2,5}L_5M_{10}$  ai soli 1,37 l/s·kmq dello scenario  $KRR_{2,2}L_2M_{10}$  (con il massimo di 6,70 l/s·kmq per Molinello e il minimo di 5,33 l/s·kmq per la Chiesaccia).

È stato pertanto deciso di sperimentare una quinta serie di simulazioni riducendo direttamente alcuni fattori della formula (scala ridotta per l'Altitudine e Rilascio  $_{specifico} = 1,6$  l/s·kmq) rivalutando, invece, i fattori Lunghezza e Naturalità in modo da attribuire loro un peso effettivamente commisurato alla loro importanza ecologica.

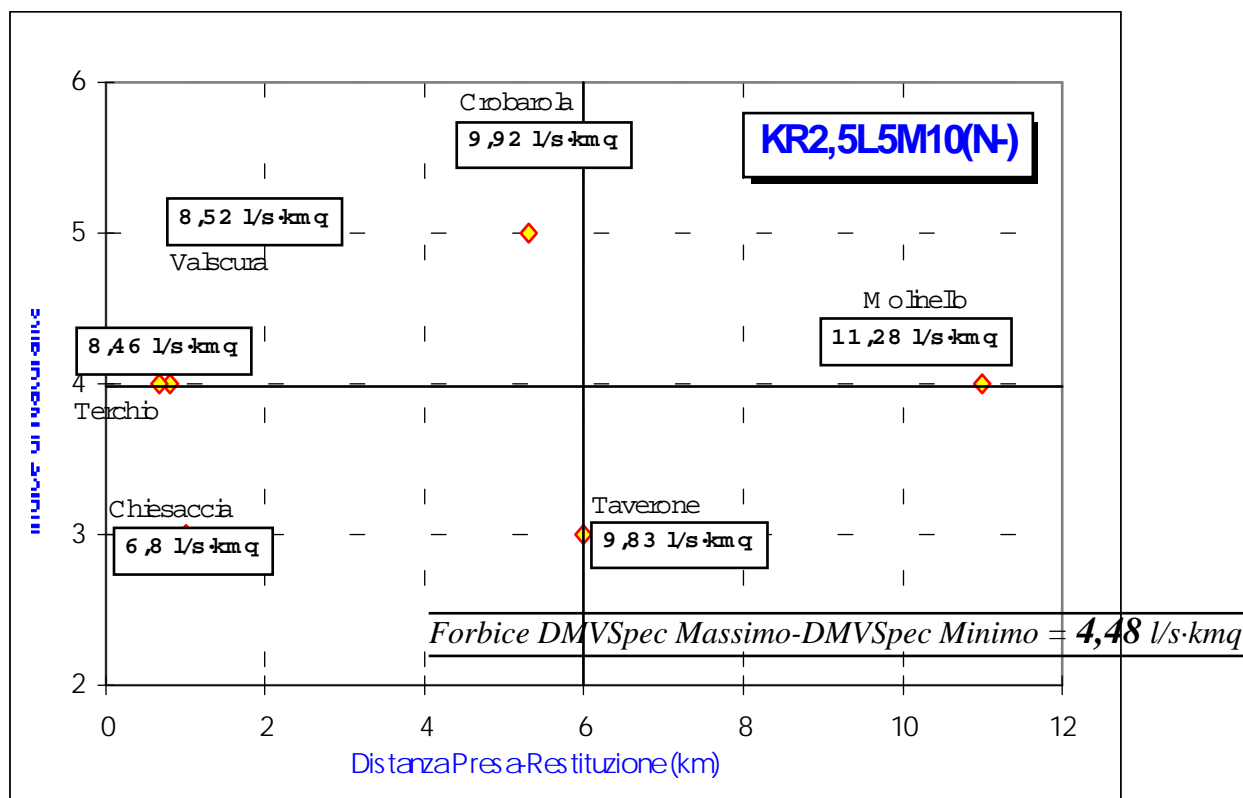
Tra i nove scenari simulati in questa serie (scenari dal n° 13 al n° 21) è stato ritenuto più equilibrato quello  $K_R R_{1,6} L_{7,5} M_{10} N_{\pm}$  (scenario 20). In esso vengono adottati per K e per R i valori più bassi di tutte le simulazioni effettuate e, per i fattori L e N, valori intermedi; per la modulazione della portata, invece, è stato mantenuto il valore del 10%, dimostratosi soddisfacente nella seconda serie di simulazioni e nelle successive.

Per facilitare il confronto, nella tabella 2 vengono riassunti i dati essenziali relativi ai tre scenari che, tra tutte le simulazioni effettuate, sono risultati da tenere in maggiore considerazione.

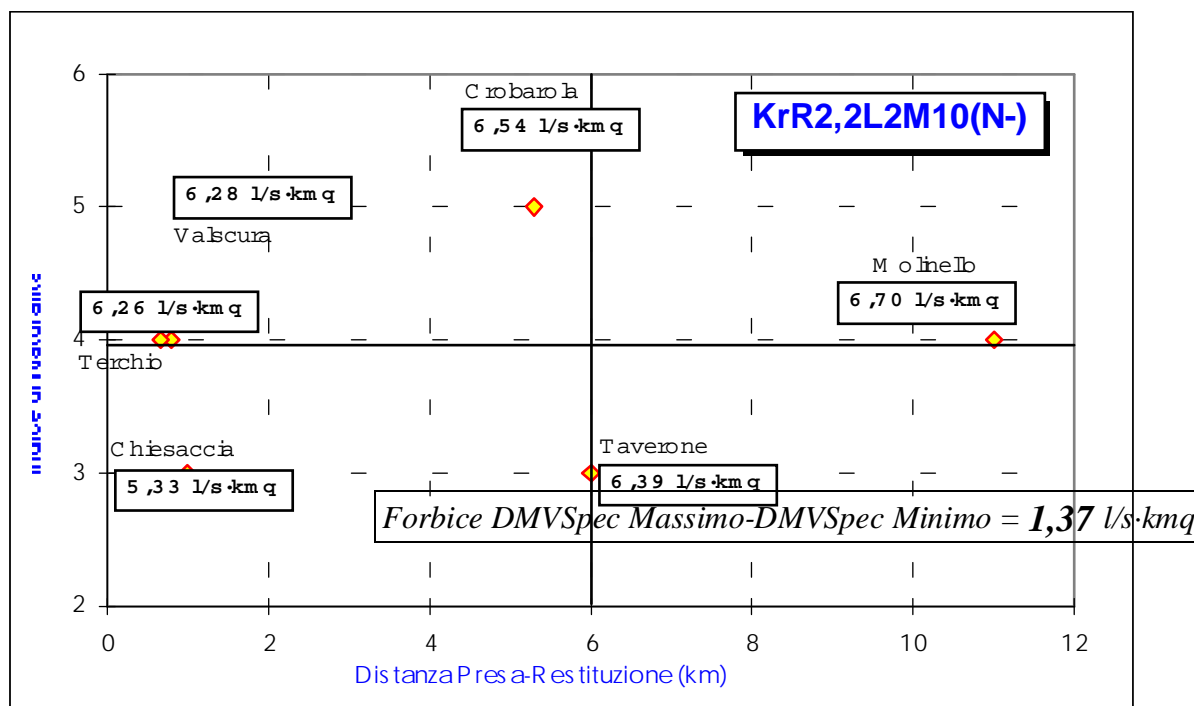
Tab. 2. Confronto, per ciascuna derivazione, dei tre scenari presi in maggior considerazione

<b>CHIESACCIA: superficie 455 kmq; distanza presa-restituzione 1 km; indice naturalità 3</b>					
Scenari:	DMV base l / s	DMVspec base l/s-kmq	DMVspec medio l/s-kmq	Produs % su Scen 1	Produs % su Scen 1 FermoEstivo
KR2,5L5M10	3096	6,80	7,98	-17,81	-9,85
KrR2,2L2M10	2426	5,33	6,70	-13,18	-4,77
<b>KrR1,6L7,5M10N±</b>	<b>2014</b>	<b>4,43</b>	<b>5,87</b>	<b>-10,32</b>	<b>-1,64</b>
<b>CROBAROLA: superficie 17,49 kmq; distanza presa-restituz. 5,3 km; indice naturalità 5</b>					
Scenari:	DMV base l / s	DMVspec base l/s-kmq	DMVspec medio l/s-kmq	Produs % su Scen 1	Produs % su Scen 1 FermoEstivo
KR2,5L5M10	173	9,92	11,12	-20,71	-15,39
KrR2,2L2M10	114	6,54	8,40	-13,95	-8,17
<b>KrR1,6L7,5M10N±</b>	<b>120</b>	<b>6,87</b>	<b>8,70</b>	<b>-14,70</b>	<b>-8,97</b>
<b>TAVERONE: superficie 68,68 kmq; distanza presa-restituzione 6 km; indice naturalità 3</b>					
Scenari:	DMV base l / s	DMVspec base l/s-kmq	DMVspec medio l/s-kmq	Produs % su Scen 1	Produs % su Scen 1 FermoEstivo
KR2,5L5M10	675	9,83	12,41	-17,33	-11,43
KrR2,2L2M10	439	6,39	9,42	-12,09	-5,82
<b>KrR1,6L7,5M10N±</b>	<b>447</b>	<b>6,51</b>	<b>9,53</b>	<b>-12,30</b>	<b>-6,04</b>
<b>MOLINELLO: superficie 48,6 kmq; distanza presa-restituzione 11 km; indice naturalità 4</b>					
Scenari:	DMV base l / s	DMVspec base l/s-kmq	DMVspec medio l/s-kmq	Produs % su Scen 1	Produs % su Scen 1 FermoEstivo
KR2,5L5M10	548	11,28	12,15	-19,72	-8,14
KrR2,2L2M10	326	6,70	8,79	-10,76	2,11
<b>KrR1,6L7,5M10N±</b>	<b>395</b>	<b>8,13</b>	<b>9,85</b>	<b>-13,63</b>	<b>-1,17</b>
<b>VALSCURA: superficie 15,6 kmq; distanza presa-restituzione 0,8 km; indice naturalità 4</b>					
Scenari:	DMV base l / s	DMVspec base l/s-kmq	DMVspec medio l/s-kmq	Produs % su Scen 1	Produs % su Scen 1 FermoEstivo
KR2,5L5M10	133	8,52	9,50	-18,88	-5,08
KrR2,2L2M10	98	6,28	7,85	-14,49	0,06
<b>KrR1,6L7,5M10N±</b>	<b>83</b>	<b>5,31</b>	<b>7,12</b>	<b>-12,56</b>	<b>2,32</b>
<b>TERCHIO: superficie 3,6 kmq; distanza presa-restituzione 0,65 km; indice naturalità 4</b>					
Scenari:	DMV base l / s	DMVspec base l/s-kmq	DMVspec medio l/s-kmq	Produs % su Scen 1	Produs % su Scen 1 FermoEstivo
KR2,5L5M10	30,4	8,46	9,01	-18,70	-3,38
KrR2,2L2M10	22,5	6,26	7,37	-14,30	1,85
<b>KrR1,6L7,5M10N±</b>	<b>18,9</b>	<b>5,26</b>	<b>6,62</b>	<b>-12,28</b>	<b>4,26</b>

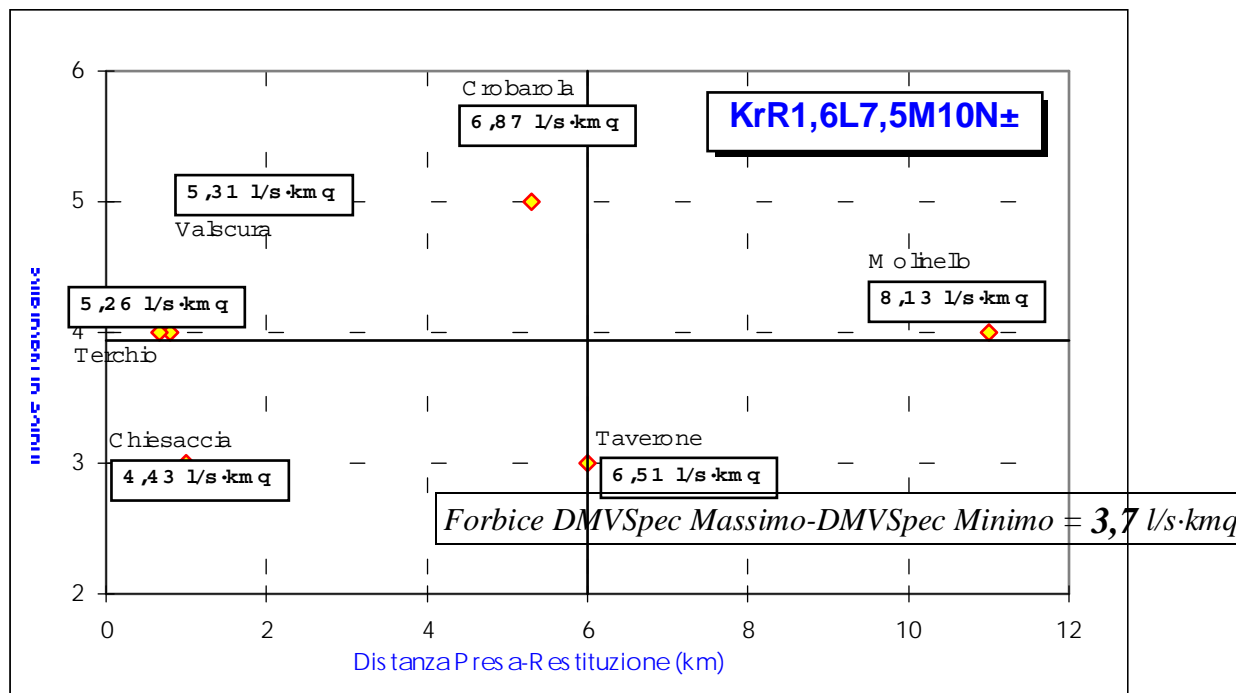
Ad ulteriore ausilio al confronto, le figure 1, 2 e 3 riportano (rispettivamente per gli scenari  $KR_{2,5}L_5M_{10}$ ,  $KrR_{2,2}L_2M_{10}$  e  $KrR_{1,6}L_{7,5}M_{10}N_{\pm}$ ) l'indice di naturalità, la distanza presa-restituzione e il  $DMV_{base}$  delle sei derivazioni studiate. Nelle figure i siti con naturalità più elevata risultano più in alto e quelli con maggiore distanza presa-restituzione risultano più a destra.



**Fig. 1.** Indice di naturalità, Distanza presa-restituzione e DMVbase (l/s.kmq) nello scenario  $KR_{2,5}L_{5}M_{10}(N-)$



**Fig. 2.** Indice di naturalità, Distanza presa-restituzione e DMVbase (l/s.kmq) nello scenario  $K_{R}R_{2,2}L_{2}M_{10}(N-)$



**Fig. 3.** Indice di naturalità, Distanza presa-restituzione e DMVbase (l/s·kmq) nello scenario  $K_R R_{1,6} L_{7,5} M_{10} N_{\pm}$

Un primo dato che appare evidente è che tutti i tre scenari considerati producono i rilasci più elevati per i siti che si collocano nell’angolo superiore destro e quelli più contenuti per la Chiesaccia (angolo inferiore sinistro). Ciò riflette la struttura della formula di calcolo del DMV, che aumenta con l’aumentare della naturalità e della distanza presa-restituzione.

Il riquadro sporgente dalle figure riporta la differenza tra il DMV massimo e il DMV minimo. Esso risulta di 4,48 l/s·kmq nel primo scenario e di soli 1,7 l/s·kmq nel secondo, confermano l’osservazione già svolta: la progressiva riduzione del peso dei fattori ha reso la formula priva della necessaria flessibilità e incapace di rispondere alle specifiche caratteristiche dei singoli siti.

Con lo scenario  $K_R R_{1,6} L_{7,5} M_{10} N_{\pm}$  viene raggiunto un duplice obiettivo: la formula recupera una sufficiente capacità di rispondere alle situazioni differenziate dei singoli siti (la forbice tra DMV massimo e minimo risale a 3,7 l/s·kmq) e consente di contenere la riduzione produttiva rispetto allo scenario di progetto. Rispetto allo scenario di progetto con fermo estivo la riduzione produttiva massima è dell’8,97% (per Crobarola) e, per alcune derivazioni (Valscura e Terchio) si realizza addirittura un incremento produttivo del 2,32% e del 4,26%.

La sesta serie di simulazioni, risultata insoddisfacente, non viene qui commentata.

Le simulazioni effettuate sperimentando numerose varianti della formula di calcolo del DMV hanno condotto a trovare una soluzione soddisfacente nello scenario  $K_R R_{1,6} L_{7,5} M_{10} N_{\pm}$  che è stato infine adottato come scenario più adeguato per il bacino del Magra.

I valori di DMV risultanti dall’applicazione della formula prescelta alle diverse situazioni locali, mostrano sensibili differenze. La tabella 3 mostra i risultati per le derivazioni conside-

rate e le ripercussioni produttive rispetto allo scenario di progetto (tal quale e con fermo estivo). Appare chiaro che i fattori N ed L esercitano un ruolo rilevante sul valore del DMV. Ciò è coerente con gli obiettivi che l’Autorità di bacino si era preposta: il fattore N è legato all’esigenza di tutelare aree di particolare pregio naturalistico, mentre il fattore L deriva dalla scelta del sito e delle tipologie progettuali dei singoli impianti.

**Tab. 3. Caratteristiche essenziali delle derivazioni e loro effetto sul DMV**

Derivazione	Naturalità [indice]	Distanza presa-restituzione	DMV base l/s·kmq	DMV medio l/s·kmq	Differ. produtt. %	Differ. produtt. % F.E.
Chiesaccia	media [3]	breve [1 km]	4,43	5,87	-10,32	-1,64
Crobarola	molto elevata [5]	lunga [5,3 km]	6,87	8,70	-14,70	-8,97
Maestà Saldi	media [3]	lunga [6 km]	6,51	9,53	-12,30	-6,04
Molinello	medio-alta [4]	molto lunga [11 km]	8,13	9,85	-13,63	-1,17
Valscura	medio-alta [4]	breve [0,8 km]	5,31	7,12	-12,56	+2,32
Terchio	medio-alta [4]	breve [0,65 km]	5,26	6,62	-12,28	+4,26

La tabella 4 mostra ancor più chiaramente l’influenza rilevante esplicitata dalla naturalità (fattore N) e dalla distanza presa-restituzione (fattore L): senza di essi il DMV di base (dipendente dai soli fattori idrologici e dalla quota) è quasi uguale per tutte le derivazioni e supera di poco i 3 l/s·kmq; il DMV medio –che tiene conto della modulazione della portata– va da 4,8 a 6,7 l/s·kmq. I campi grigi mostrano come il fattore che esercita la maggior influenza è L per le derivazioni con maggior distanza presa-restituzione (Molinello e Maestà dei Saldi) mentre è N per quelle con minor distanza presa-restituzione e con indice di naturalità più elevato.

**Tab. 4. Influenza sul DMV dei fattori N ed L**

	con N e L	senza N	senza L	senza N né L	con N e L	senza N	senza L	senza N né L
	DMV base	DMV base	DMV base	DMV base	DMV medio	DMV medio	DMV medio	DMV medio
Chiesaccia	4,4	<b>3,4</b>	4,1	3,2	5,9	5,0	5,6	<b>4,8</b>
Crobarola	6,9	<b>4,3</b>	4,9	3,1	8,7	6,4	6,9	<b>5,2</b>
Maestà Saldi	6,5	5,0	<b>4,5</b>	3,5	9,5	8,1	7,7	<b>6,7</b>
Molinello	8,1	5,6	<b>4,5</b>	3,1	9,9	8,0	7,1	<b>6,0</b>
Valscura	5,3	<b>3,7</b>	5,0	3,5	7,1	5,8	6,9	<b>5,6</b>
Terchio	5,3	<b>3,6</b>	5,0	3,5	6,6	5,4	6,4	<b>5,3</b>