



**SCENARI DI DISPONIBILITÀ IDRICA FUTURA
DELL'ACQUEDOTTO DELLA ROMAGNA
E OPZIONI DI INTERVENTO**

Armando Brath
Università di Bologna

Bologna – 11 marzo 2022

LA DIGA DI RIDRACOLI E L'ACQUEDOTTO DELLA ROMAGNA

La diga di Ridracoli dà da bere a 1.100.000 persone, permettendo l'esistenza del turismo in Romagna. Oggi è da tutti vista come una risorsa fondamentale, che ha posto fine alla storica *sete romagnola*. Nessuno, oggi, penserebbe di poterne fare a meno!

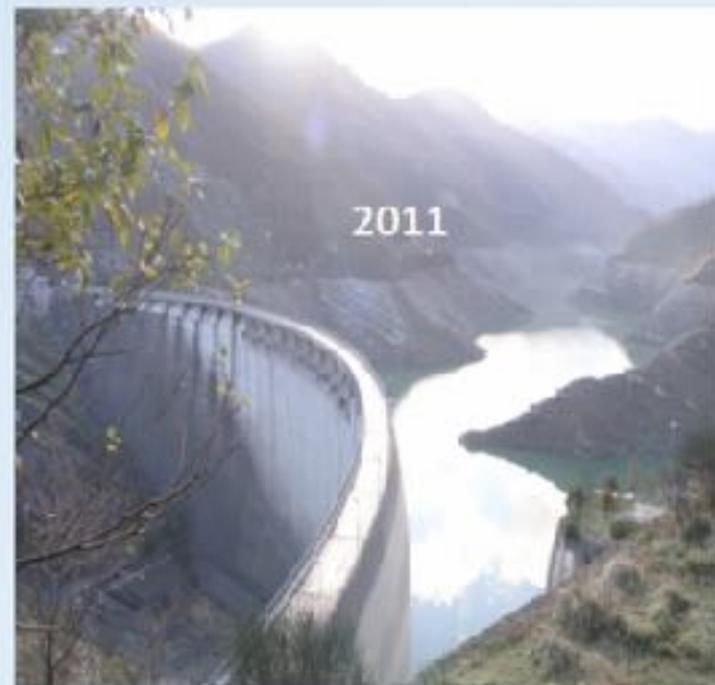


La diga di Ridracoli è percepita oggi come un'opera a forte valenza ambientale, luogo di escursioni e ricreazione, un elemento di forte valorizzazione ambientale!

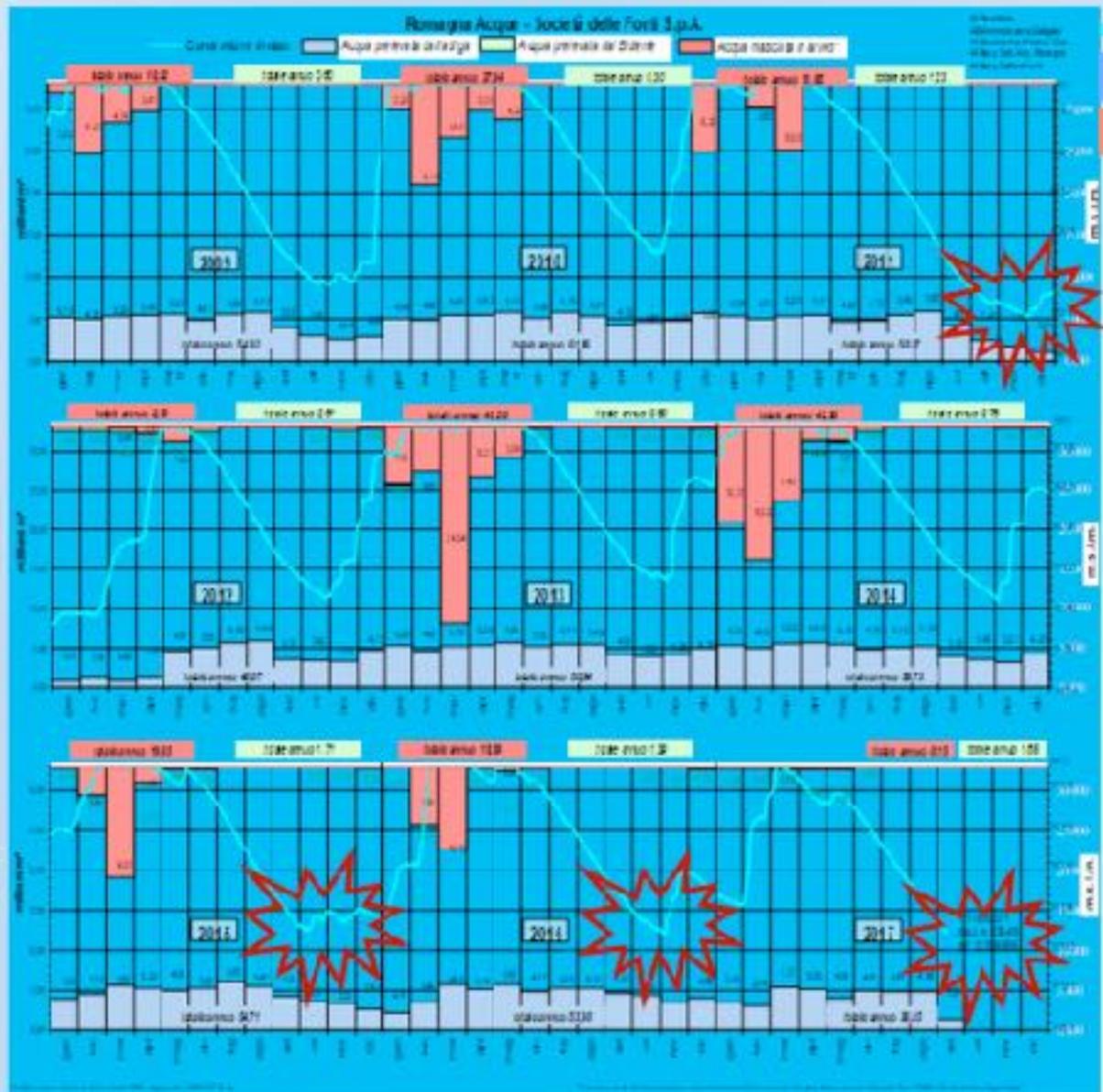
**L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO DELLA ROMAGNA.
SITUAZIONE ATTUALE E PROSPETTIVE FUTURE**



Negli ultimi 10-15 anni,
ripetute situazioni
di emergenza idrica



Nell'ultimo decennio, ripetute situazioni di emergenza idrica



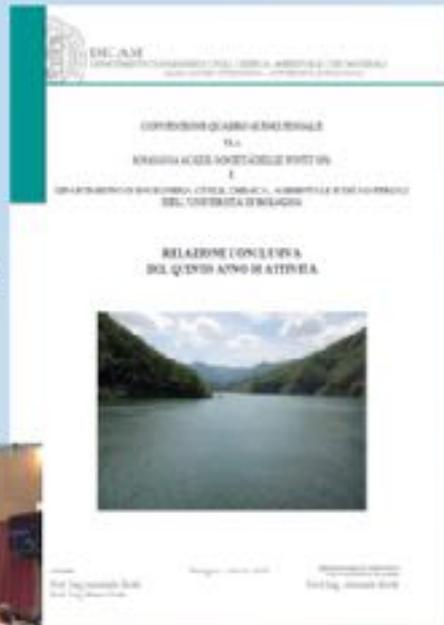
Emergenza idrica autunno 2017
(simile al 2011)



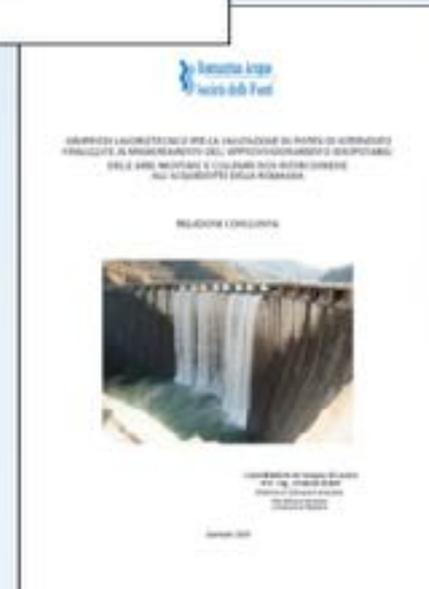
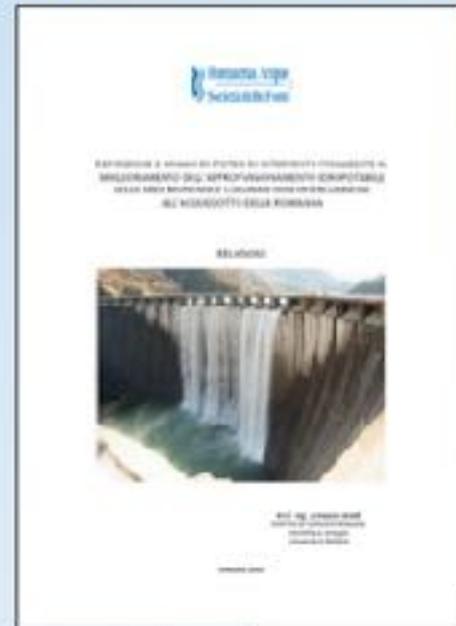
Le attività svolte tra Romagna Acque SpA e UniBo

Convenzione quadro con DICAM Unibo 2015-2019

- Attività di ricerca
- Convegni nazionali
- Corsi di alta formazione
- Visite tecniche



Coordinamento gruppo di lavoro istituito dopo la crisi idrica del 2017



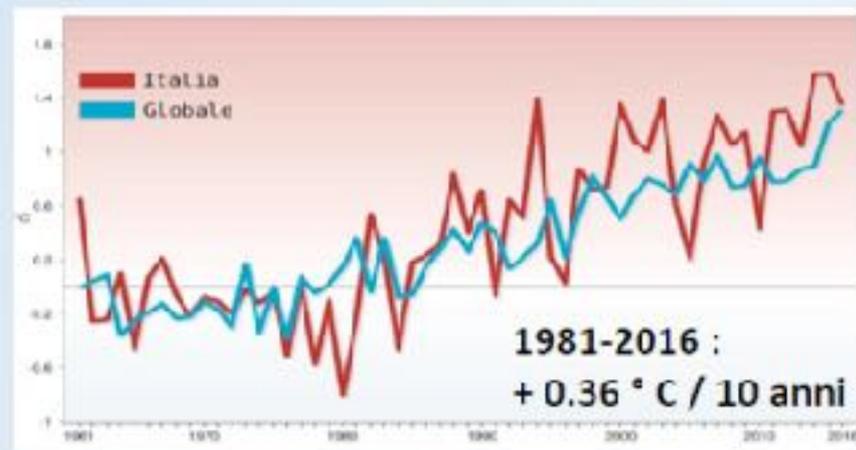
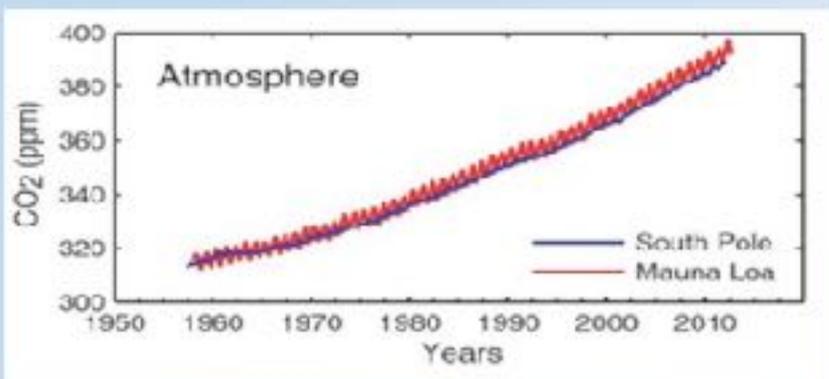
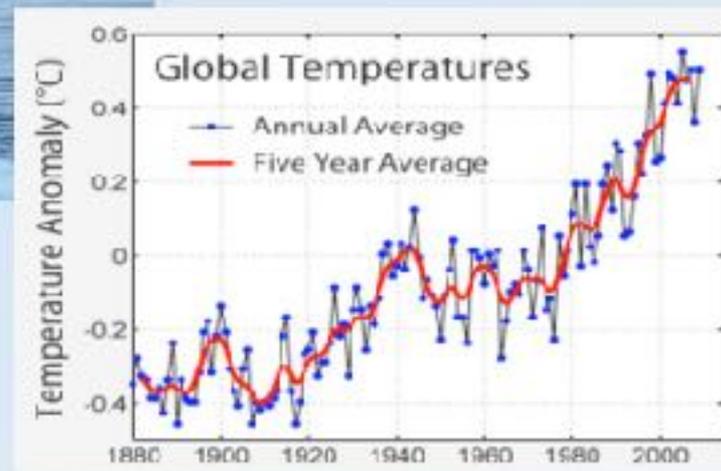
E il cambiamento climatico ?

Nel futuro, la situazione sembra essere destinata ad aggravarsi pesantemente per effetto del cambiamento climatico

Le cause del fenomeno



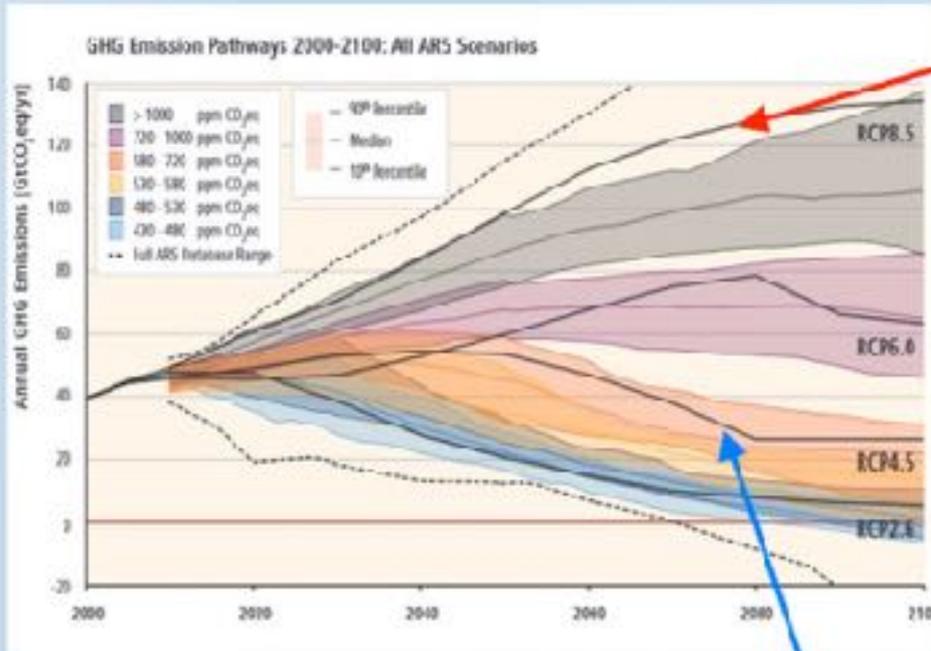
Le evidenze storiche



Il cambiamento climatico

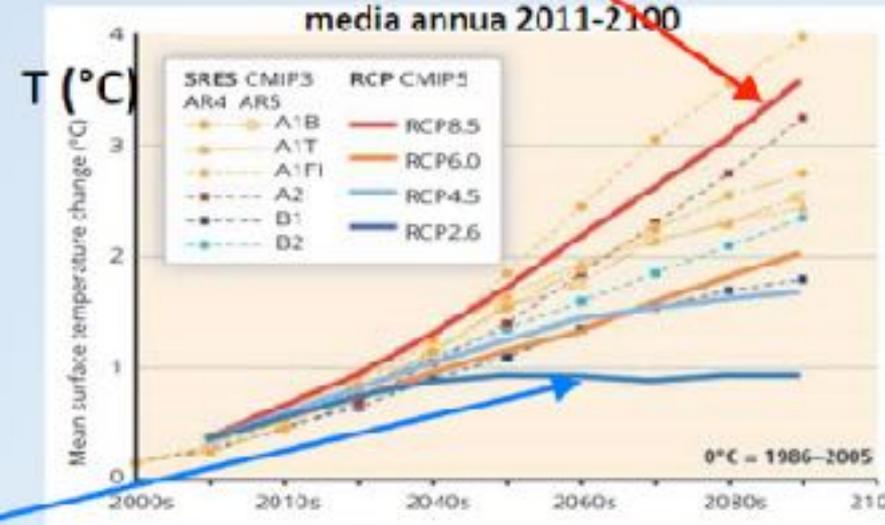
Il clima futuro ?

... dipenderà dagli scenari di emissione di Gas Serra (GHG)



RCP 8.5

Scenari di aumento delle temperatura media annua 2011-2100



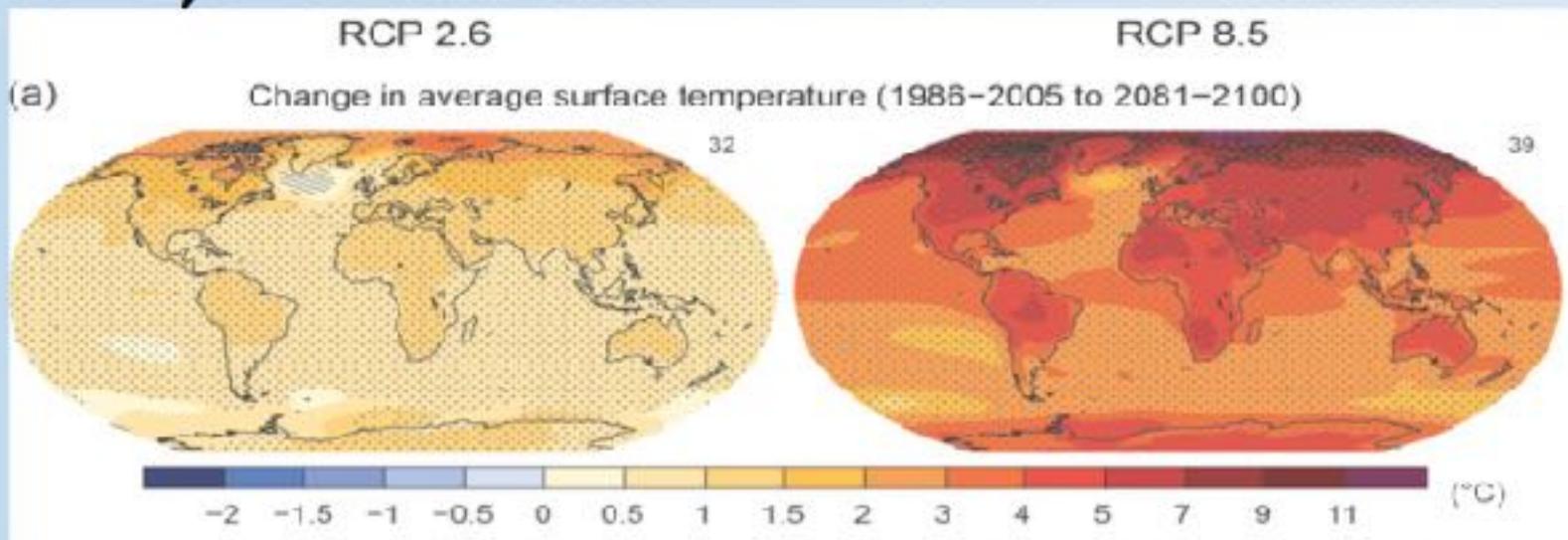
RCP 4.5

Incertezza su cosa ci aspetta

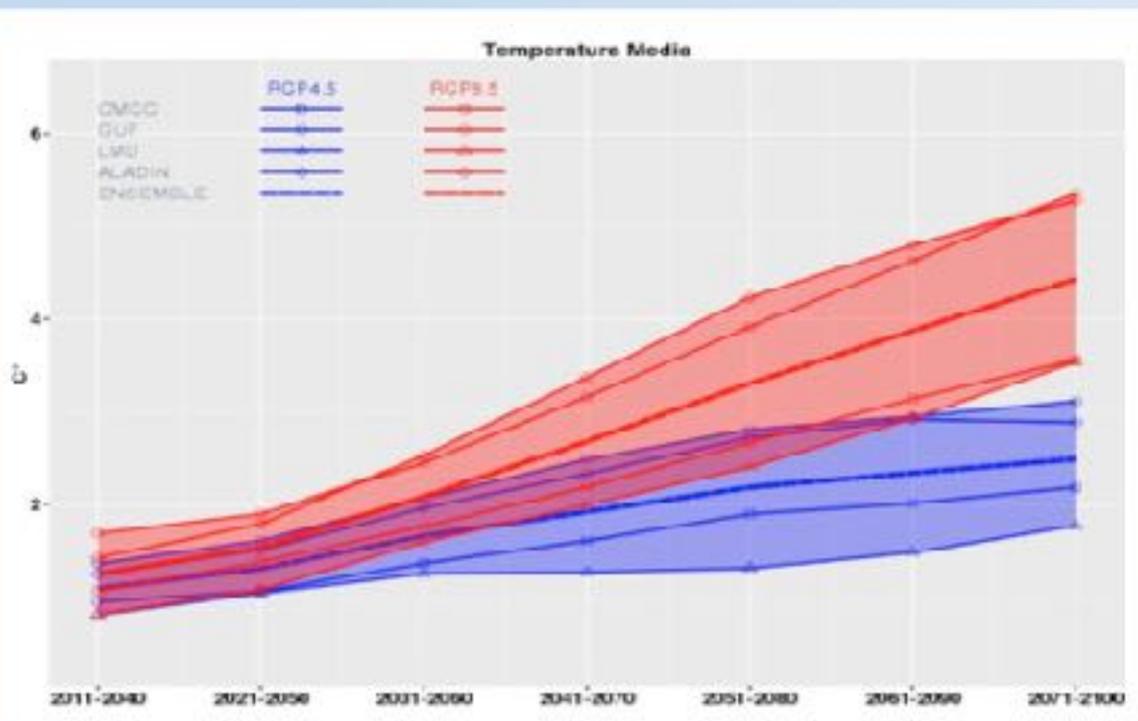
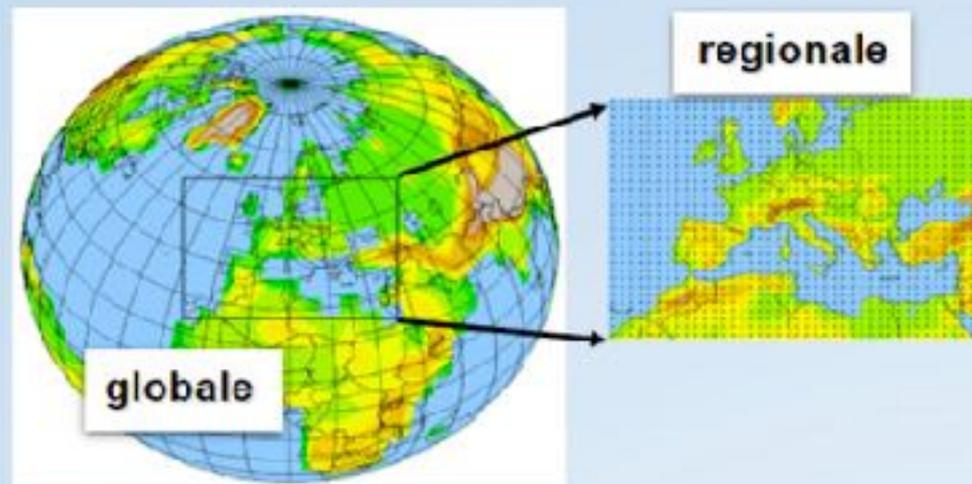
Temperatura superficiale al 2090 (confronto tra 2 scenari, RCP2.6 e RCP 8.5)

1 – 1,5 °C Aumento

4 – 7 °C Aumento



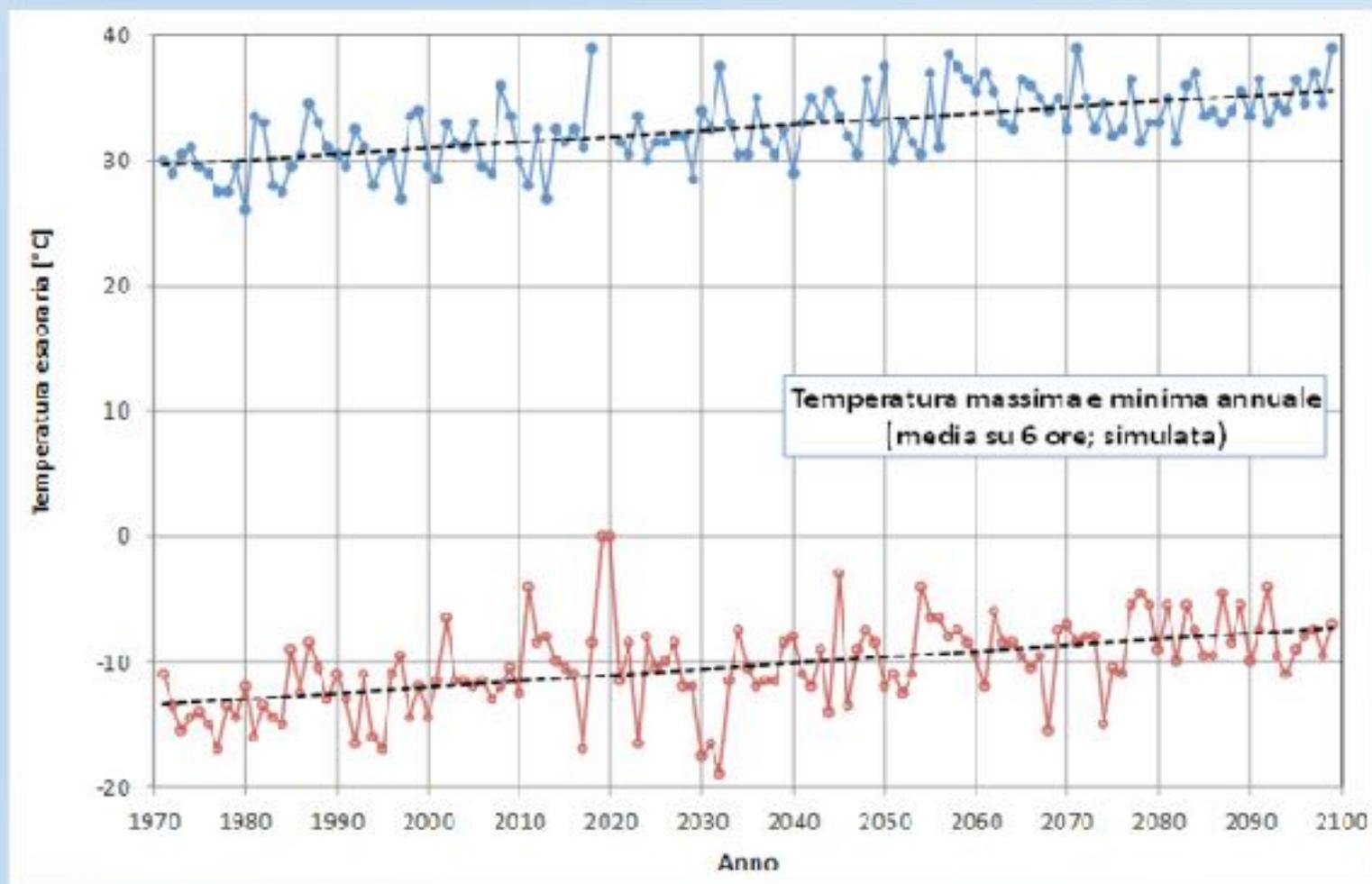
In Italia ?



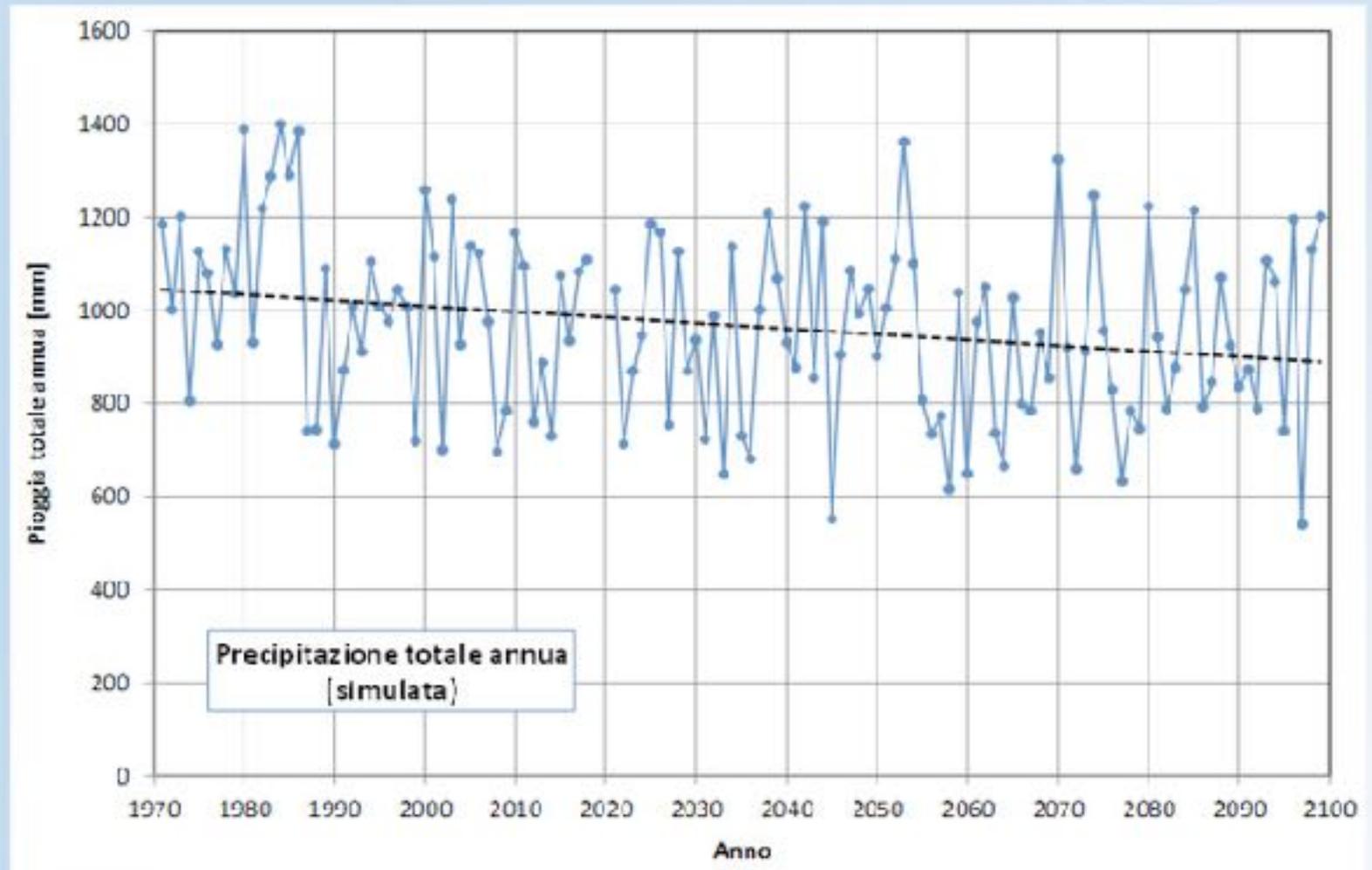
Temperatura media annua prevista in Italia

Incremento previsto per T_{media} :
tra 1.8 e 3.1 °C per RCP 4.5
tra 3.5 e 5.4 °C per RCP 8.5

Temperatura sui bacini allacciati all'invaso di Ridracoli



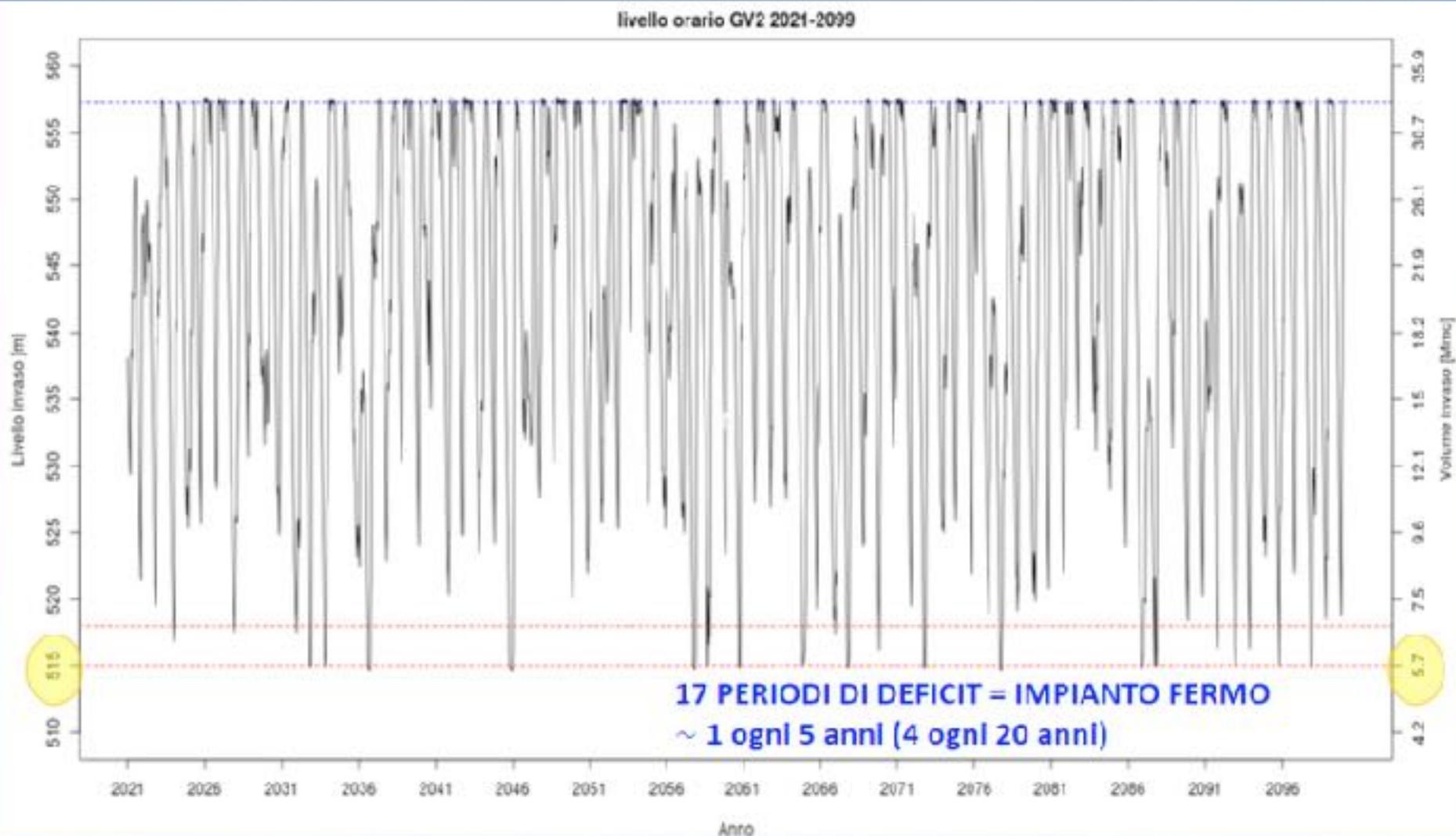
Precipitazione annua sui bacini allacciati a Ridracoli



Simulazione del funzionamento dell'invaso nello scenario di cambio climatico

RCP4.5

Livello (sx) e Volume (dx) invaso di Ridracoli



DUE TIPOLOGIE

A - INTERVENTI STRATEGICI DI POTENZIAMENTO DELLO SCHEMA IDRICO ESISTENTE

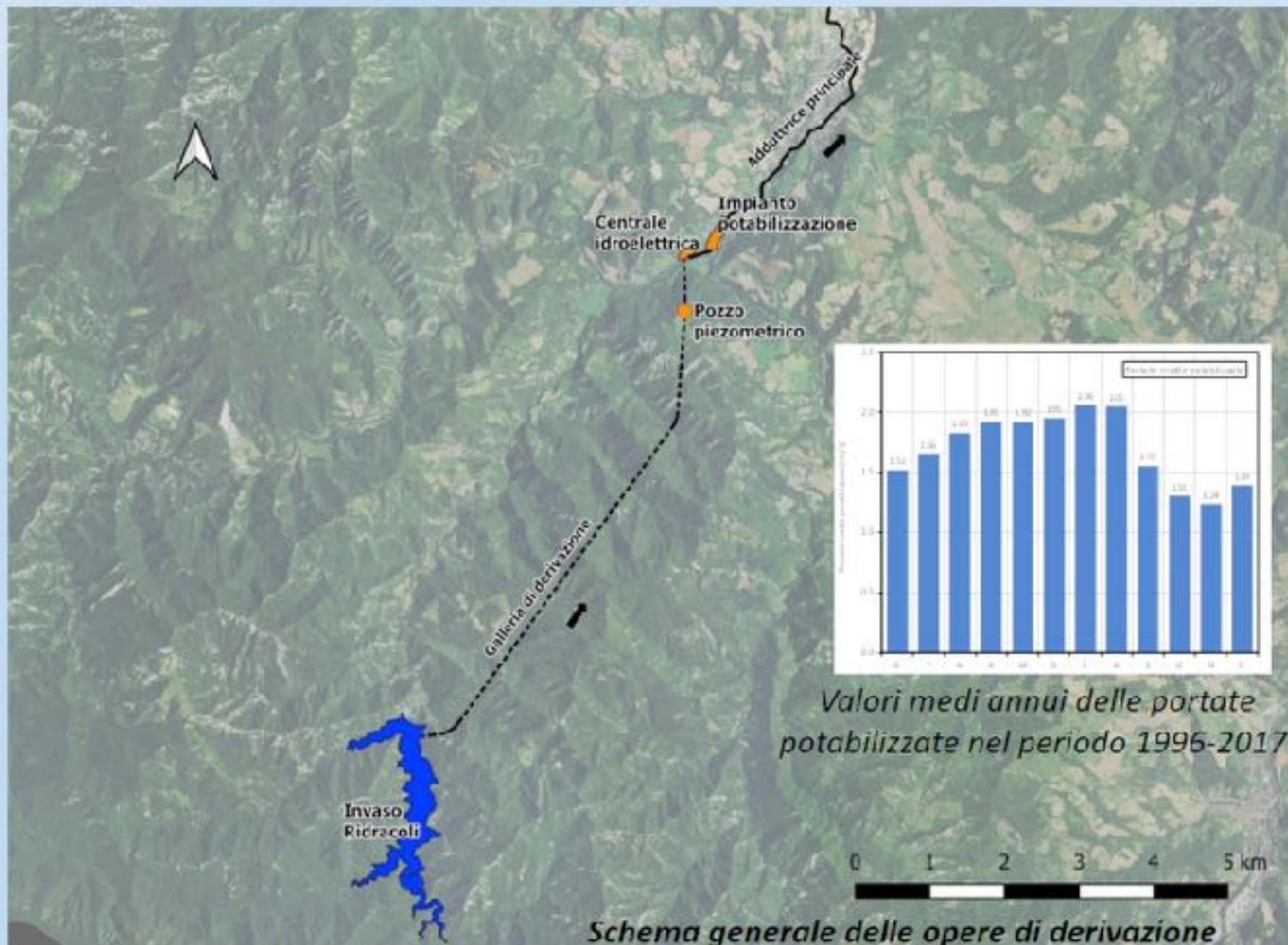
B - INTERVENTI DI POTENZIAMENTO A VALENZA LOCALE PER ABITATI NON CONNESSI ALL'ADR

DUE TIPOLOGIE

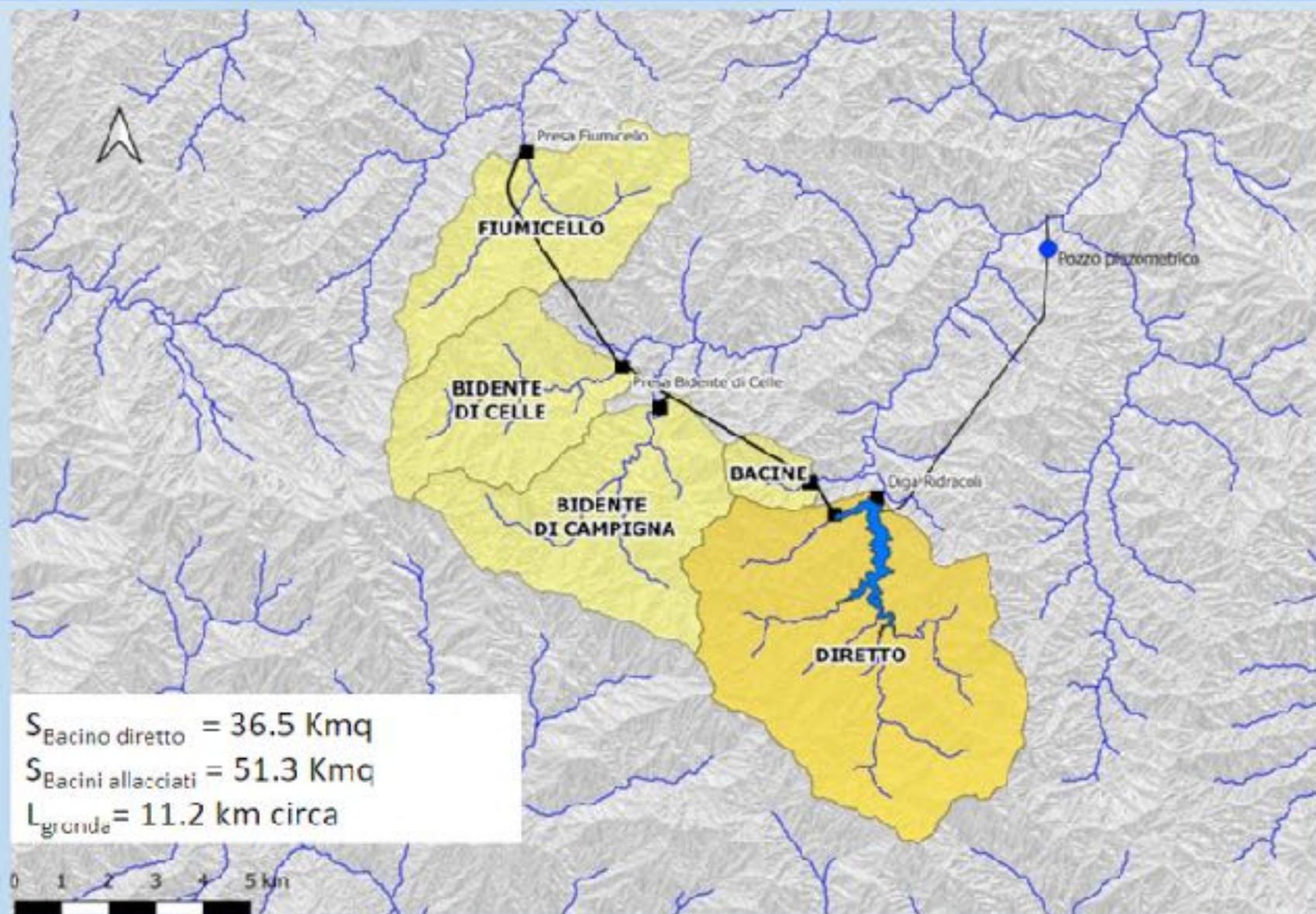
A - INTERVENTI STRATEGICI DI POTENZIAMENTO DELLO SCHEMA IDRICO ESISTENTE

B - INTERVENTI DI POTENZIAMENTO A VALENZA LOCALE PER ABITATI NON CONNESSI ALL'ADR

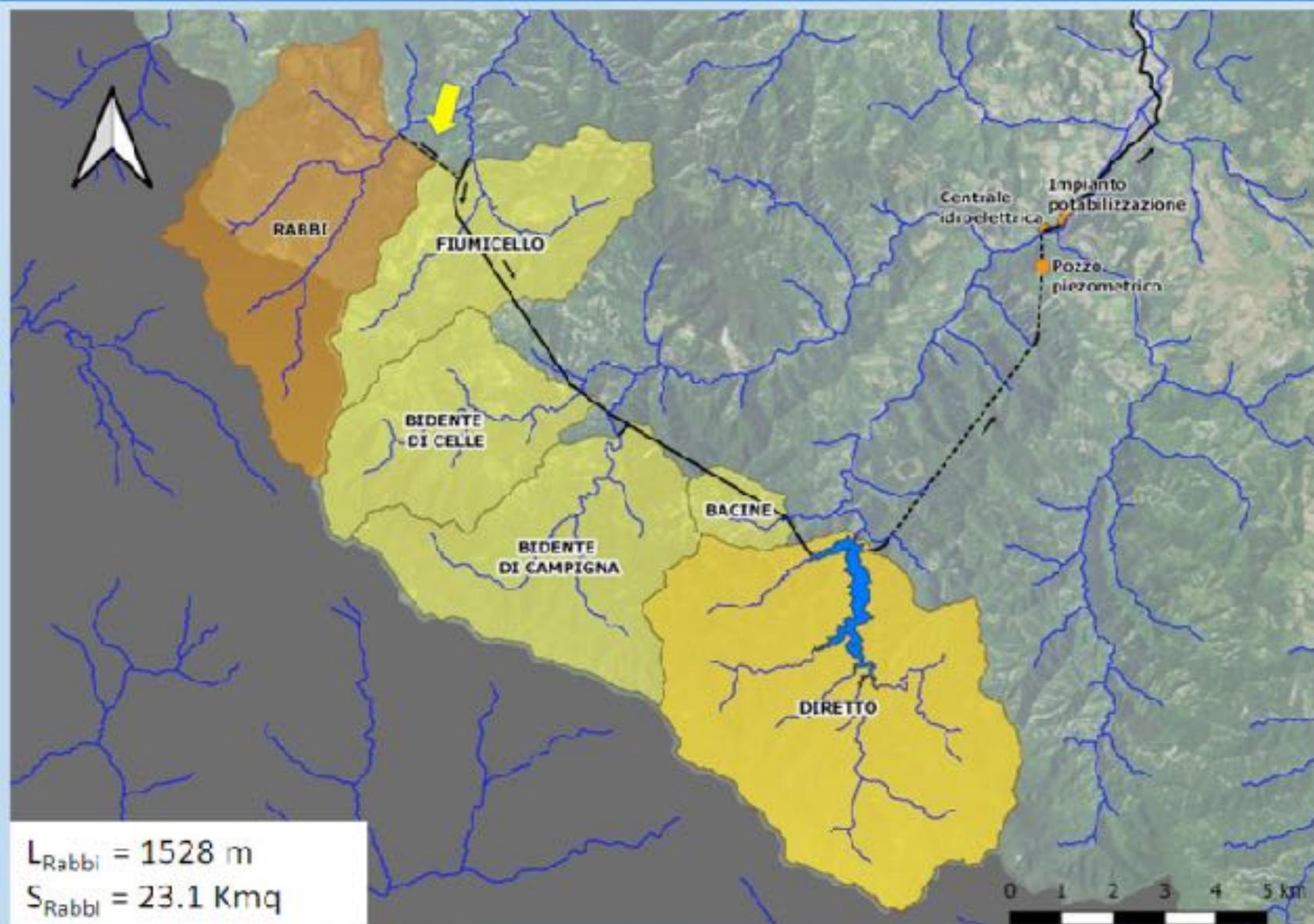
SCHEMA ATTUALE DI CAPTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE



SCHEMA ATTUALE DI CAPTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE



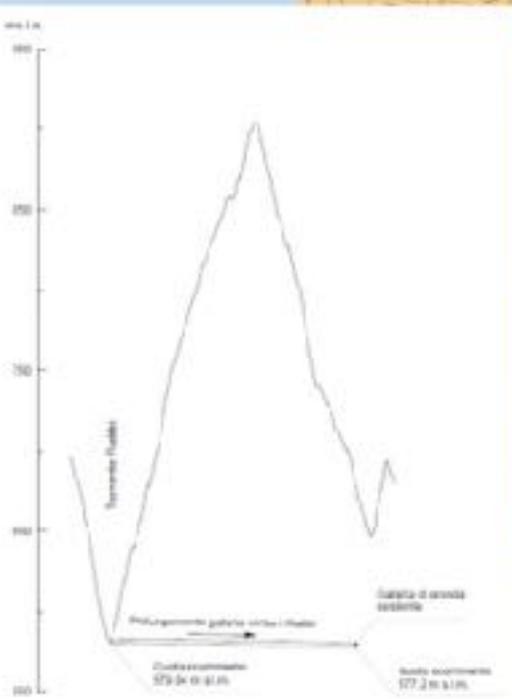
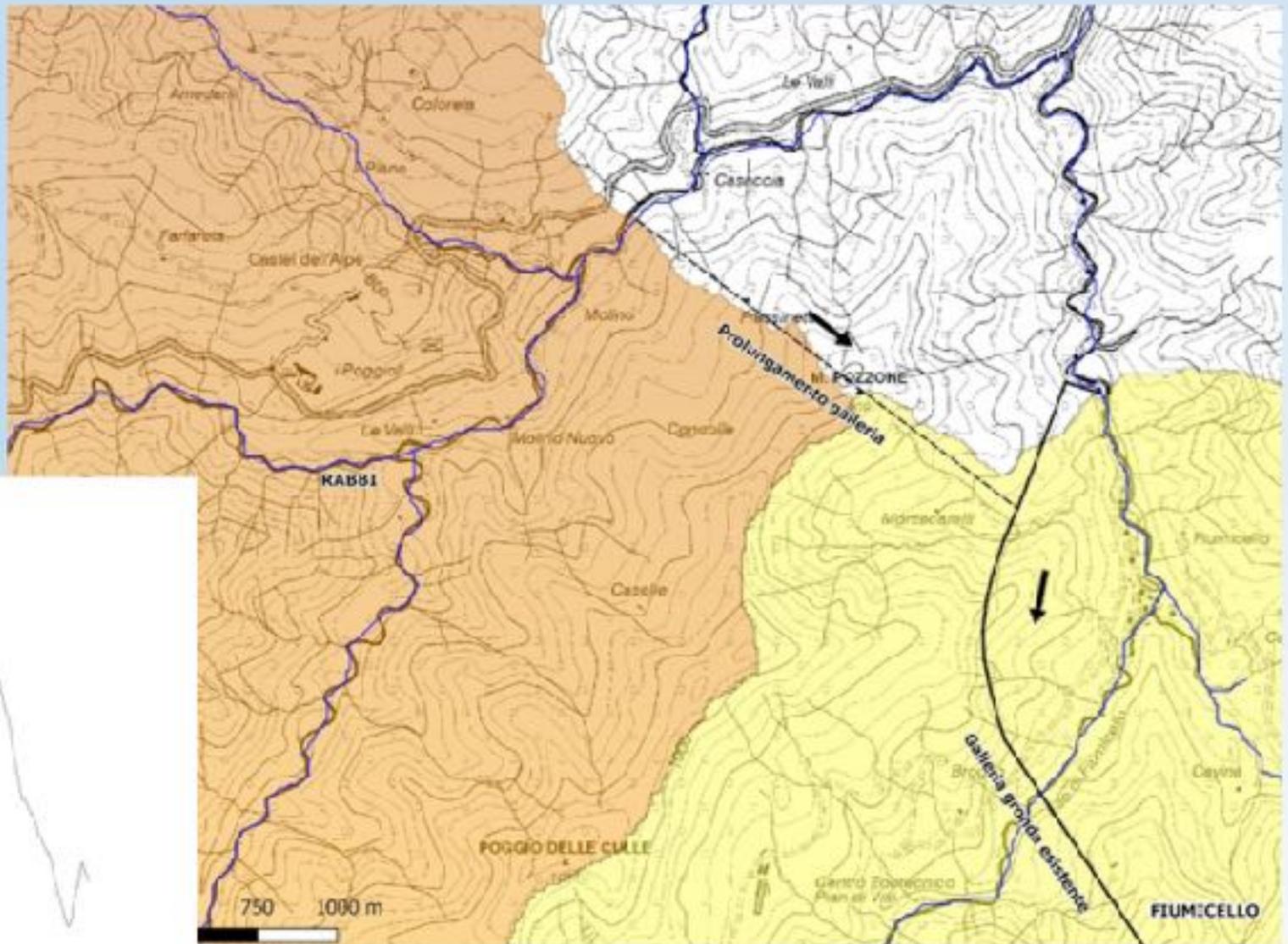
Prolungamento galleria gronda esistente verso il torrente Rabbi



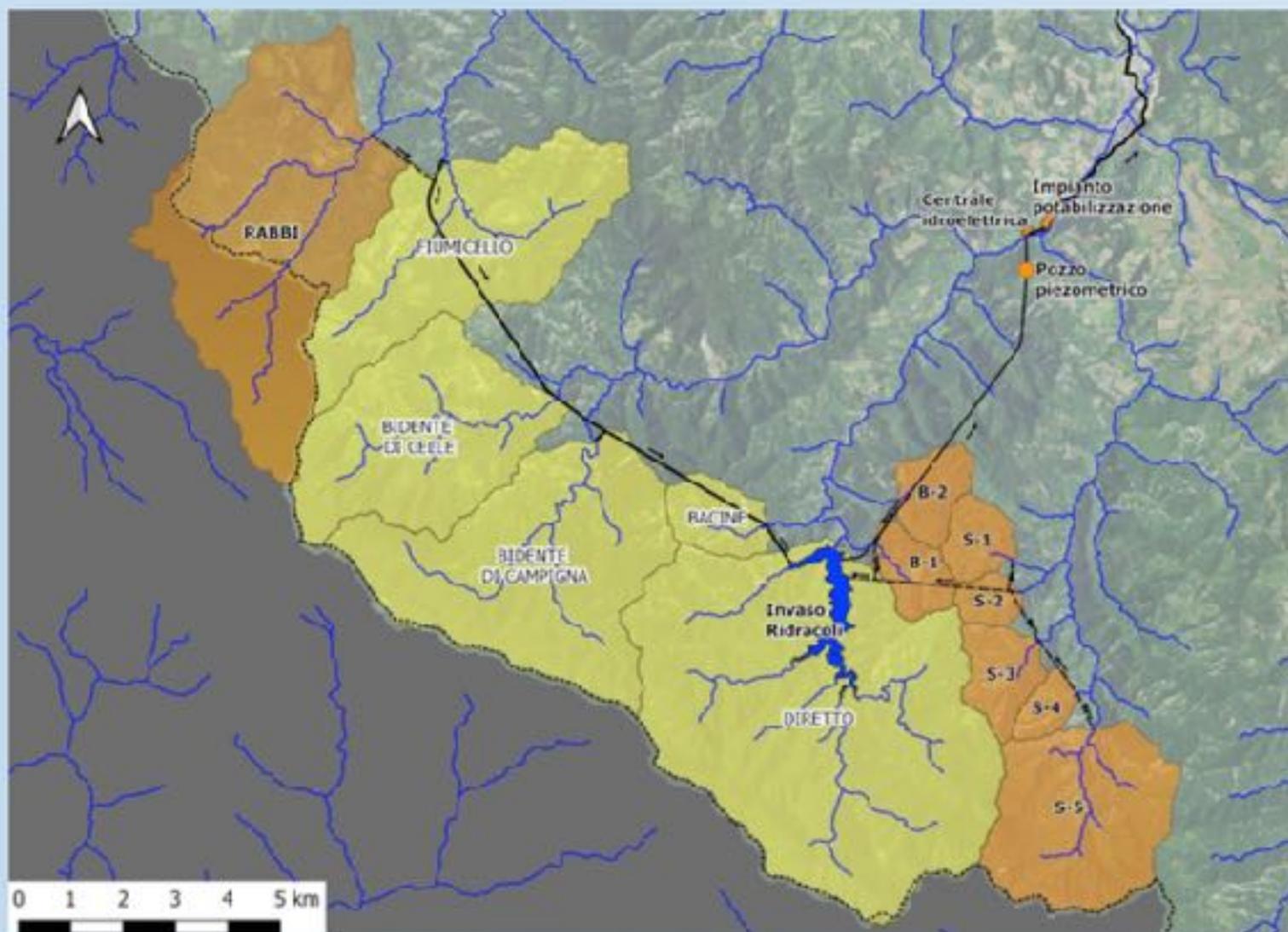
PRO: Basso impatto ambientale e ampia accettabilità sociale.

CONTRO: Nessun incremento della capacità di invaso; galleria già abbastanza satura.

Prolungamento galleria gronda esistente verso il torrente Rabbi



Realizzazione galleria gronda in destra (gronda Strabatenza)



Prima alternativa progettuale

Realizzazione galleria gronda in destra (gronda Strabatenza)

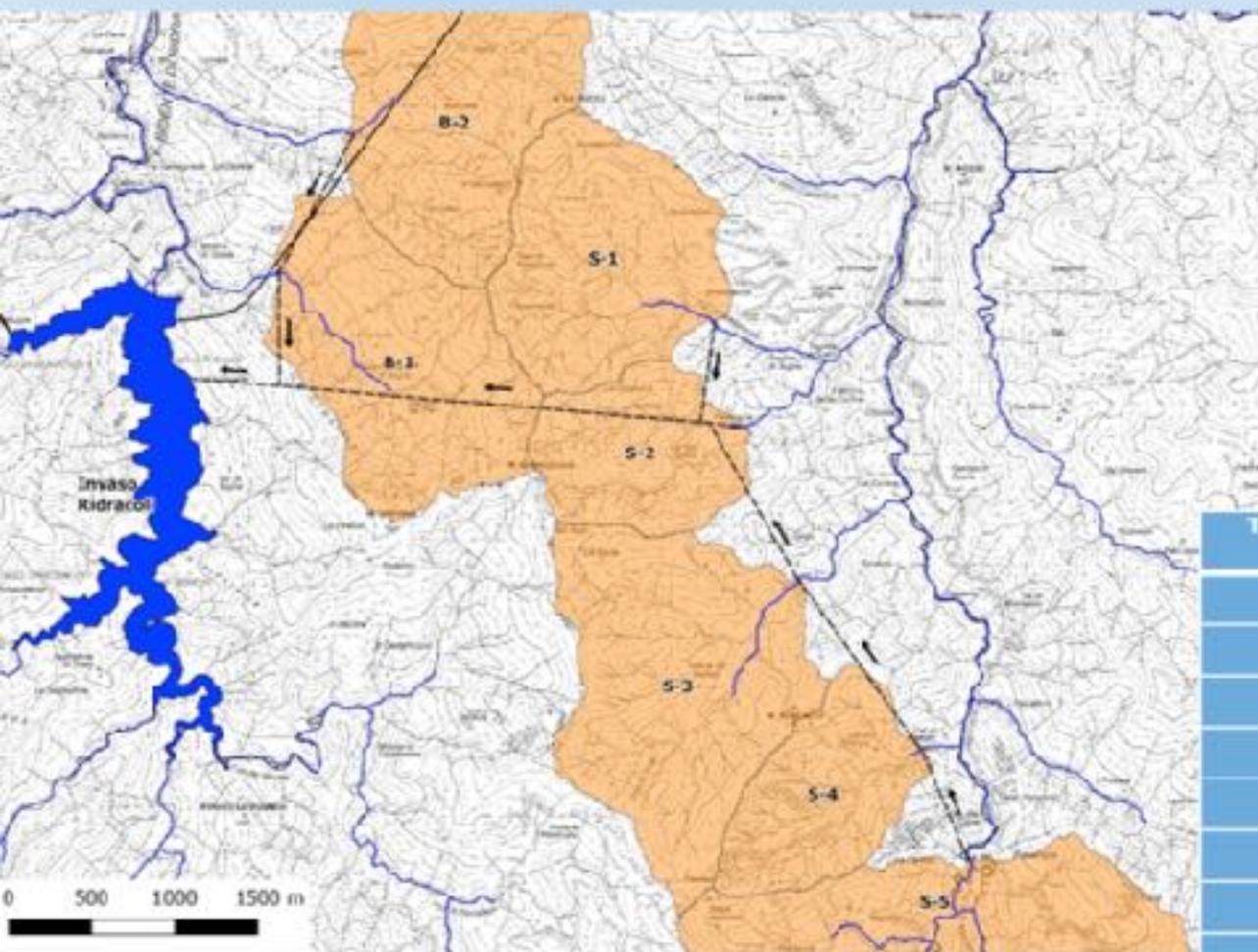


Tabella 2 - Aree dei sottobacini allacciati tramite la galleria di gronda di Strabatenza

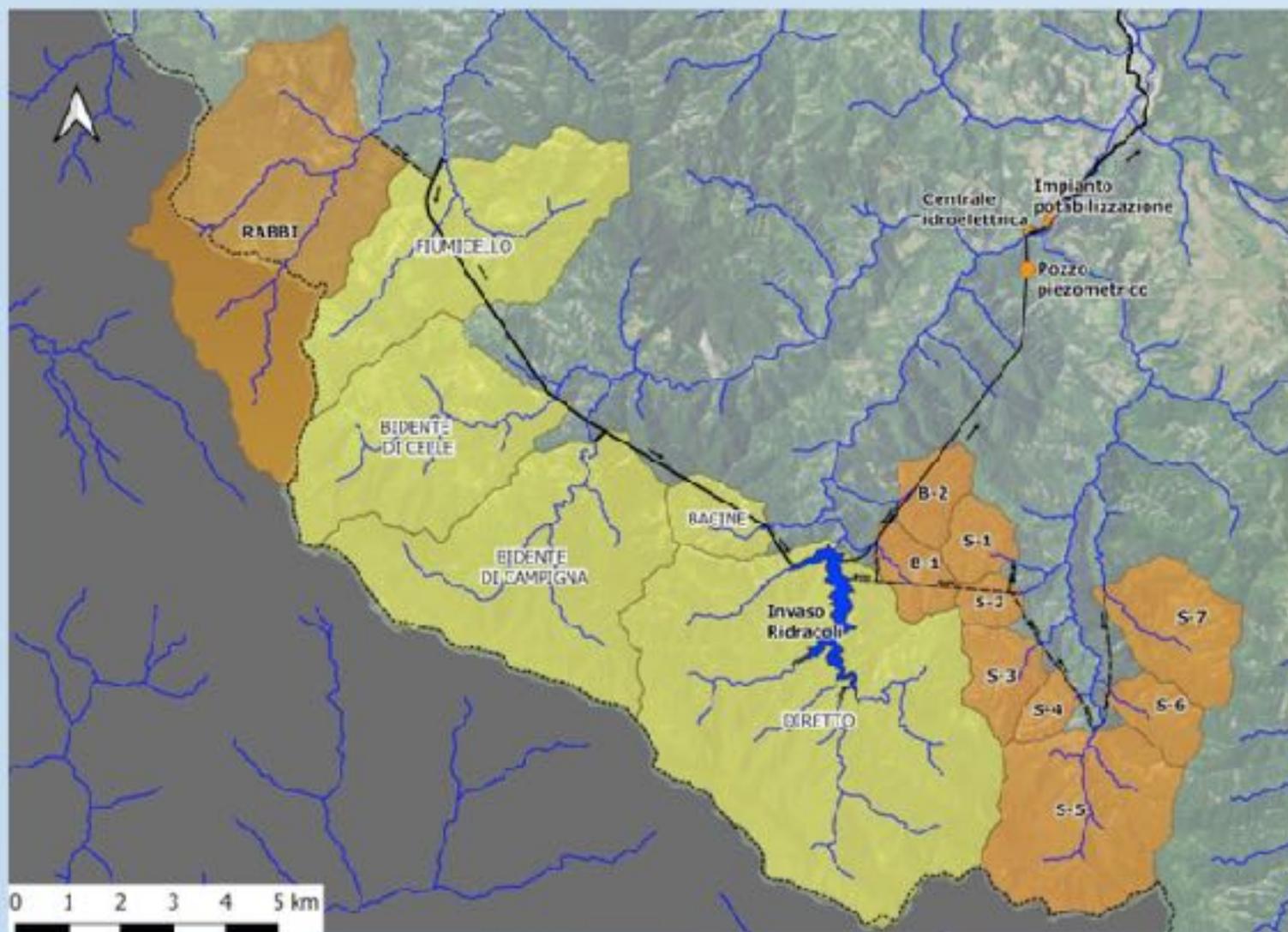
Sottobacino	Area [Kmq]
B-1	2.067
B-2	1.991
S-1	1.750
S-2	1.056
S-3	2.470
S-4	1.052
S-5	10.662

Prima alternativa progettuale

$S_{TOT} = 21.05 \text{ Kmq}$

$L = 6.235 \text{ m (+2464 m di allacciamenti)}$

Realizzazione galleria gronda in destra (gronda Strabatenza)



Seconda alternativa progettuale

Realizzazione galleria gronda in destra (gronda Strabatenza)

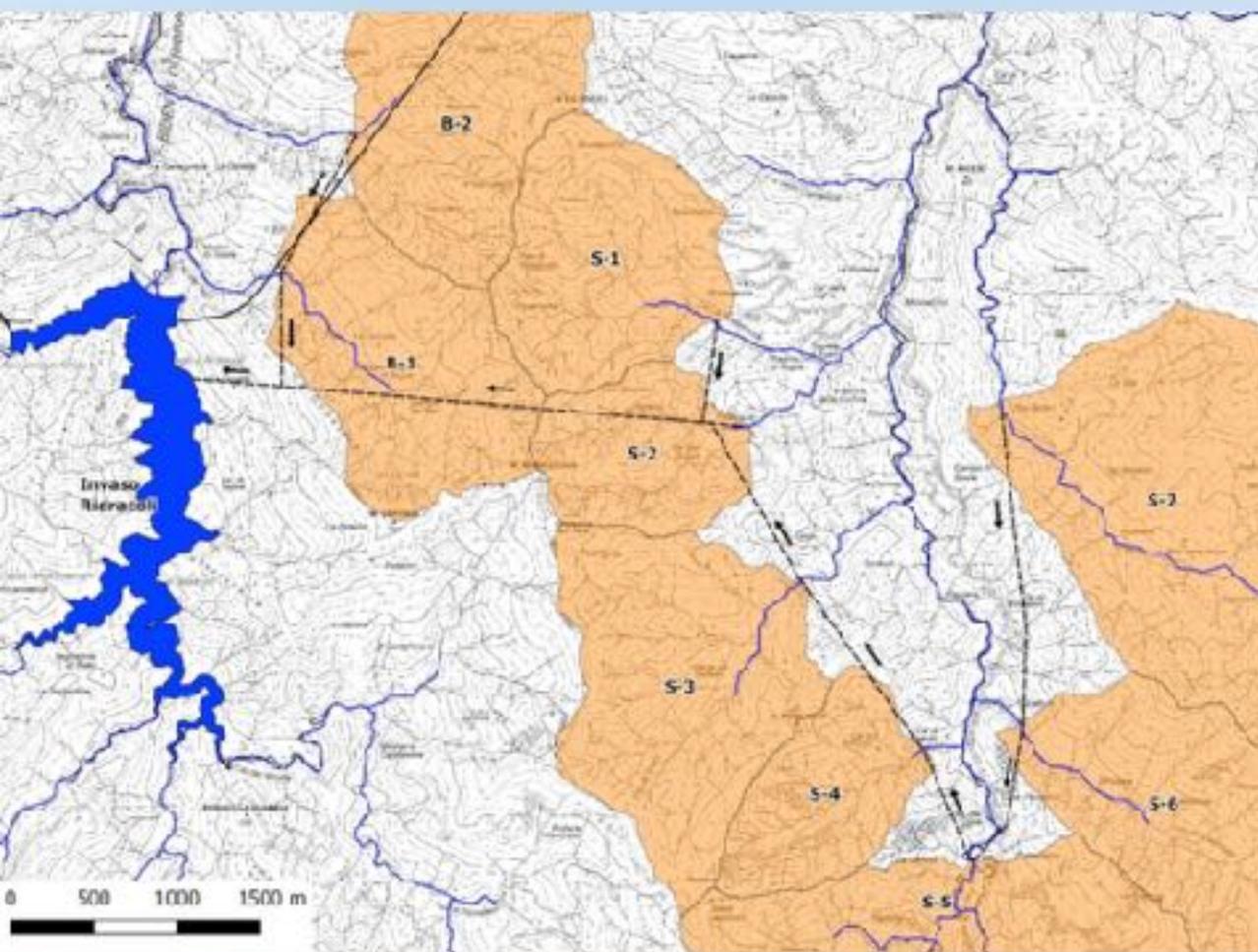


Tabella 2 - Aree dei sottobacini allacciati tramite la galleria di gronda di Strabatenza

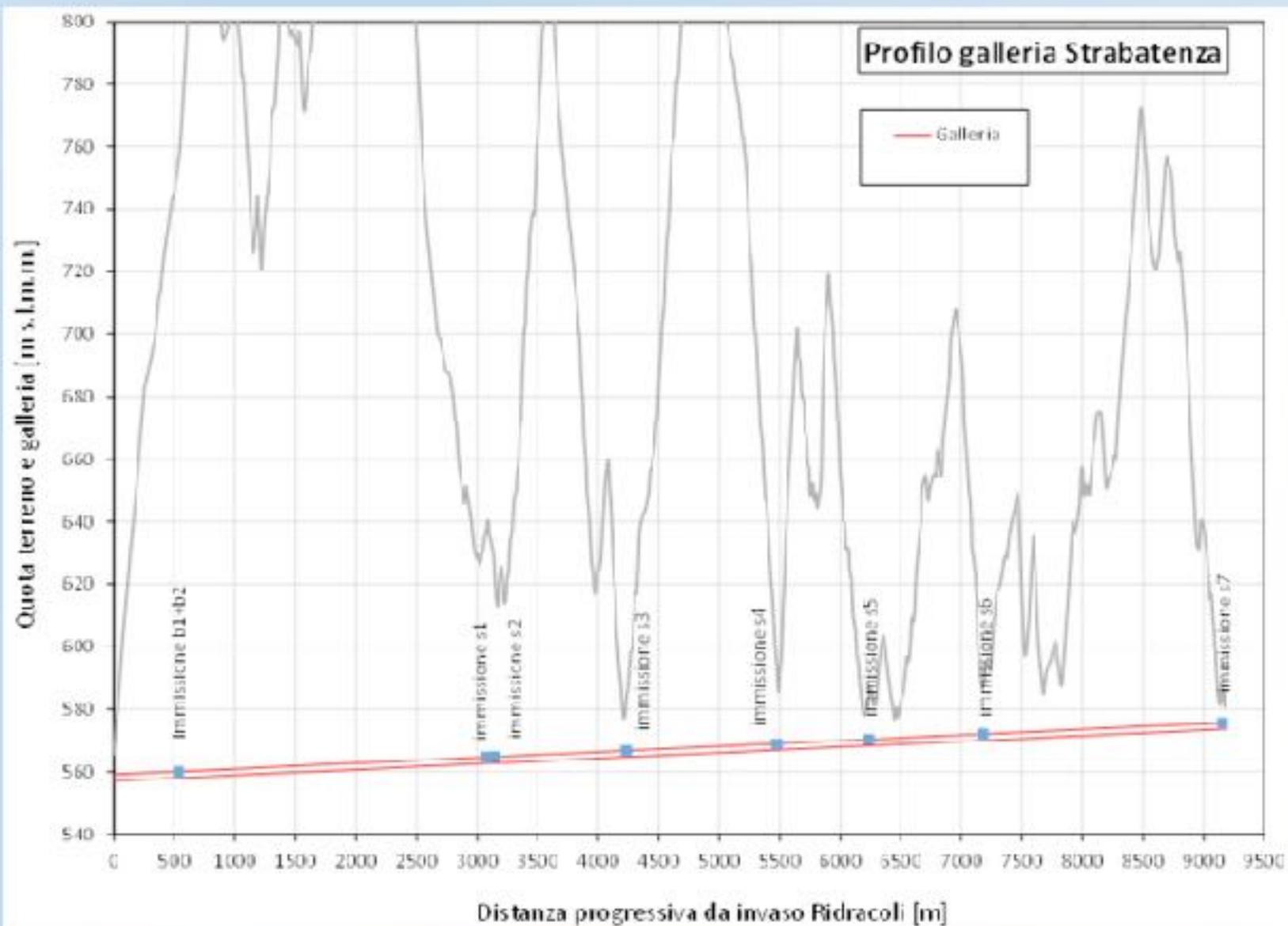
Sottobacino	Area [Kmq]
B-1	2.057
B-2	1.991
S-1	1.750
S-2	1.056
S-3	2.470
S-4	1.052
S-5	10.662
S-6	2.010
S-7	5.078

Seconda alternativa progettuale

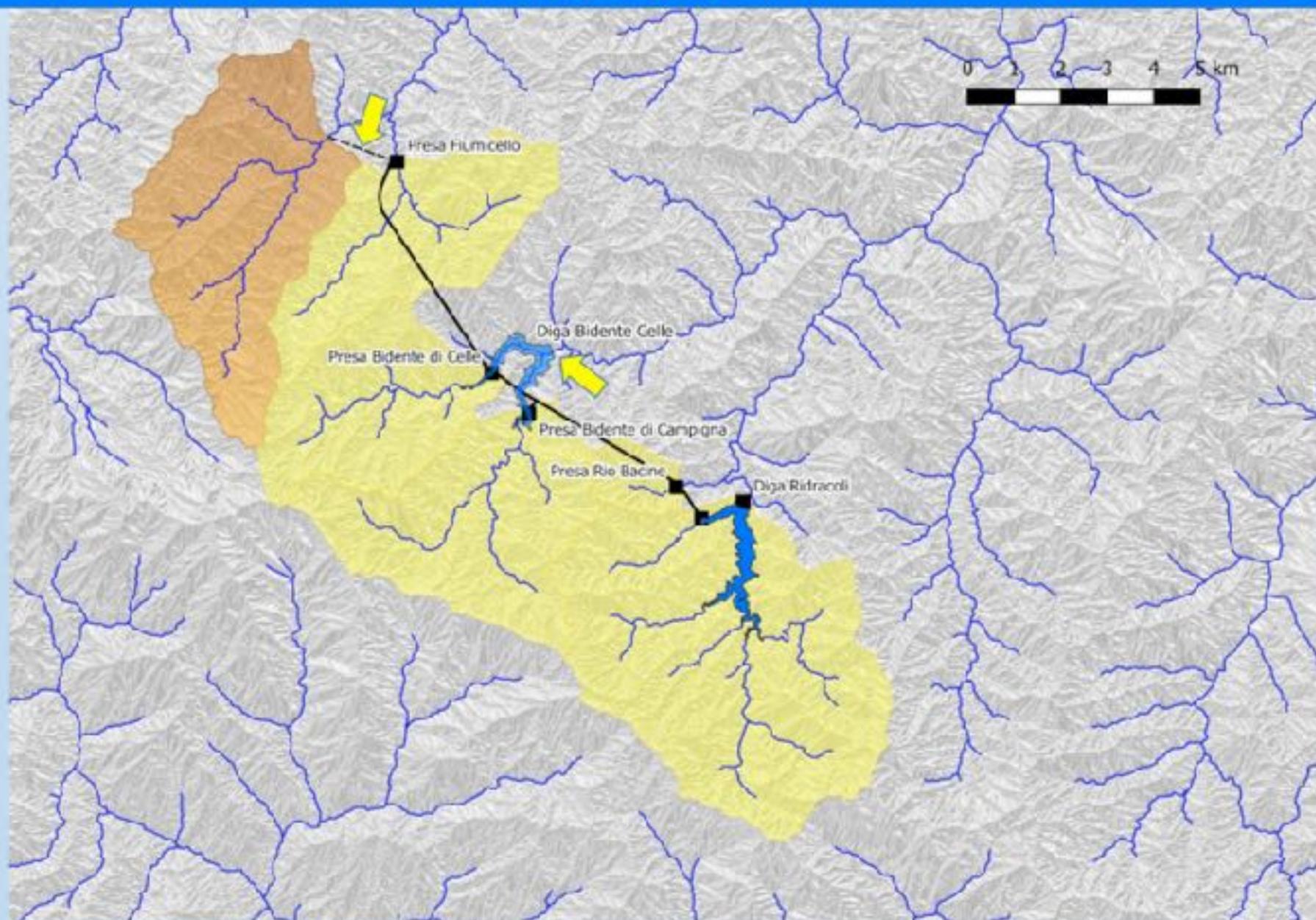
$S_{101} = 28.14 \text{ Km}^2$

$L = 9.168 \text{ m (+2464, di allacciamenti)}$

Realizzazione galleria gronda in destra (gronda Strabatenza)



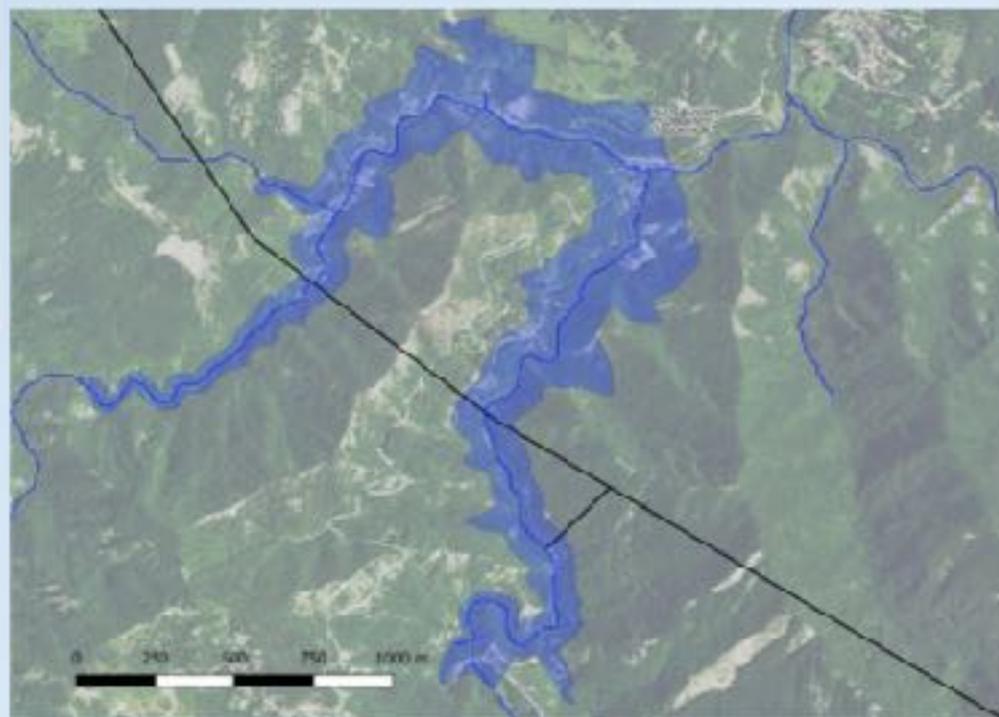
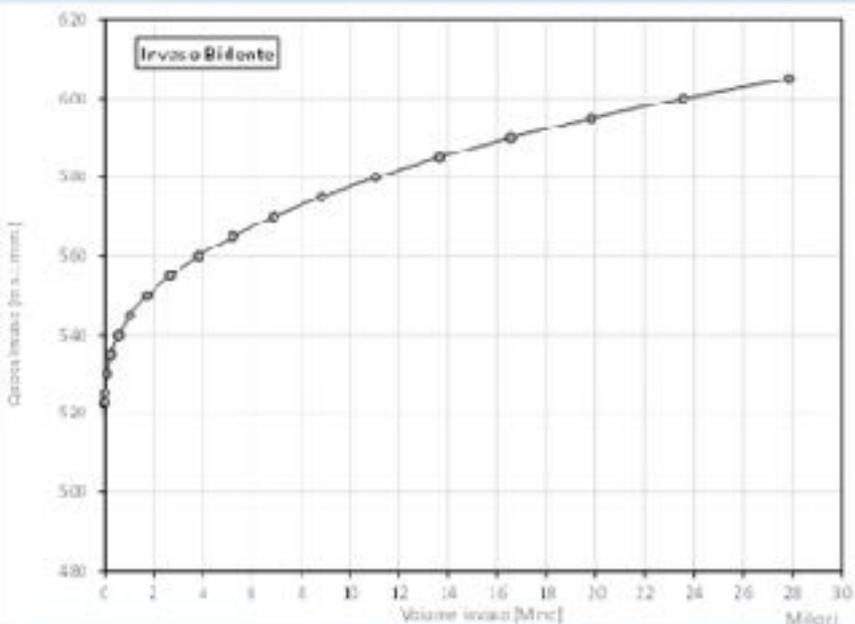
Invaso Bidente di Celle (con prolungamento gronda verso il Rabbi)



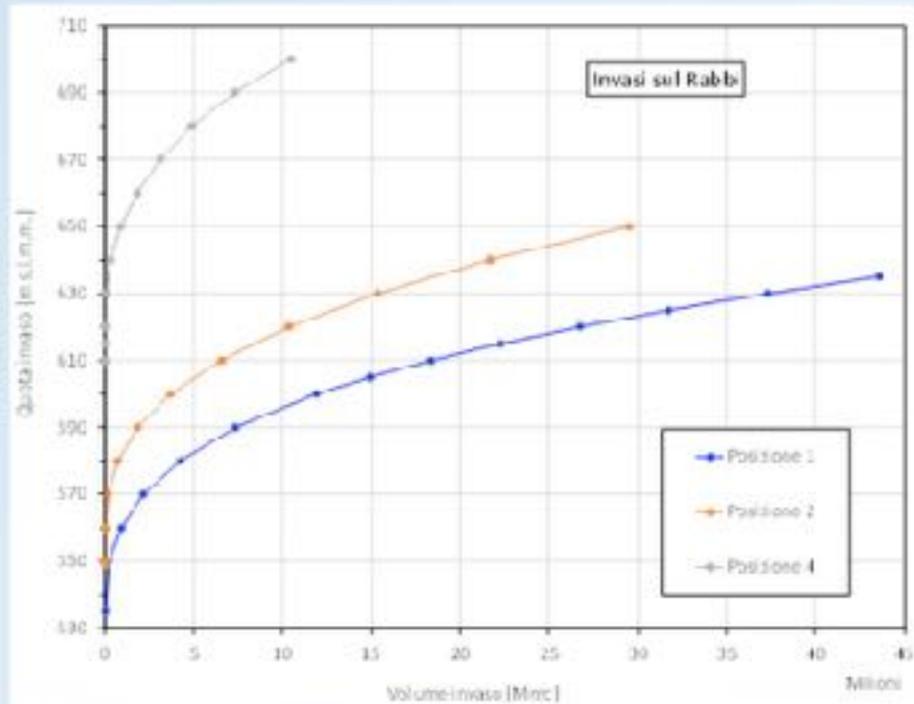
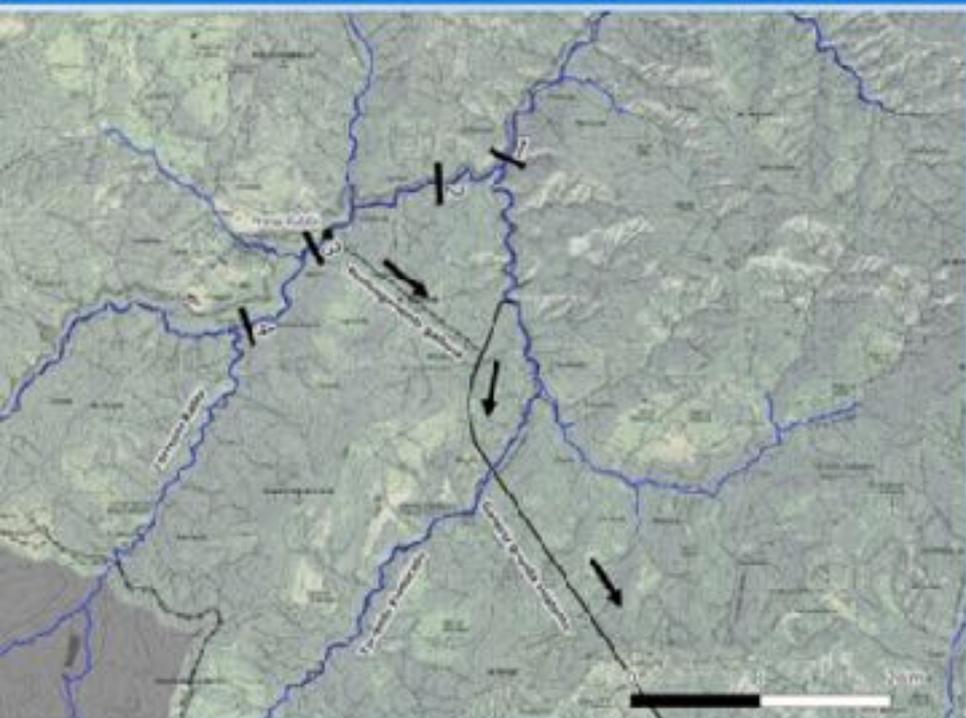
PRO: Sensibile incremento capacità di invaso

CONTRO: Presenza di abitazioni

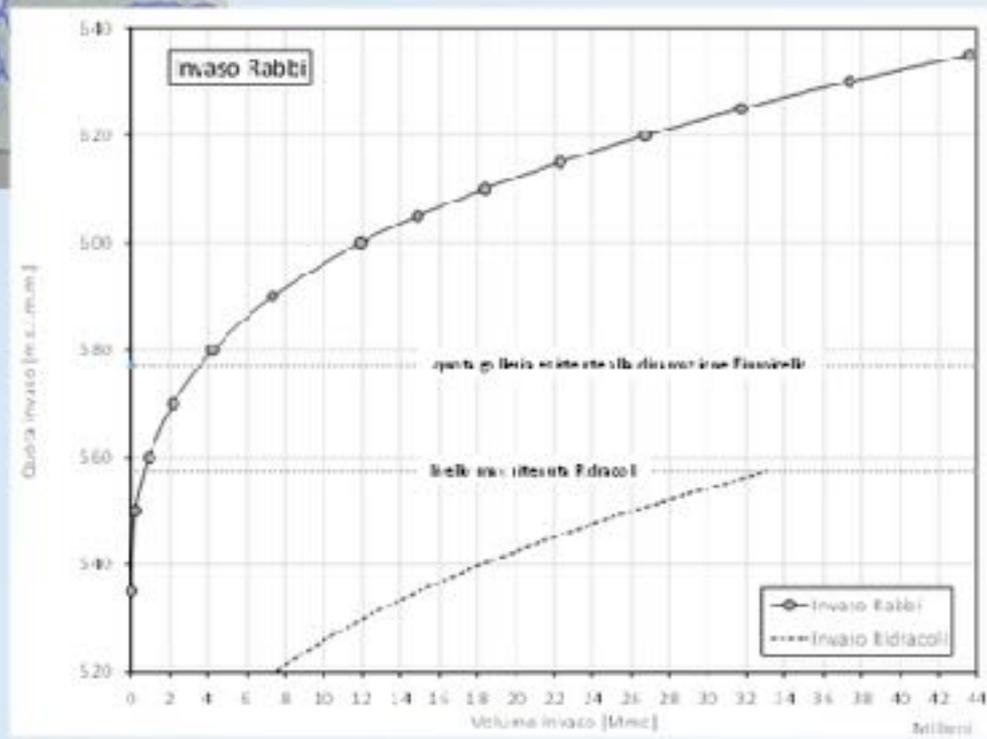
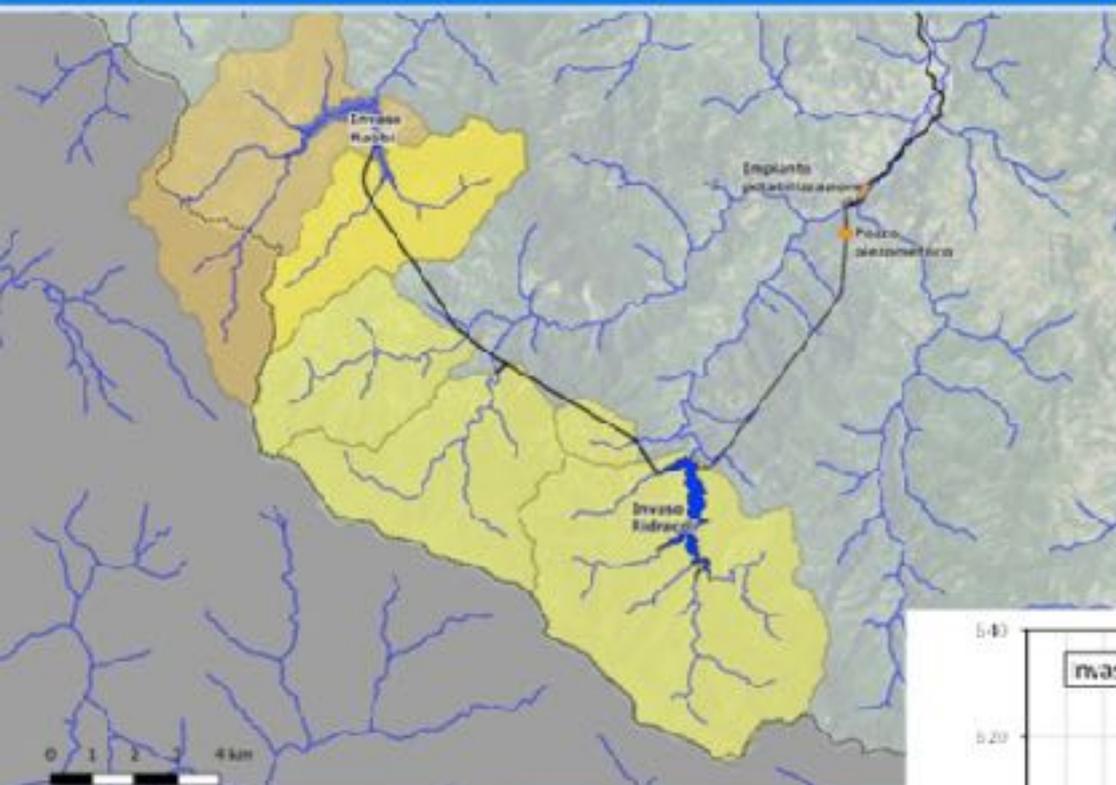
Invaso Bidente di Celle (con prolungamento gronda verso il Rabbi)



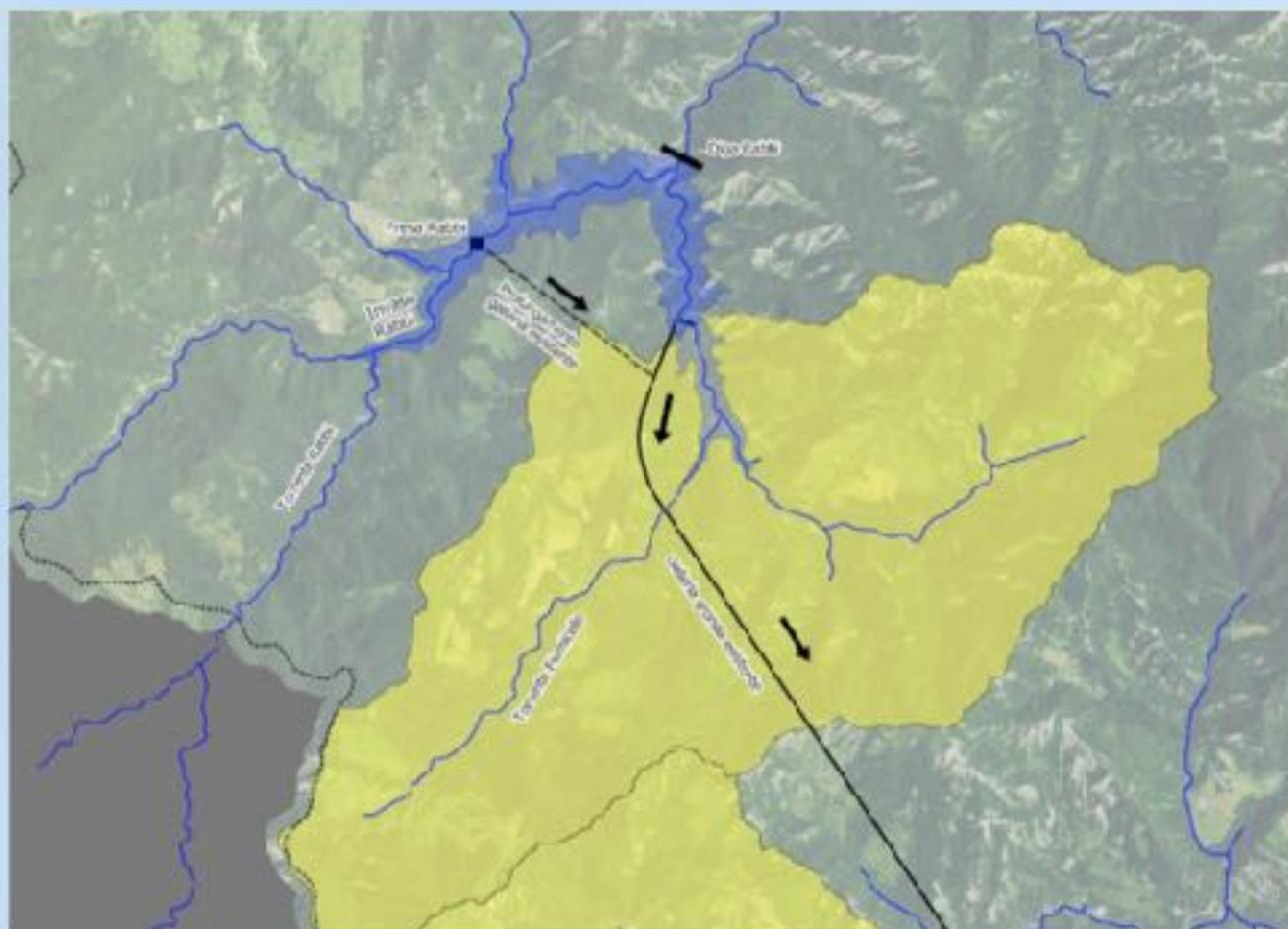
Invaso (i) sul Rabbi



Invaso sul Rabbi (prima alternativa)



Invaso sul Rabbi (prima alternativa): attuazione per stralci funzionali



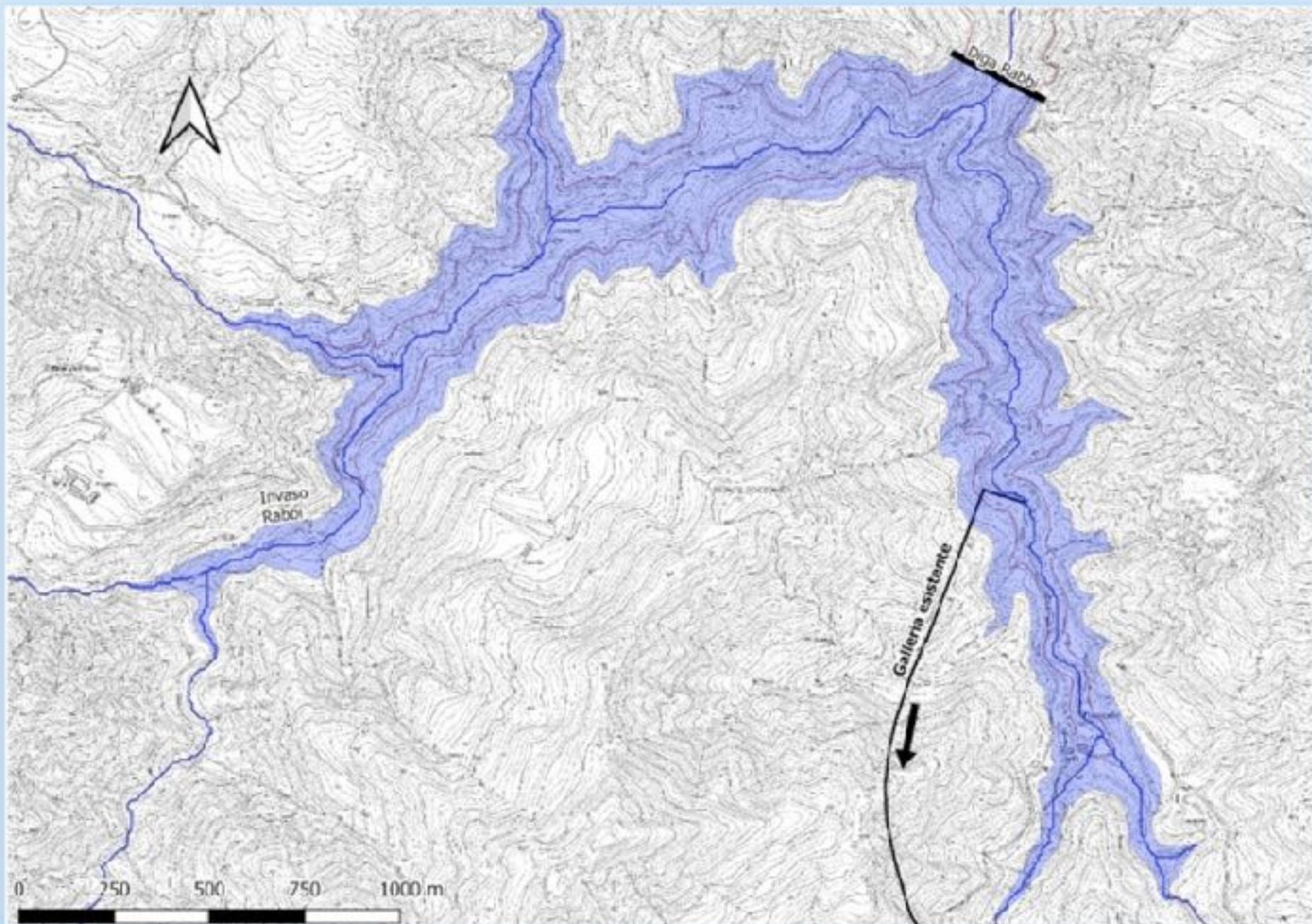
Collegamento al sistema di captazione esistente dell'invaso sul Rabbi, generato da una diga da realizzare in una seconda fase.

In una prima fase, verrebbe realizzato il solo prolungamento della galleria di gronda esistente, in modo da allacciare al sistema il Rabbi intercettato da una traversa.

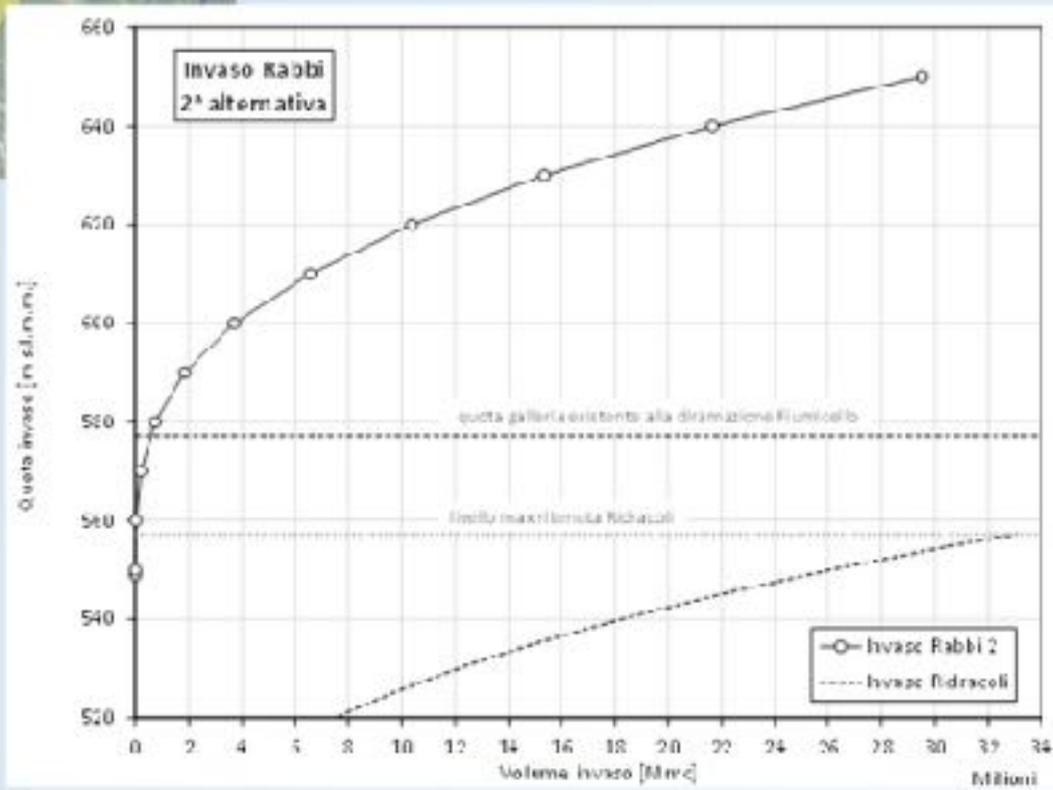
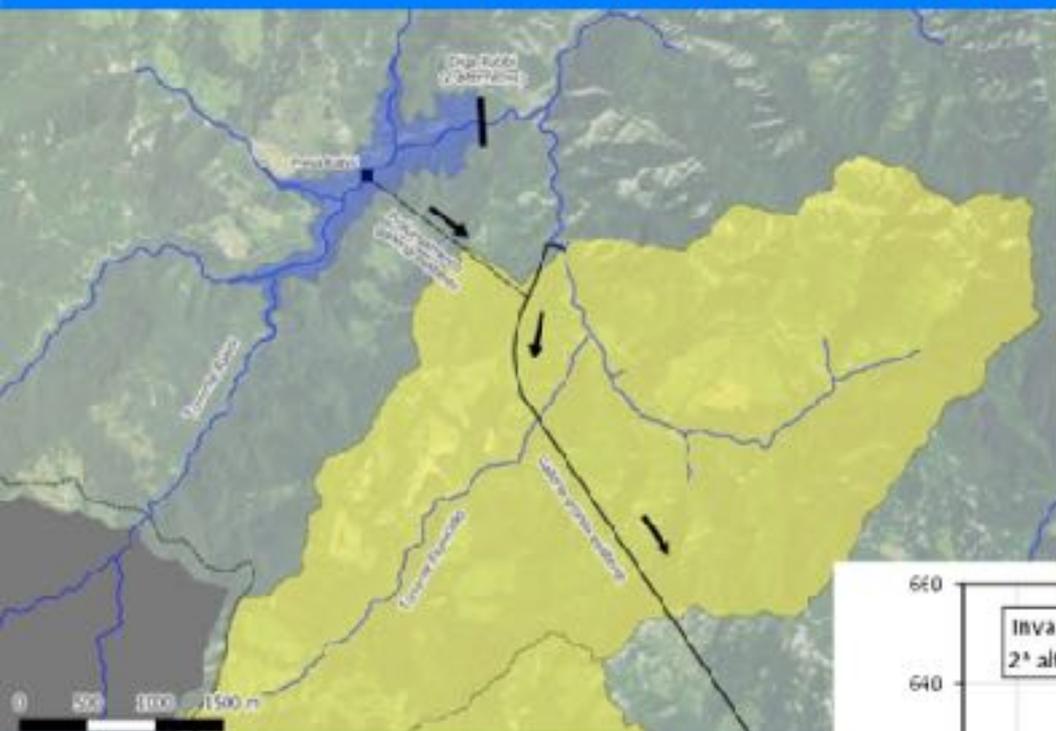
Invaso sul Rabbi (prima alternativa) - Interferenze



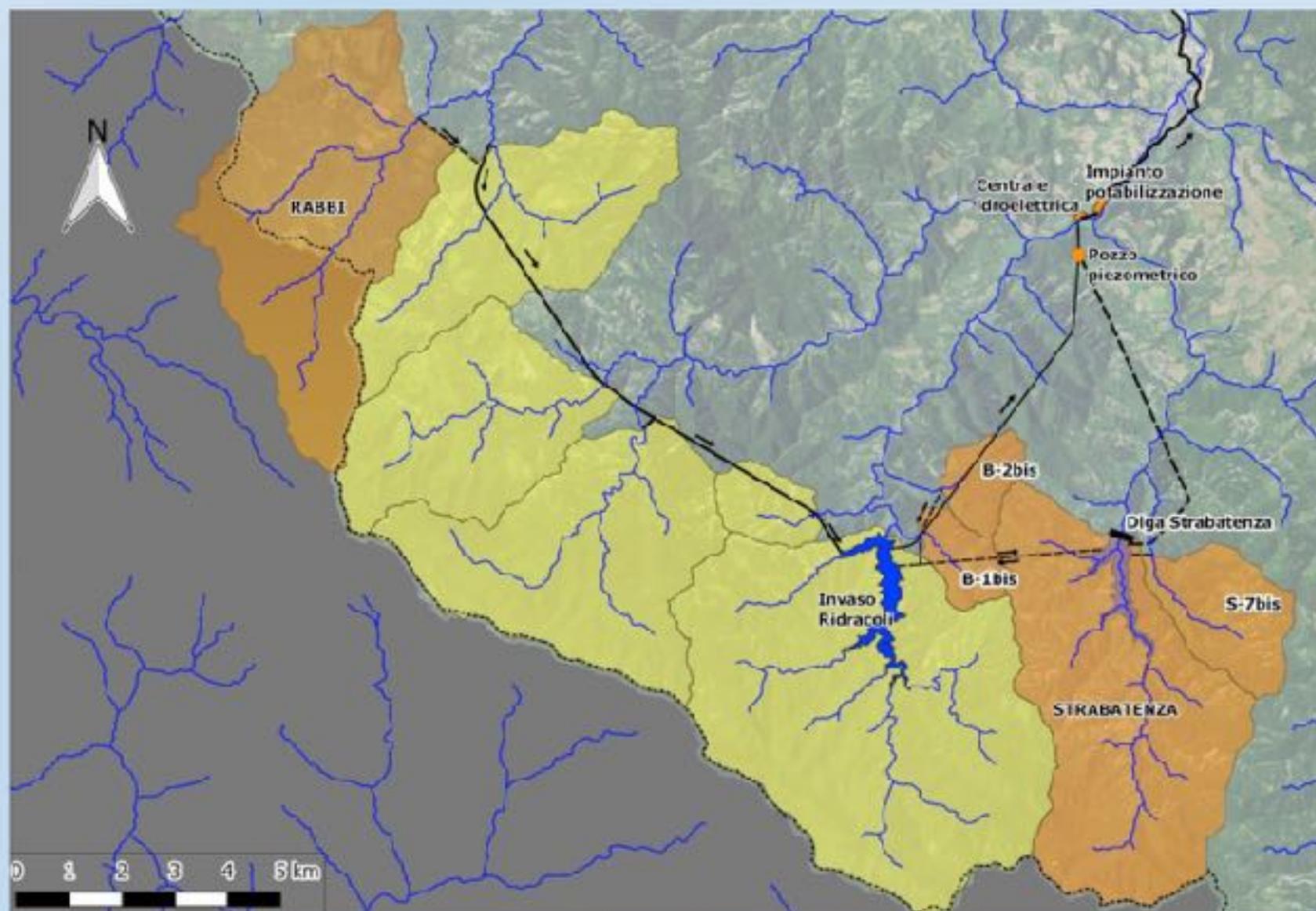
Invaso sul Rabbi (prima alternativa) - Interferenze



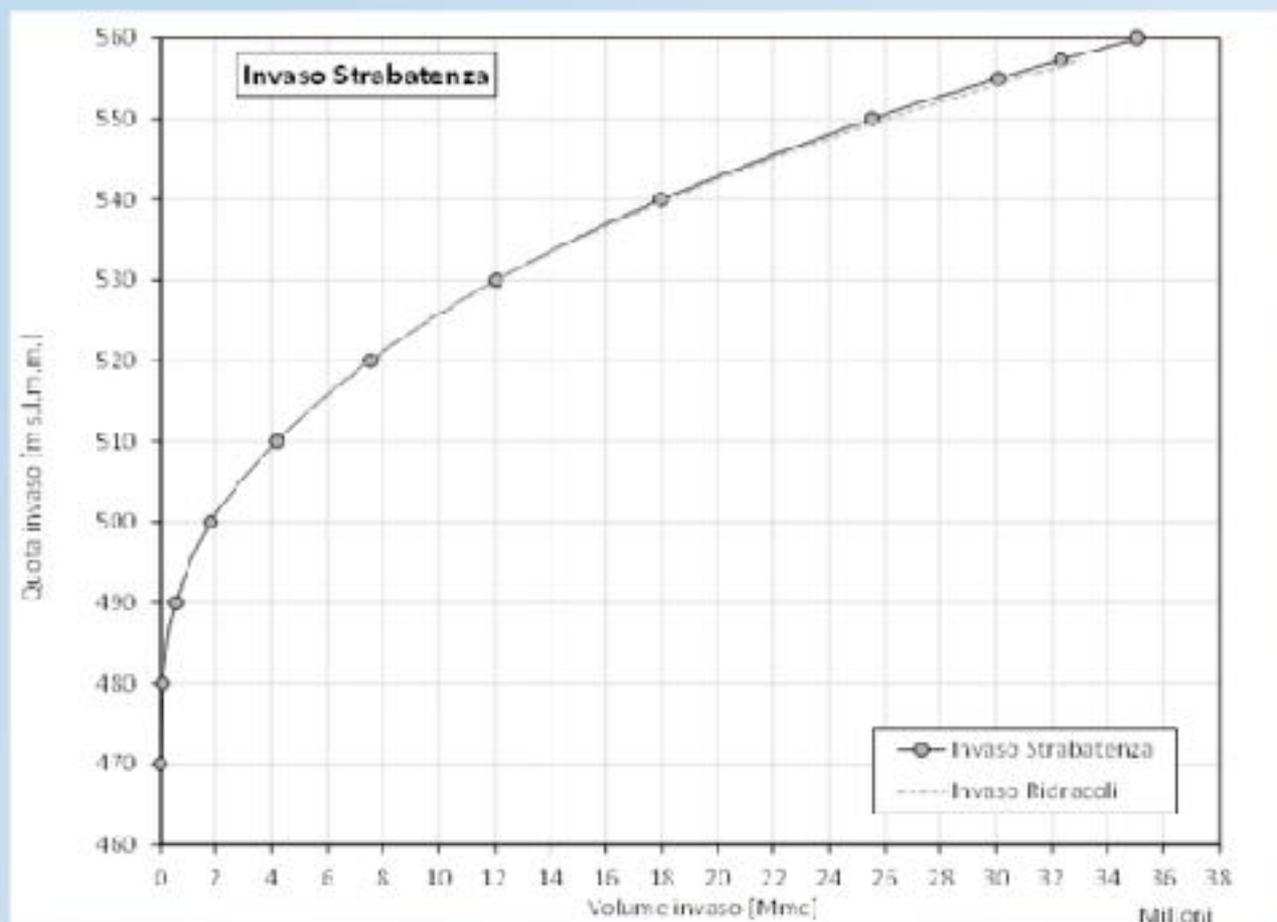
Invaso sul Rabbi (seconda alternativa)



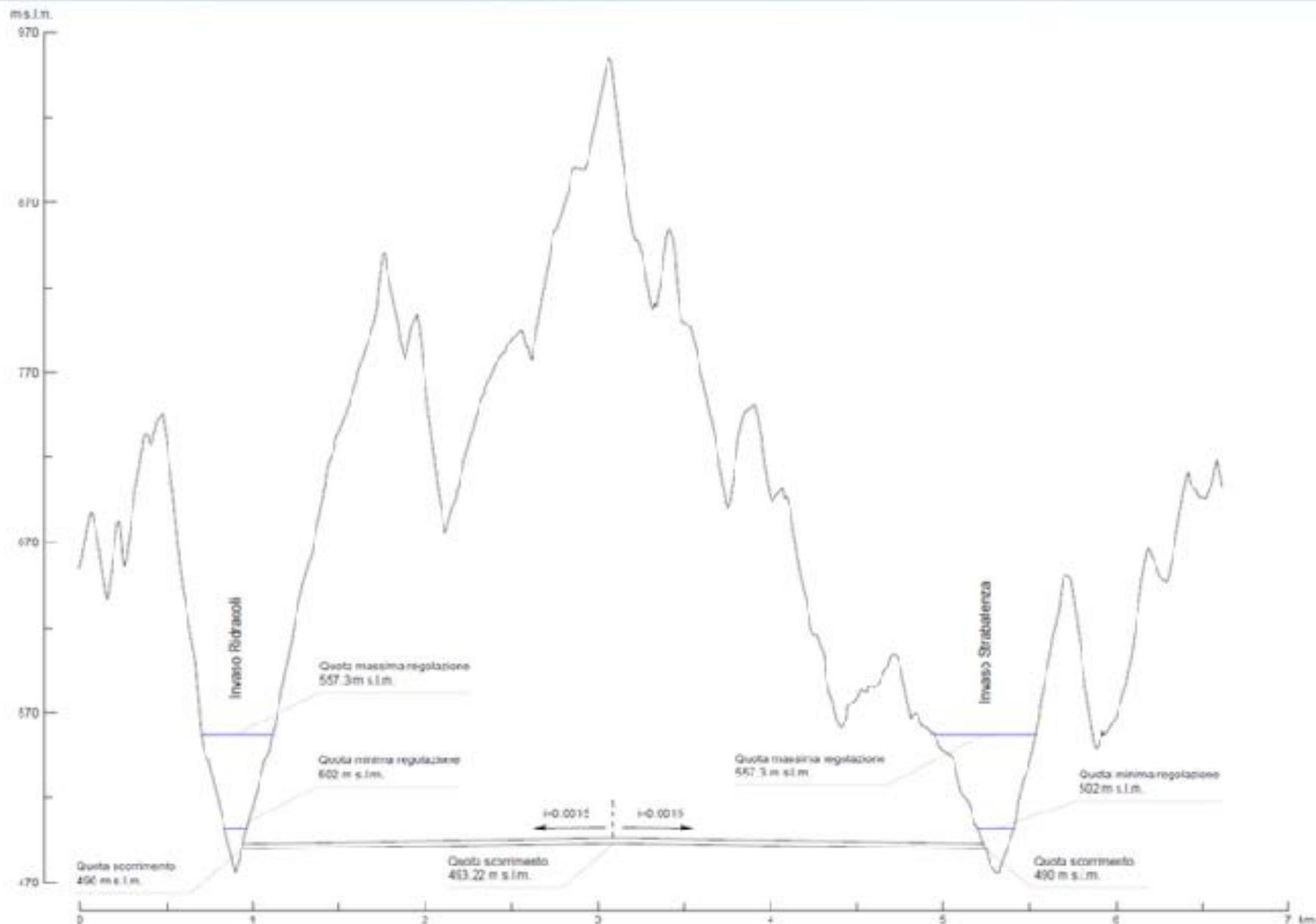
Invaso sul Bidente di Strabatenza



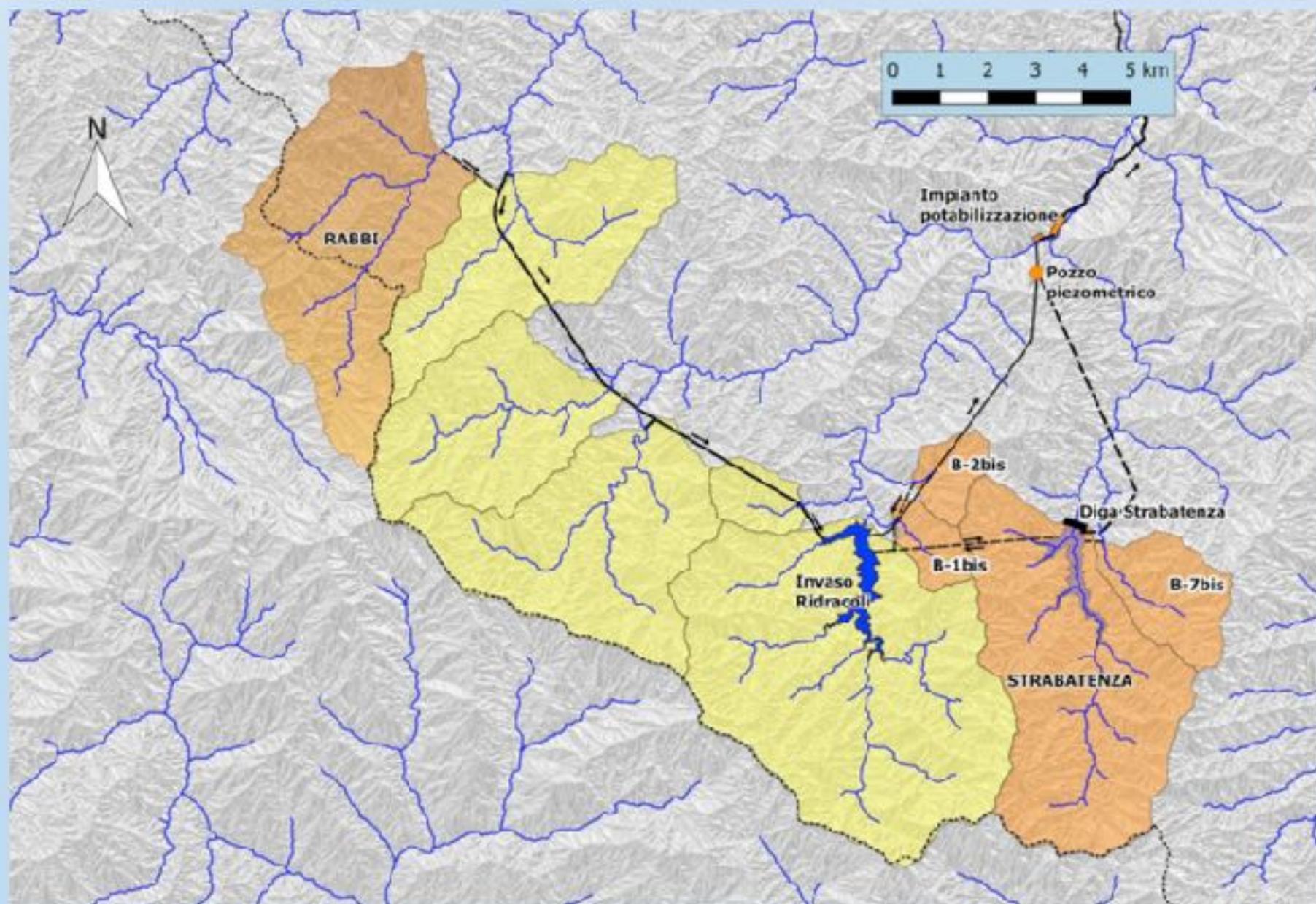
Invaso sul Bidente di Strabatenza



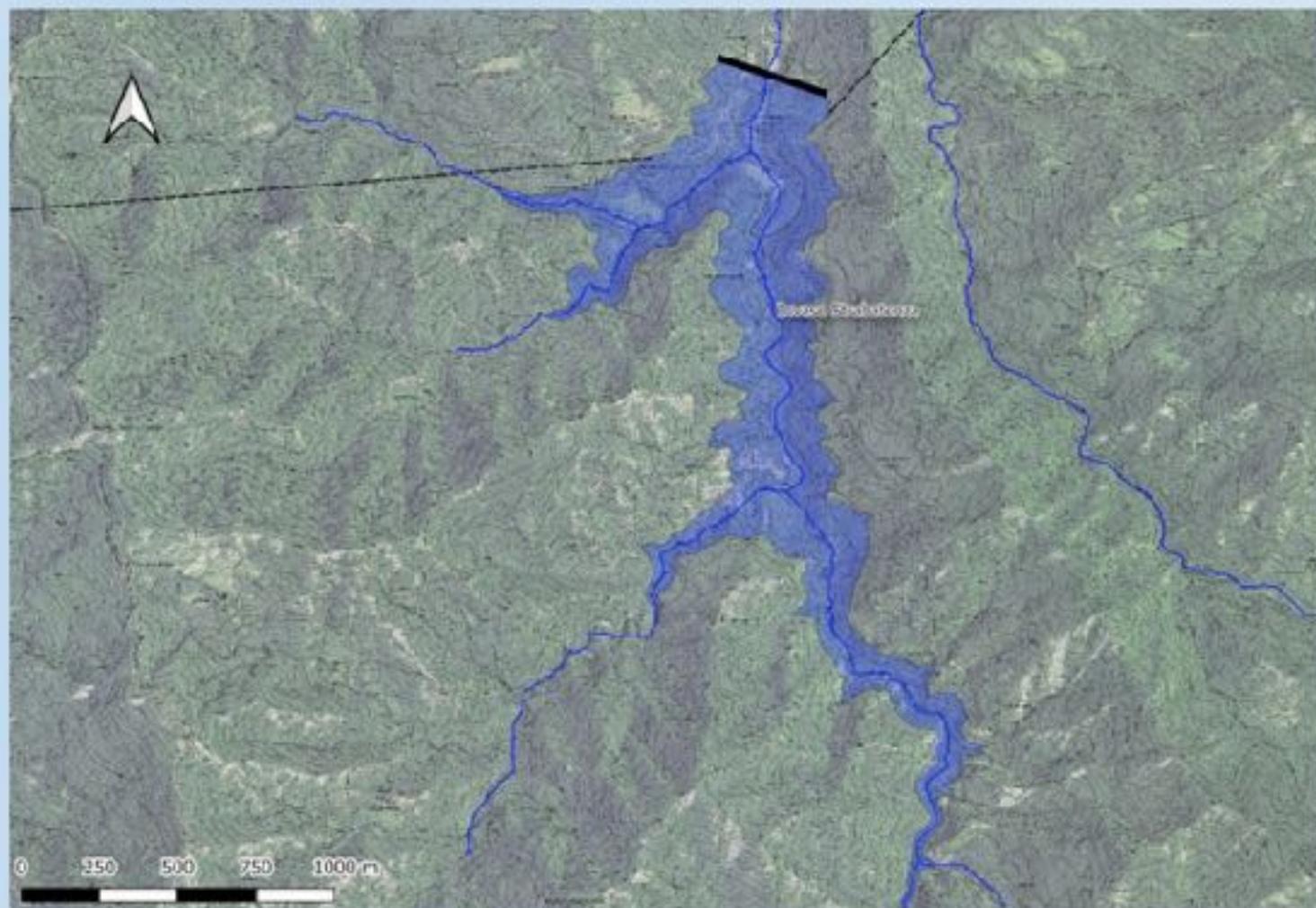
Invaso sul Bidente di Strabatenza



Invaso sul Bidente di Strabatenza: Hp collegamento a Capaccio

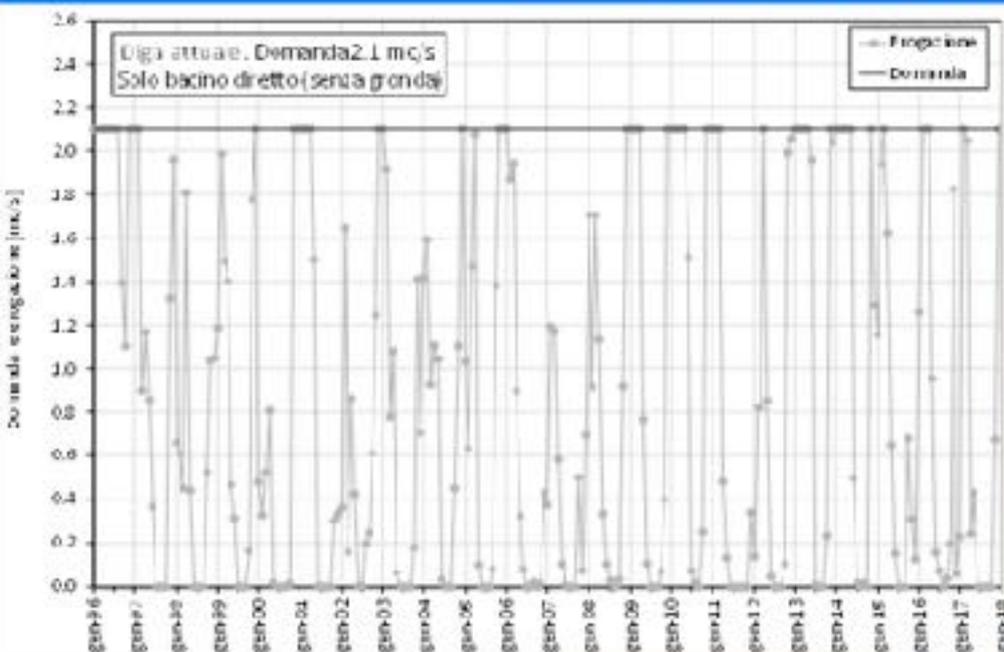


Invaso sul Bidente di Strabatenza



**SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA DI CAPTAZIONE E
REGOLAZIONE NEI VARI SCENARI**

SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA DI CAPTAZIONE E REGOLAZIONE NEI VARI SCENARI



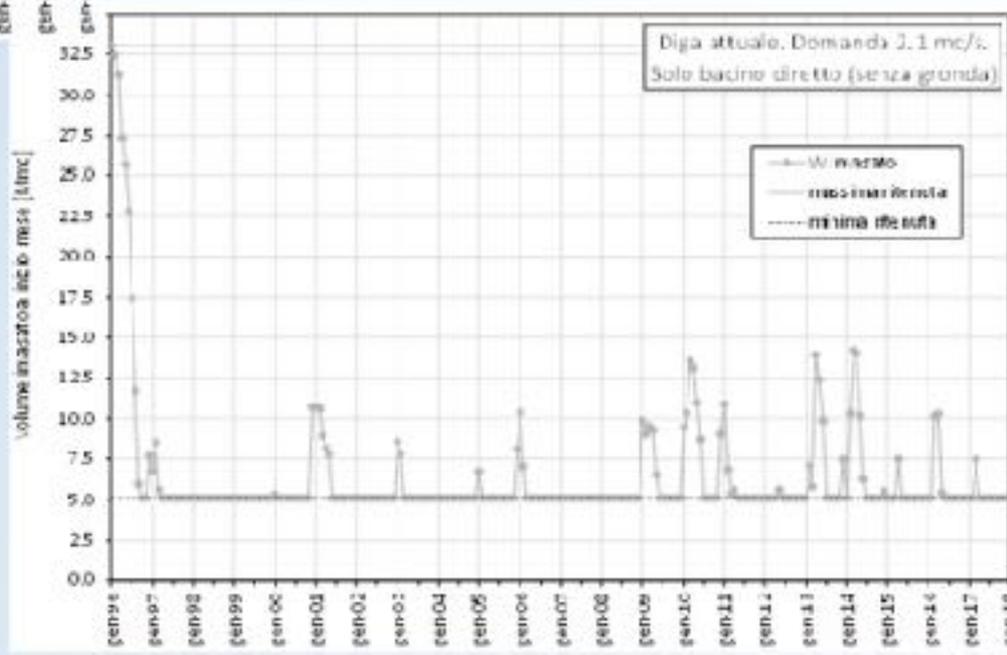
**SOLO BACINO
DIRETTO RIDRACOLI
(SENZA GRONDA)**

Domanda 2.1 mc/s (66.27 Mmc/anno)

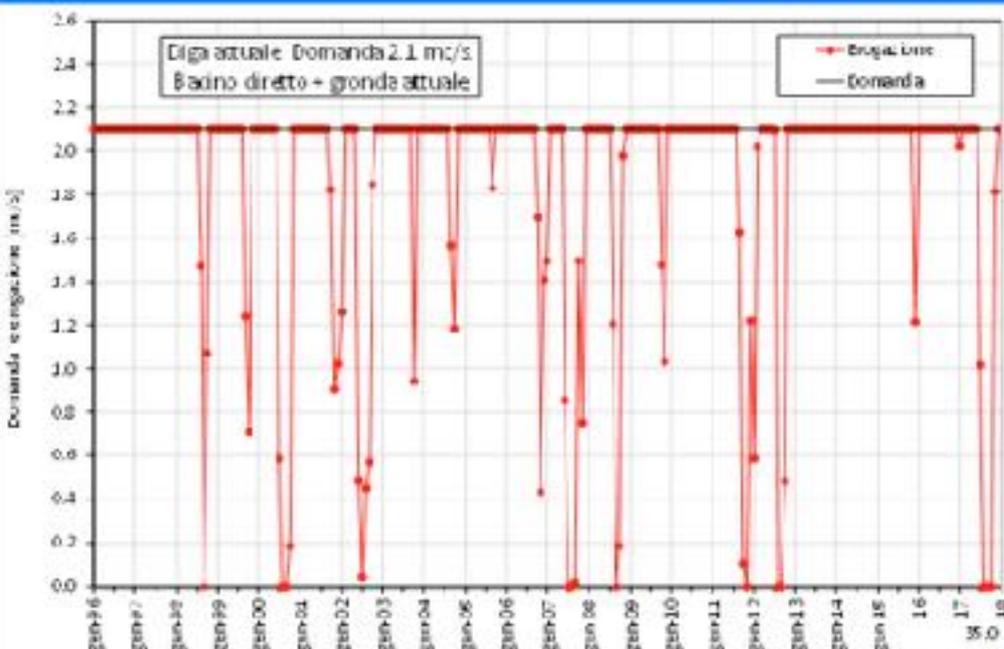
Fallanze DMV: 60 mesi (su 264, 22.7%)

Fallanze domanda: 204 mesi (su 264, 77.3%)

Erogazione media annua: 27.35 Mmc (41.3%)



SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA DI CAPTAZIONE NEI VARI SCENARI



ATTUALE
(BACINO DIRETTO RIDRACOLI + GRONDA)

Domanda 2.1 mc/s (66.27 Mmc/anno)

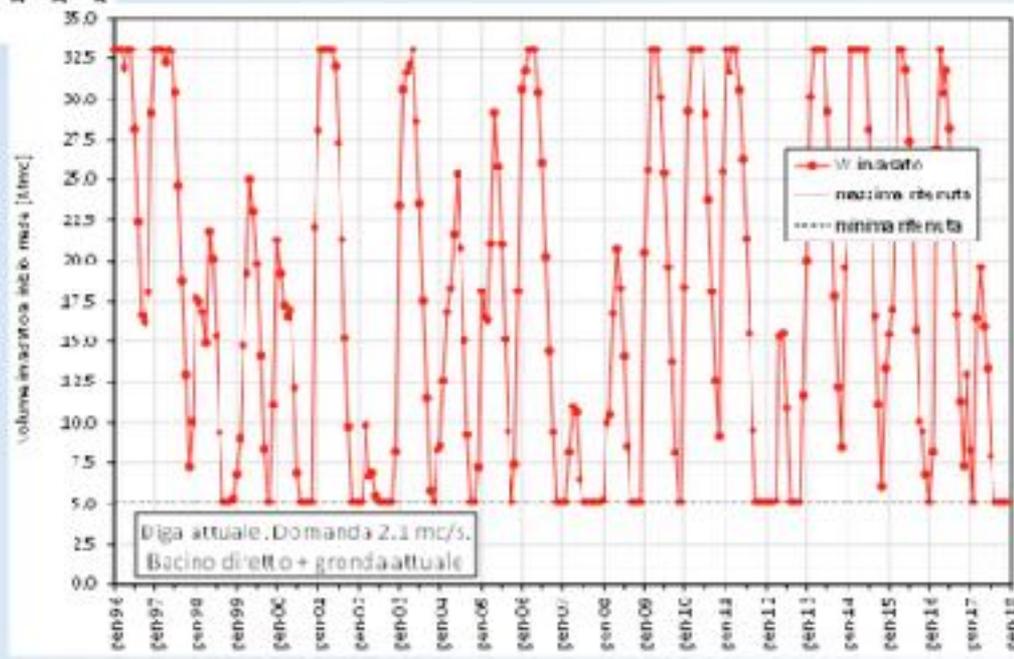
Volume affluito: 73.12 Mmc/anno

Fallanze DMV: 12 mesi (4.5%)

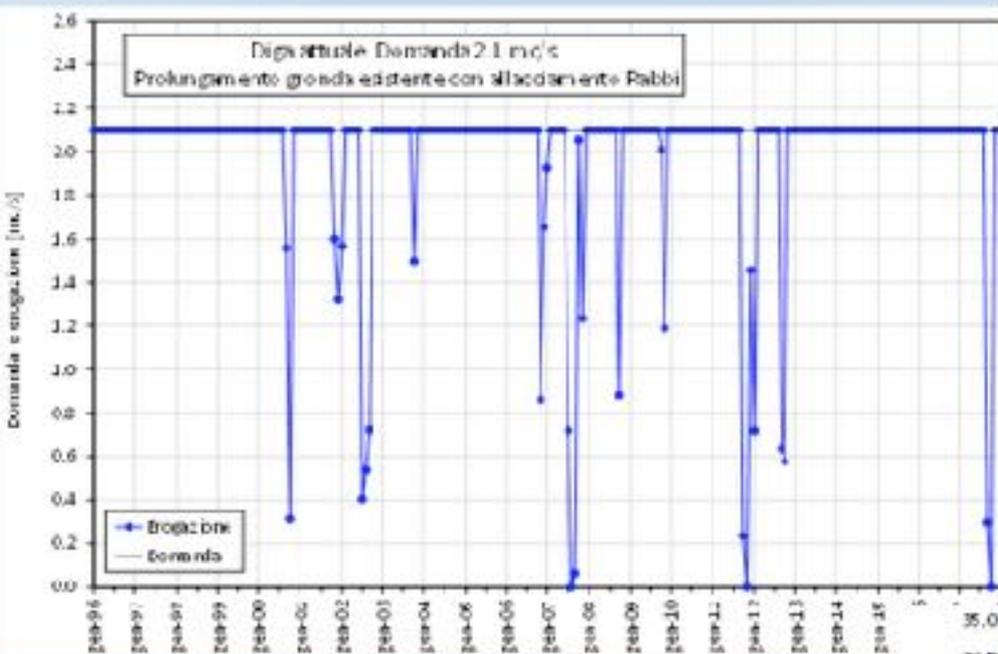
Fallanze domanda: 55 mesi (su 264, 20.8%)

Erogazione media annua: 58.09 Mmc (87.6%)

Sfiori: 38 mesi



SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA DI CAPTAZIONE NEI VARI SCENARI



**ATTUALE +
PROLUNGAMENTO RABBI**

Domanda 2.1 mc/s (66.27 Mmc/anno)

Volume affluito: 86.33 Mmc/anno

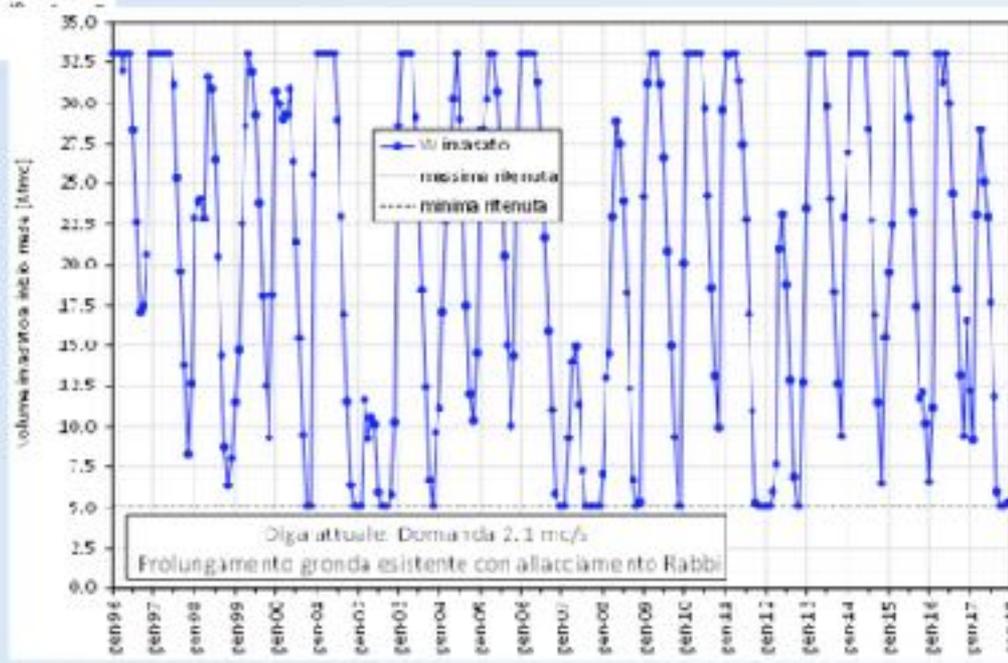
Fallanze DMV: 3 mesi (1.1%)

Fallanze domanda: 28 mesi (10.6%)

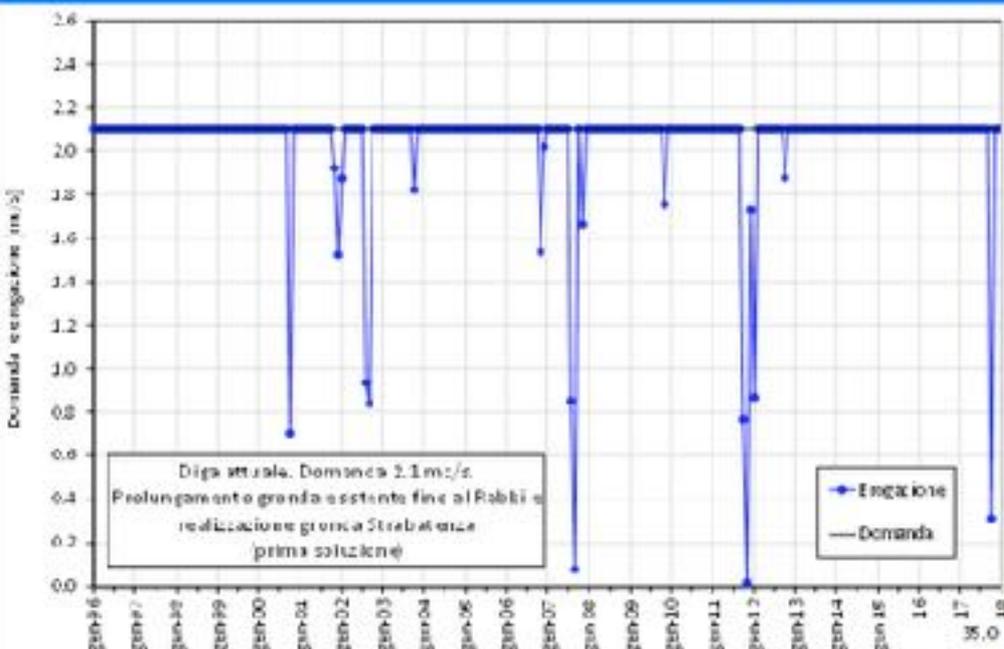
Erogazione media annua: 62.33 Mmc (94.1%)

Sfiori: 58 mesi

Volume sfiorato: 17.45 Mmc/anno



SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA DI CAPTAZIONE NEI VARI SCENARI



**ATTUALE +
PROLUNGAMENTO RABBI + GRONDA
STRABATENZA (1° alternativa)**

Domanda 2.1 mc/s (66.27 Mmc/anno)

Volume affluito: 101.37 Mmc/anno

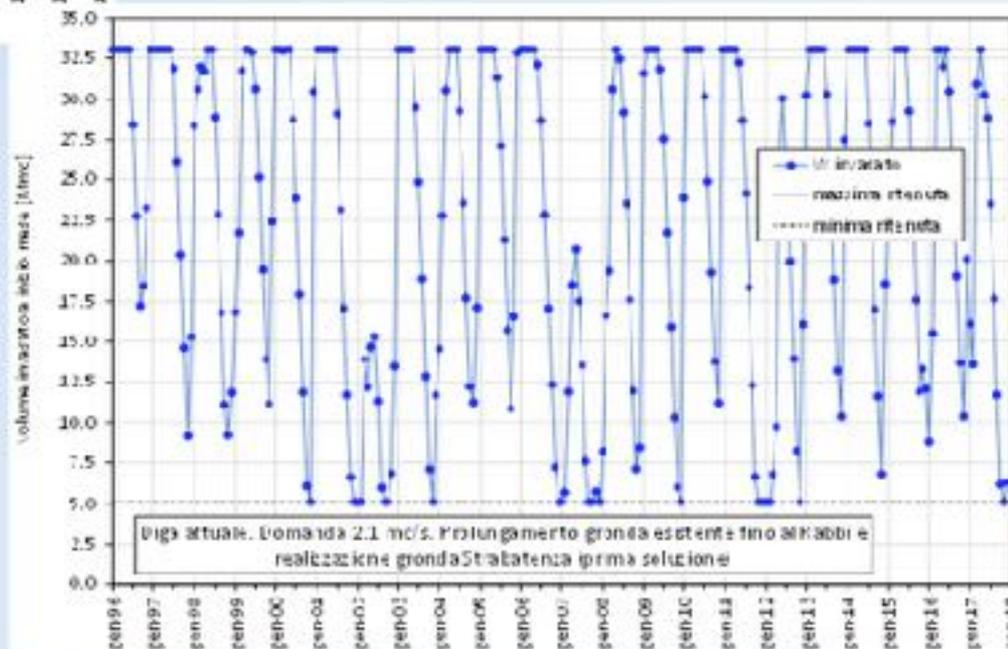
Fallanze DMV: 0 mesi (0%)

Fallanze domanda: 19 mesi (7.2%)

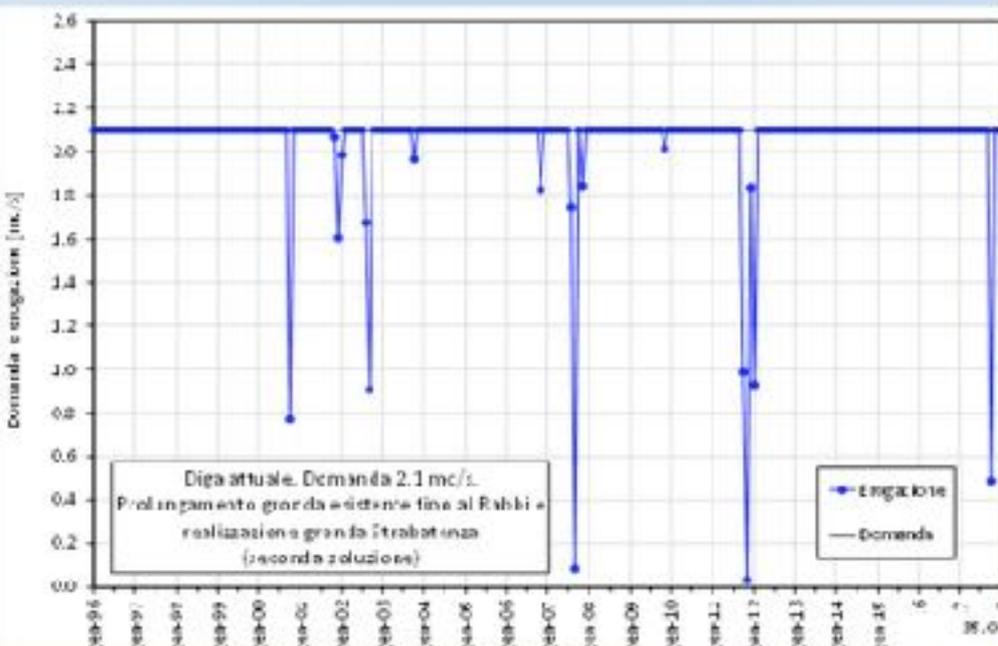
Erogazione media annua: 64.25 Mmc (97.0%)

Sfiori: 78 mesi

Volume sfiorato: 30.30 Mmc/anno



SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA DI CAPTAZIONE NEI VARI SCENARI



**ATTUALE +
PROLUNGAMENTO RABBI + GRONDA
STRABATENZA (2° alternativa)**

Domanda 2.1 mc/s (66.27 Mmc/anno)

Volume affluito: 106.39 Mmc/anno

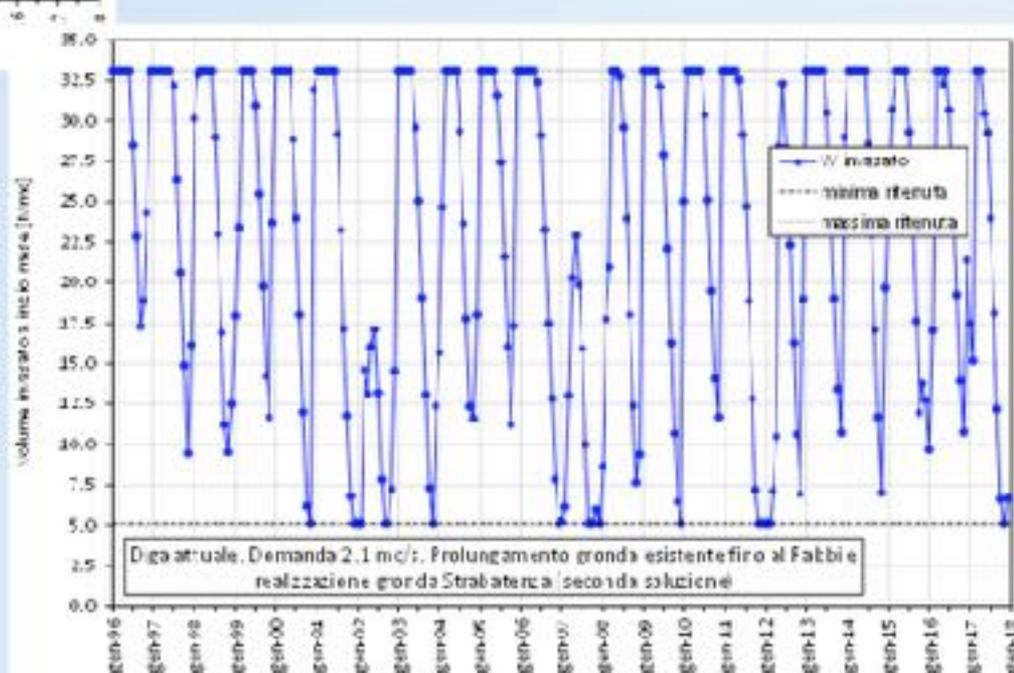
Fallanze DMV: 0 mesi (0 %)

Fallanze domanda: 17 mesi (6.4%)

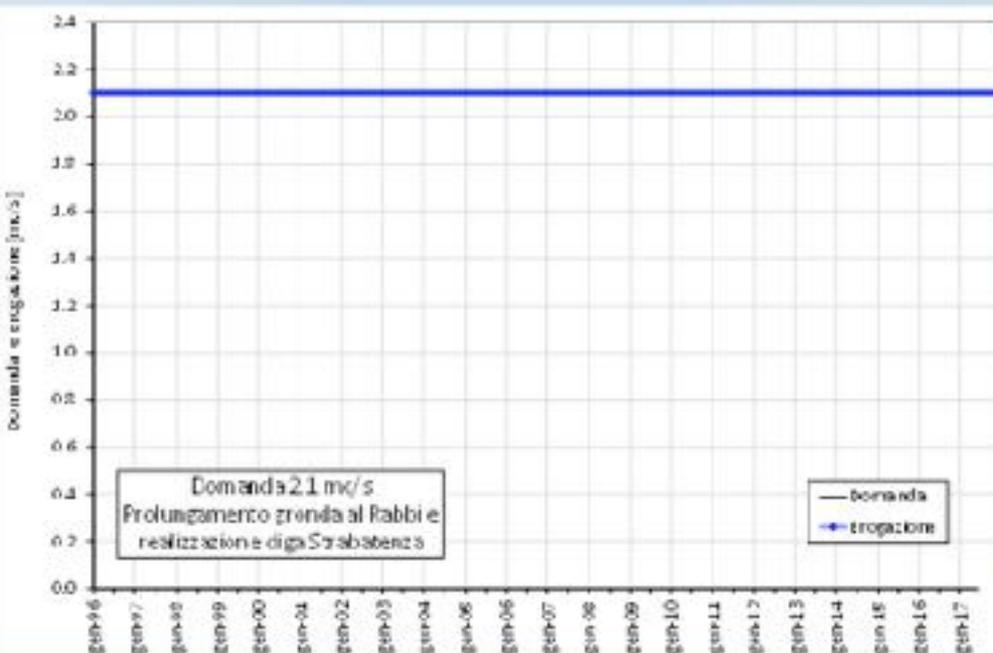
Erogazione media annua: 64.72 Mmc (97.7%)

Sfiori: 89 mesi

Volume sfiorato: 34.77 Mmc/anno



SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA DI CAPTAZIONE NEI VARI SCENARI



Domanda 2.1 mc/s (66.27 Mmc/anno)

Volume affluito: 110.42 Mmc/anno

Fallanze DMV: 0 mesi (0 %)

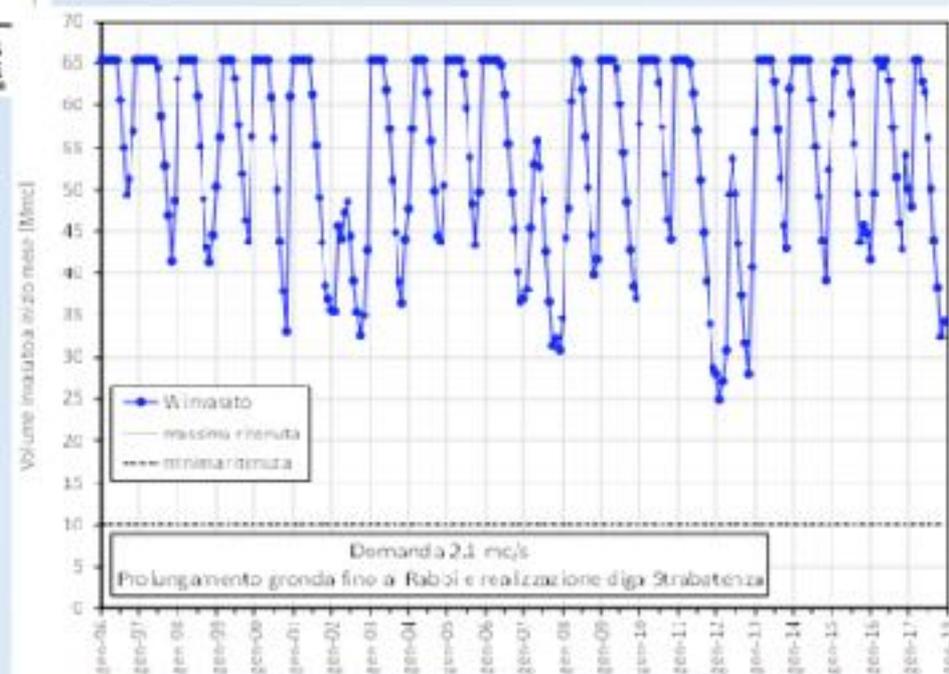
Fallanze domanda: 0 mesi (0 %)

Erogazione media annua: 66.27 Mmc (100%)

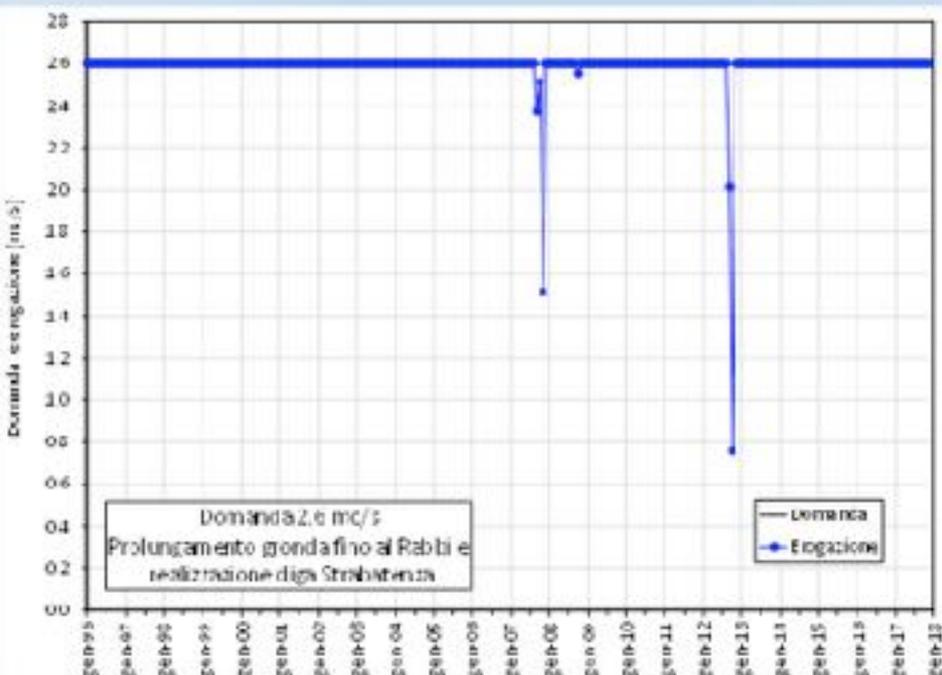
Sfiori: 88 mesi

Volume sfiorato: 36.14 Mmc/anno

**ATTUALE +
PROLUNGAMENTO RABBI +
INVASO STRABATENZA**
Domanda 2.1 mc/s continui



SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA DI CAPTAZIONE NEI VARI SCENARI



Domanda 2.6 mc/s (82.05 Mmc/anno)

Volume affluito: 110.42 Mmc/anno

Fallanze DMV: 0 mesi (0 %)

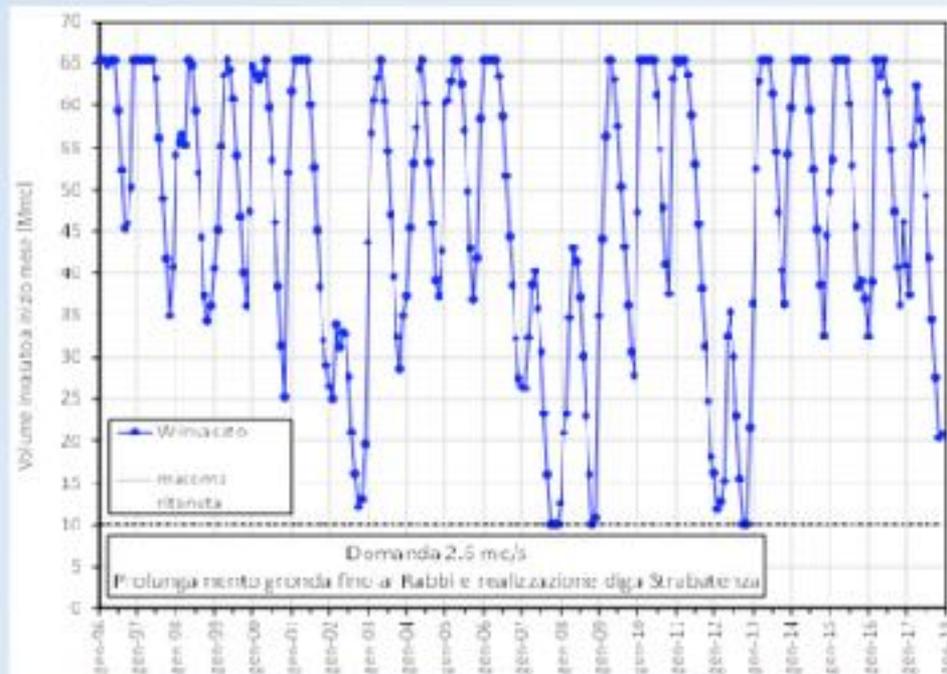
Fallanze domanda: 6 mesi (su 264, 2.3%)

Erogazione media annua: 81.59 Mmc (99.4%)

Sfiori: 53 mesi

Volume sfiorato: 21.69 Mmc/anno

**ATTUALE +
PROLUNGAMENTO RABBI +
INVASO STRABATENZA**
Domanda 2.6 mc/s continui



PROLUNGAMENTO GRONDA ESISTENTE FINO AL TORRENTE RABBI

Caratteristiche principali

Area aggiuntiva di bacino imbrifero allacciata	23.10	Kmq
Volume medio annuo aggiuntivo fornito all'invaso	13.20	Mmc/anno
Volume medio annuo complessivo affluito all'invaso	36.33	Mmc/anno
Volume richiesto (domanda continua 2.1 mc/s)	56.27	Mmc/anno
Volume medio annuo erogato	52.33	Mmc/anno
Volume medio annuo sfiorato	17.45	Mmc/anno
Percentuale di domanda soddisfatta	94.1	%
Frequenza di falanza	10.6	%

Costi di realizzazione

Impianto	Costo parametrico	Costo complessivo
Opera di presa n.1	1.200.000 €	1.200.000 €
Galleria in sinistra idraulica ($\phi=2500$ mm; L=1528 m)	1.400 €/mc	10.515.505 €
Costo totale		11.715.505 €
Somme a disposizione dell'Amministrazione (espropri, spese tecniche, sondaggi, rilievi, imprevisti, etc) 40%		4.686.202 €
Finanziamento necessario		16.401.707 €

REALIZZAZIONE GRONDA STRABATENZA (prima soluzione)

Caratteristiche principali

Area aggiuntiva di bacino imbrifero allacciata	21.05	Kmq
Volume medio annuo aggiuntivo fornito all'invaso di Ridracoli	15.04	Mmc/anno
Volume medio annuo complessivo affluito all'invaso di Ridracoli	101.37	Mmc/anno
Volume richiesto (domanda continua 2.1 mc/s)	66.27	Mmc/anno
Volume medio annuo erogato	64.25	Mmc/anno
Volume medio annuo sfiorato	30.30	Mmc/anno
Percentuale di domanda soddisfatta	97.0	%
Frequenza di fallanza	7.2	%

Costi di realizzazione

Impianto	Costo parametrico	Costo complessivo
Opere di presa n.5	1.200.000 €	6.000.000 €
Galleria ramo principale ($\phi=3000$ mm; L=6235 m)	1.200 €/mc	52.961.337 €
Galleria rami secondari ($\phi=2000$ mm; L=2464 m)	1.400 €/mc	10.852.442 €
Costo totale		69.813.337 €
Somme a disposizione dell'Amministrazione (espropri, spese tecniche, sondaggi, rilievi, imprevisti, etc) 40%		27.925.511 €
Finanziamento necessario		97.739.290 €

REALIZZAZIONE GRONDA STRABATENZA (seconda soluzione)

Caratteristiche principali

Area aggiuntiva di bacino imbrifero allacciata	28.14	Kmq
Volume medio annuo aggiuntivo fornito all'invaso di Ridracoli	20.02	Mmc/anno
Volume medio annuo complessivo affluito all'invaso di Ridracoli	106.39	Mmc/anno
Volume richiesto (domanda continua 2.1 mc/s)	66.27	Mmc/anno
Volume medio annuo erogato	64.72	Mmc/anno
Volume medio annuo sfibrato	34.77	Mmc/anno
Percentuale di domanda soddisfatta	97.7	%
Frequenza di fallanza	6.4	%

Costi di realizzazione

Impianto	Costo parametrico	Costo complessivo
Opere di presa n.7	1.200.000 €	8.400.000 €
Galleria ramo principale ($\phi=3000$ mm; L=9168 m)	1.200 €/mc	77.874.826 €
Galleria rami secondari ($\phi=2000$ mm; L=2464 m)	1.400 €/mc	10.852.442 €
Costo totale		97.127.267 €
Somme a disposizione dell'Amministrazione (espropri, spese tecniche, sondaggi, rilievi, imprevisti, etc) 40%		38.850.907 €
Finanziamento necessario		135.978.174 €

REALIZZAZIONE DIGA STRABATENZA

Caratteristiche principali

Area aggiuntiva di bacino imbrifero diretto	24,09	Kmq
Area aggiuntiva dei bacini imbriferi associati	9,16	Kmq
Volume medio annuo aggiuntivo fornito al sistema di invasi	74,09	Mmc/anno
Volume medio annuo complessivo affluito al sistema di invasi	110,42	Mmc/anno
Domanda idrica continua: 2,1 mc/s		
Volume richiesto	60,27	Mmc/anno
Volume medio annuo erogato	66,27	Mmc/anno
Percentuale di domanda soddisfatta	100,0	%
Frequenza di fallanza	0	%
Volume medio annuo sfiorato	36,14	Mmc/anno
Domanda idrica continua: 2,6 mc/s		
Volume richiesto	62,35	Mmc/anno
Volume medio annuo erogato	61,59	Mmc/anno
Percentuale di domanda soddisfatta	95,4	%
Frequenza di fallanza	1,3	%
Volume medio annuo sfiorato	21,59	Mmc/anno

Costi di realizzazione

Impianto	Costo parametrico	Costo complessivo
Diga (volume di invasi 32,52 Mmc)	10 €/mc	315.200.000 €
Gallerie di collegamento tra gli invasi (φ=3000 mm; L=4287 m)	1.200 €/mc	36.141.625 €
Opere di presa n.3	1.200.000 €	3.600.000 €
Gallerie di gronda (φ=2000 mm; L=1919 m)	1.400 €/mc	8.540.132 €
Costo totale		371.754.767 €
Somme a disposizione dell'Amministrazione (espropri, spese tecniche, sondaggi, rilievi, imprevisti, etc) 35%		130.114.168 €
Finanziamento necessario		501.868.935 €

DUE TIPOLOGIE

A - INTERVENTI STRATEGICI DI POTENZIAMENTO DELLO SCHEMA IDRICO ESISTENTE

B - INTERVENTI DI POTENZIAMENTO A VALENZA LOCALE PER ABITATI NON CONNESSI ALL'ADR

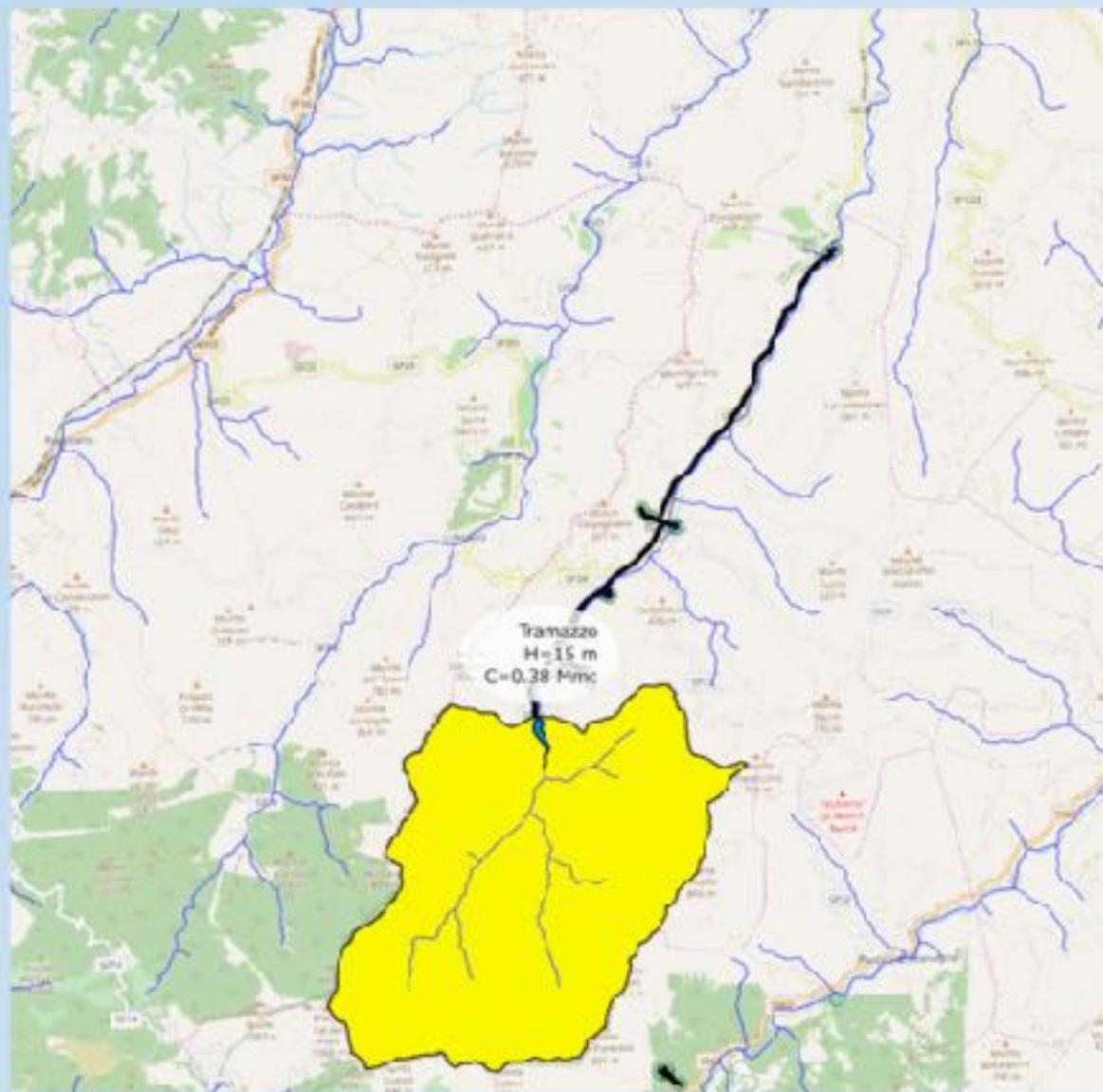
B - INTERVENTI DI POTENZIAMENTO A VALENZA LOCALE PER ABITATI NON CONNESSI ALL'ADR

B-1) Realizzazione di un piccolo invaso sul Tramazzo per i fabbisogni di Tredozio e Modigliana.

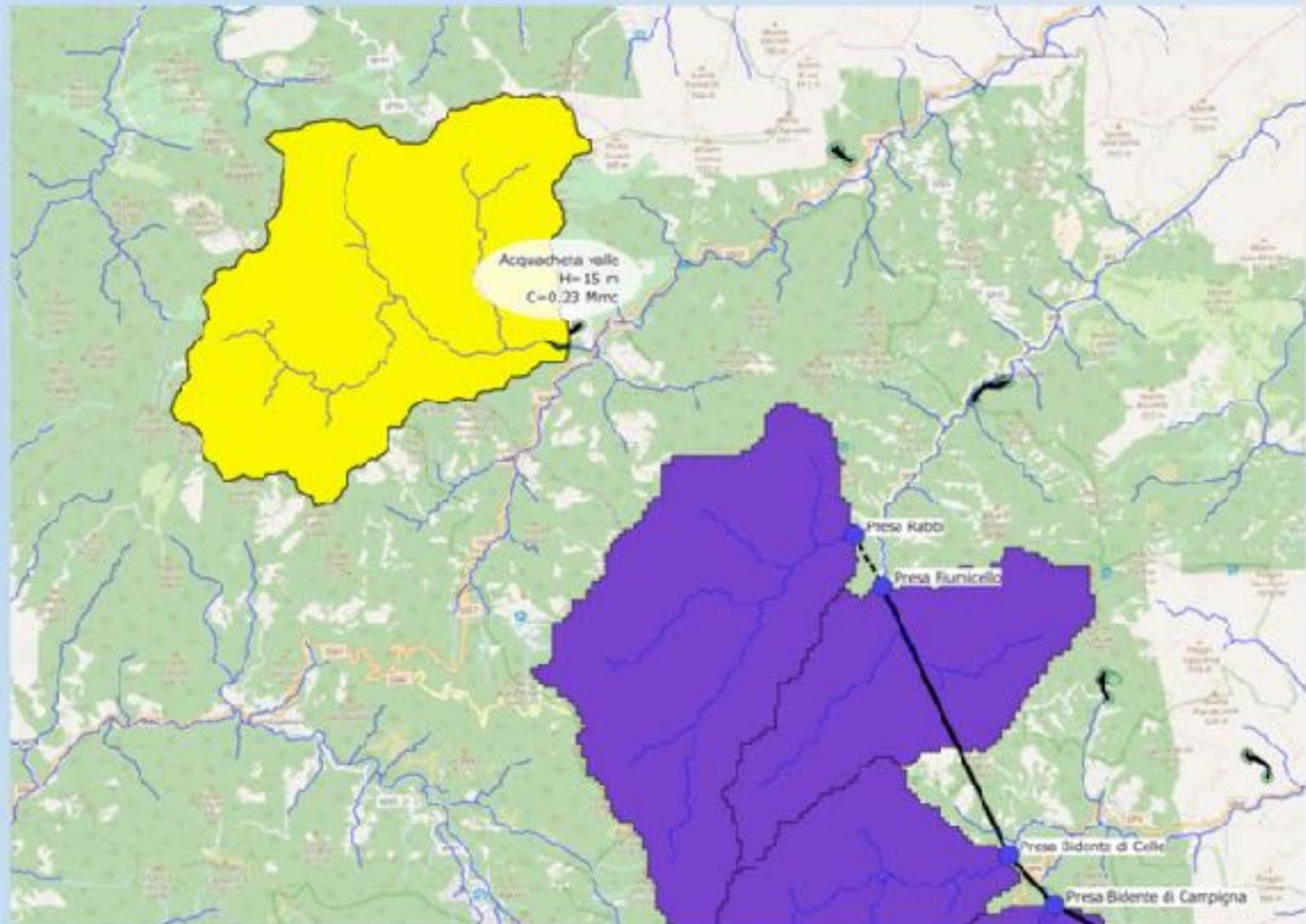
B-2) Realizzazione di un piccolo invaso sul fosso Acquacheta per i fabbisogni di San Benedetto in Alpe e zone limitrofe.

B - INTERVENTI A VALENZA LOCALE

B-1) Realizzazione di un piccolo invaso sul Tramazzo per i fabbisogni di Tredozio e Modigliana



B-2) Realizzazione di un piccolo invaso sul fosso Acquacheta per i fabbisogni di San Benedetto in Alpe e zone limitrofe



INVASO SUL TORRENTE TRAMAZZO E OPERE ACCESSORIE

Caratteristiche principali

Volume medio annuo fornito dall'invaso	299.926 mc
Volume dell'invaso al livello di massima regolazione	200.000 mc
Portata media annua da potabilizzare	9.51 l/s
Volume medio mese massimo consumo (luglio)	39.337 mc
Portata media giorno massimo consumo	19.1 l/s
Portata di dimensionamento impianto potabilizzazione	20 l/s

Costi di realizzazione

Impianto	Costo parametrico	Costo complessivo
Diga	10 €/mc	2.000.000 €
Impianto di potabilizzazione	20.000 €/(l/s)	400.000 €
Allacciamenti vari (3,5 km)	200 €/m	700.000 €
Costo totale		3.100.000 €
Somme a disposizione dell'Amministrazione (espropri, spese tecniche, sondaggi, rilievi, imprevisti, etc) 40%		1.240.000 €
Finanziamento necessario		5.040.000 €



Grazie per l'attenzione....