

La modellistica matematica
delle acque sotterranee
a supporto della pianificazione e
gestione della risorsa idrica.
Esempi applicativi in Emilia-Romagna

Ing. Andrea Chahoud

Direzione Tecnica ARPAE Emilia-Romagna
Centro Tematico Regionale Sistemi Idrici
Unità Pianificazione Risorsa Idrica

Bologna, 25 novembre 2019



La modellistica matematica delle acque sotterranee a supporto della pianificazione e gestione della risorsa idrica. Esempi applicativi in Emilia-Romagna

PARTE 3

*Esame di specifici casi applicativi a scale diverse e per
obiettivi diversi: il modello regionale ed i modelli locali*

CASO 2

*Modellistica delle acque sotterranee a supporto della previsione e
gestione delle emergenze idriche del territorio della Romagna*

Ing. Andrea Chahoud

Direzione Tecnica ARPAE Emilia-Romagna
Centro Tematico Regionale Sistemi Idrici
Unità Pianificazione Risorsa Idrica

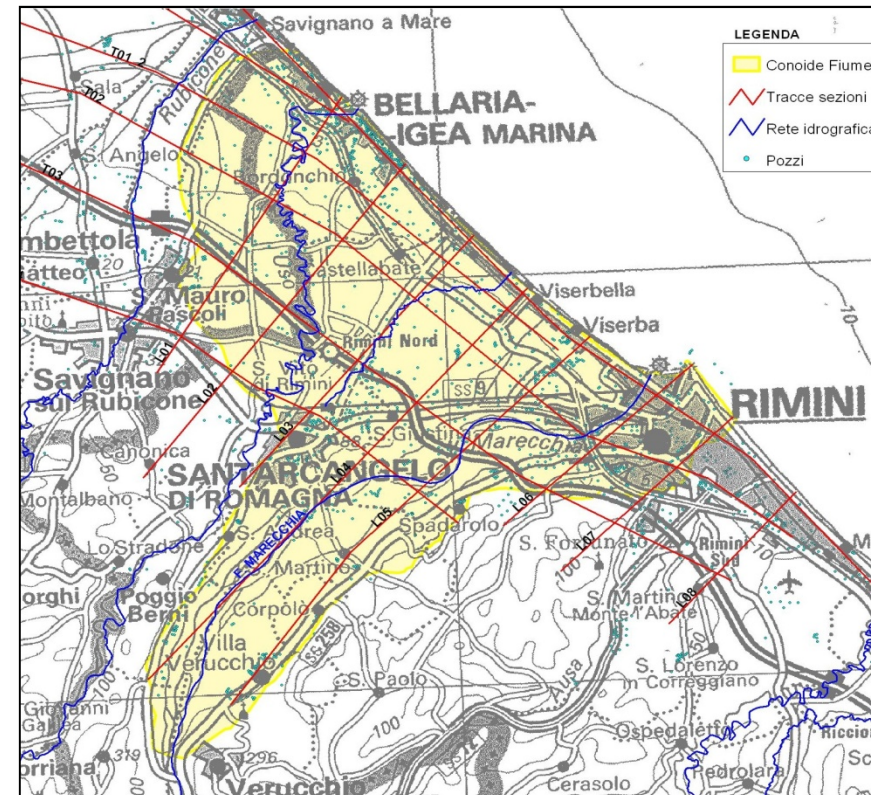
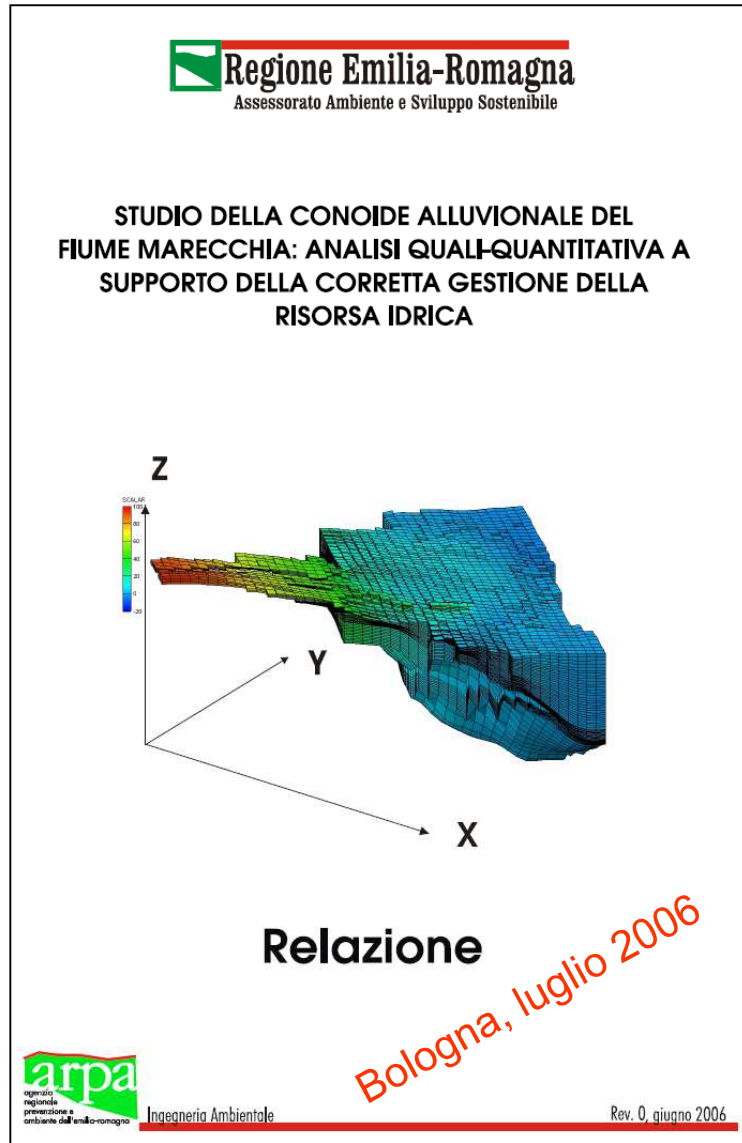
Bologna, 25 novembre 2019

arpae
agenzia
prevenzione
ambiente energia
emilia-romagna

Modello di flusso delle acque sotterranee della conoide del Fiume Marecchia

ARPA ER - Ingegneria Ambientale

Con:
Regione Emilia-Romagna
Provincia di Rimini
Autorità di Bacino del Marecchia-Conca
AMIR S.p.A. (ora Hera S.p.A)
Romagna Acque



Fase 1: costruzione

TIPO DI PROBLEMA:

FLUSSO SATURO
TRASPORTO (nitrati)
MEZZO POROSO

TIPO DI MEZZO:

ANISOTROPO
ETEROGENEO

TIPO DI GEOMETRIA:

TRIDIMENSIONALE

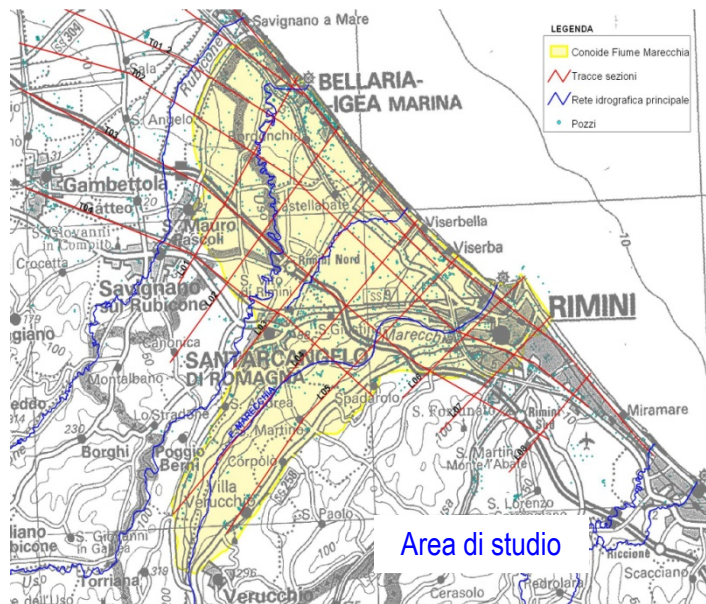
TIPO DI MOTO:

TRANSITORIO passo stagionale/mensile

MODELLO CONOIDE MARECCHIA

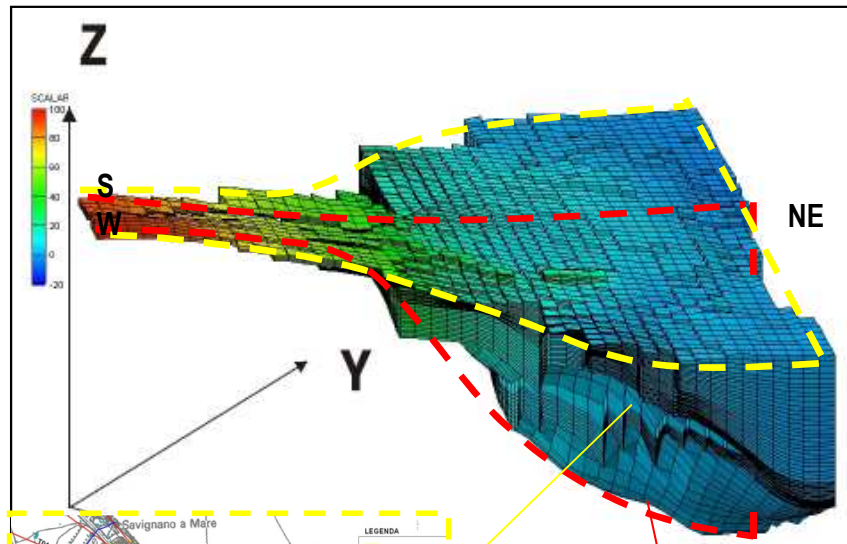
DATI DISPONIBILI:

- ❑ Ricostruzione geologica di dettaglio del sottosuolo
- ❑ Dati piezometrici e chimici rete regionale
- ❑ Dati piezometrici e chimici rete conoide Marecchia
- ❑ Indagini sperimentali per la caratterizzazione dei suoli
- ❑ Simulazioni con Macro e Soil-N per bilancio di acqua e azoto / simulazioni con CRITERIA (Arpa SIMC)
- ❑ Dati prelievi acquedottistici direttamente da Hera RN
- ❑ Analisi del catasto pozzi per la valutazione e l'attribuzione dei prelievi per i diversi usi
- ❑ Parametri idrodinamici (storici + nuove prove ad hoc)
- ❑ Dati idraulici, idrologici e prova di portata sul Fiume Marecchia

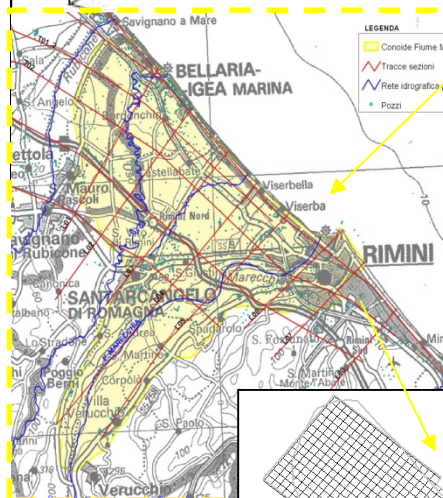


Il modello viene costantemente aggiornato con i dati su base mensile, è stato utilizzato in diversi contesti: gestione risorsa, ricarica controllata e simulazioni di scenario riferite alla gestione della risorsa idrica.

La costruzione del modello: geometria e struttura

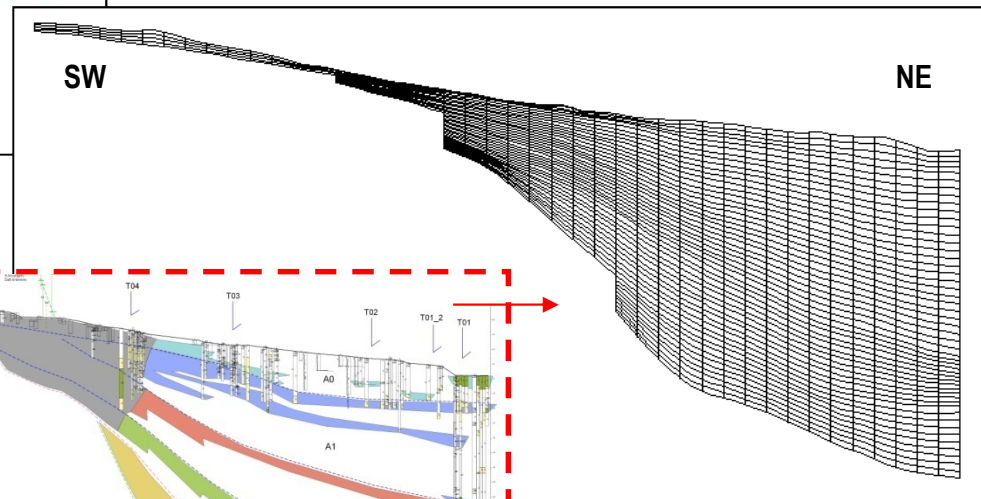
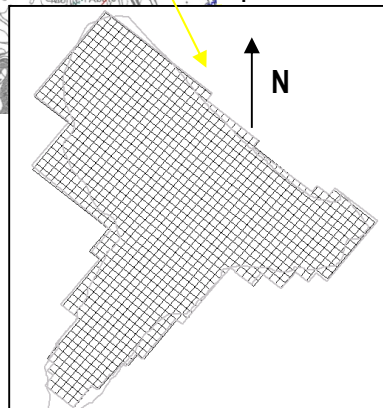


- Area del modello: circa 140 km²
- Discretizzazione nel piano: maglie quadrate di lato 350 m
- Discretizzazione verticale: 50 layer a spessore variabile: 4 layer per A0, 12 layer per A1, 12 layer per A2, 12 layer per A3-A4, 10 layer per B
- Numero totale di celle attive: 48.000
- Condizionamento dei layer secondo le superfici notevoli riconosciute (basi dei complessi acquiferi)

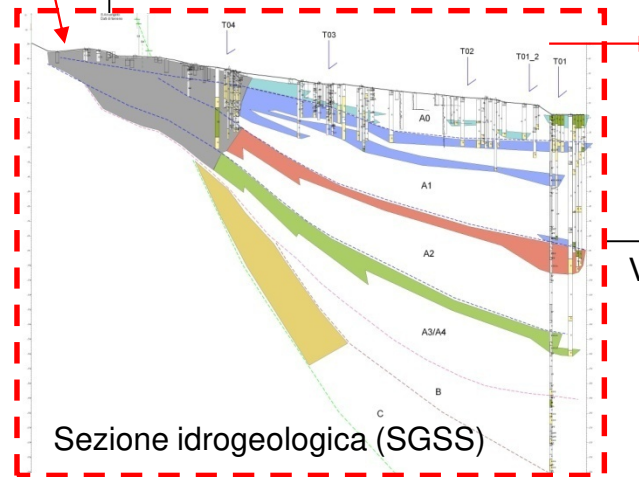


X

Vista in pianta



Vista in sezione



Sezione idrogeologica (SGSS)

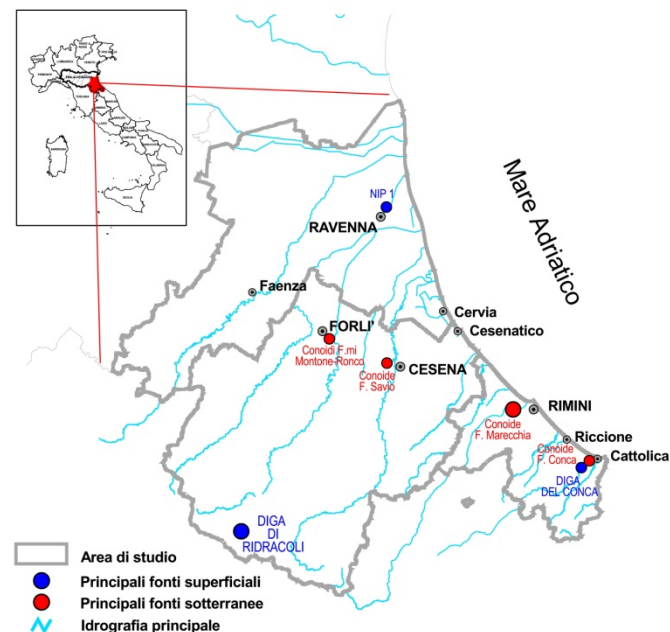
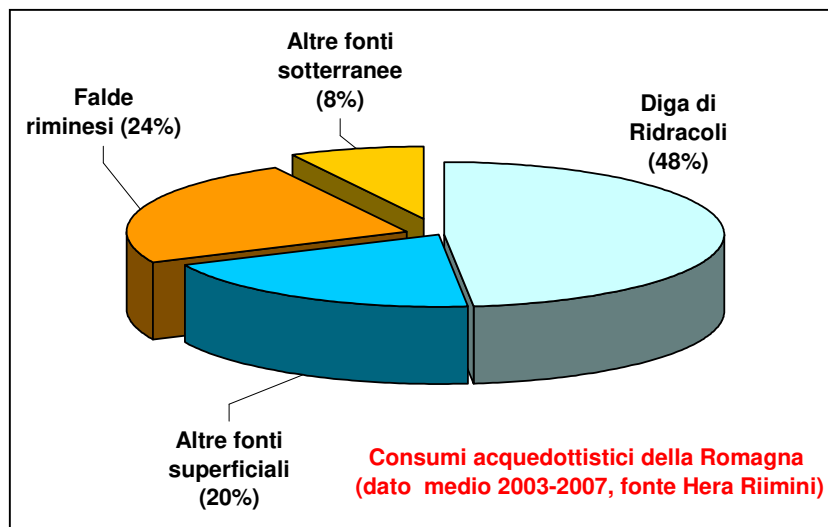
Il contesto territoriale...



... la Romagna e la Conoide del Marecchia

Perché è importante la Conoide del Marecchia (1)

- 1. I prelievi di acque sotterranee a scopo acquedottistico (dati medi 2002-2006)
 - Conoide Marecchia: 25 Milioni di m³ annui (72%)
 - Conoide Conca: 4 Milioni di m³ annui (11%)
 - Conoidi Savio e Montone : 6 Milioni di m³ annui (17%)
- 2. Le altre fonti
 - Diga di Ridracoli: volume invaso 33 Mm³
 - Impianto NIP1/NIP2 : acque da Lamone o da CER
 - Invaso del Conca: capacità 1.5 Mm³



Perché è importante la Conoide del Marecchia (2)

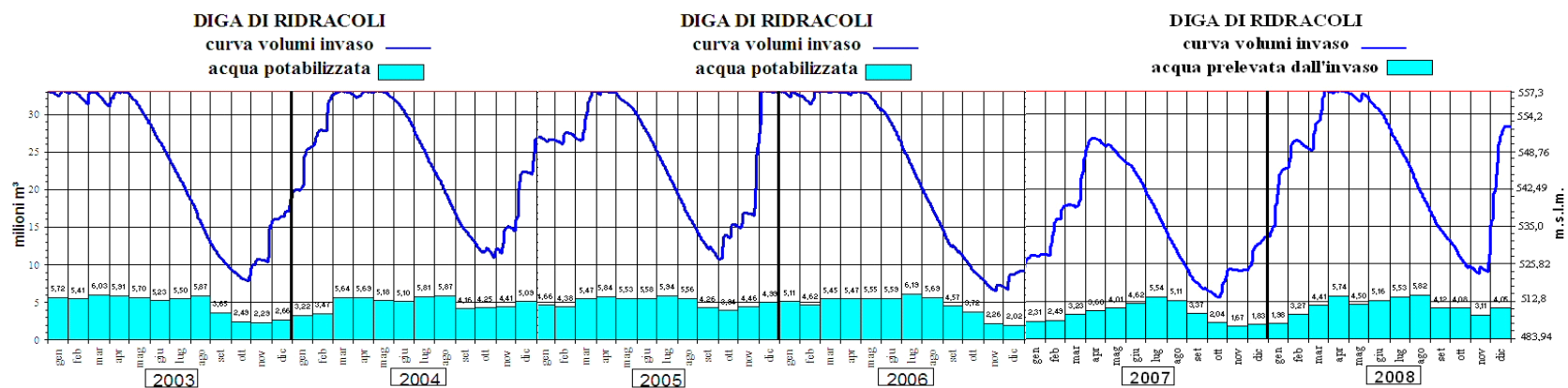
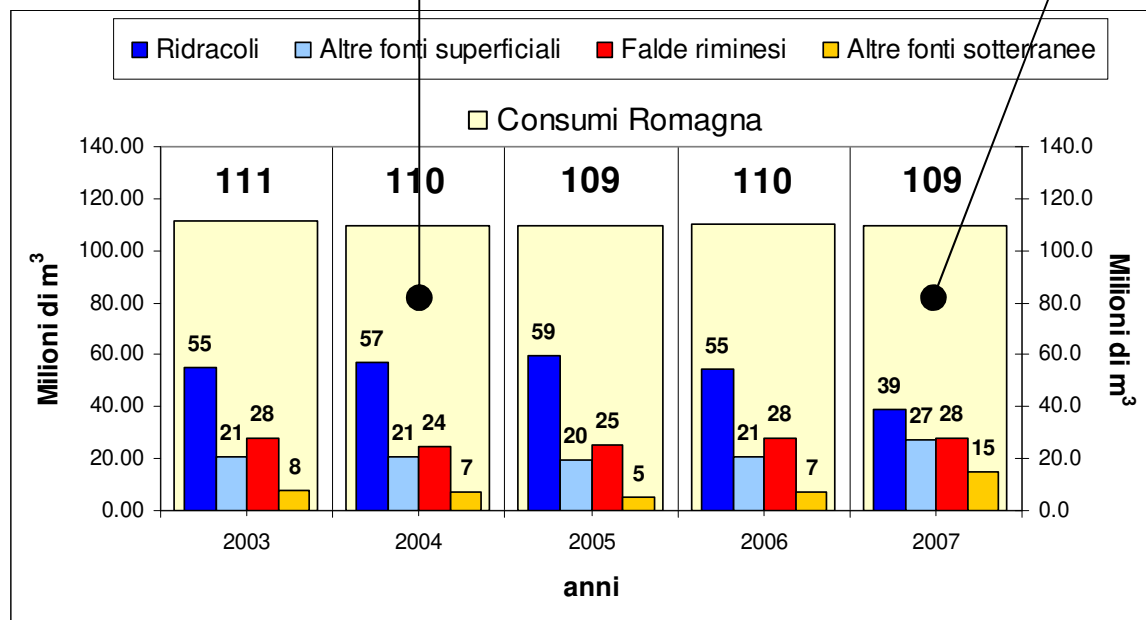


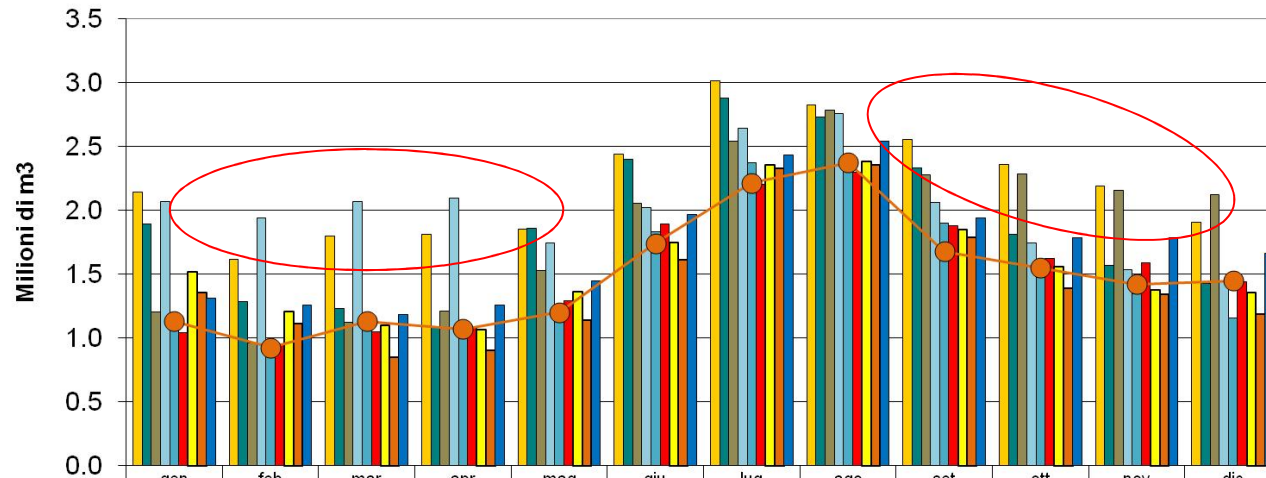
Grafico dell'invaso di Ridracoli, anni 2003-2008, fonte Romagna Acque



N.B.: la variabilità dei prelievi di acque sotterranee in funzione della disponibilità di acqua da Ridracoli e da altre fonti superficiali

Consumi acquedottistici della Romagna, anni 2003-2007, fonte Hera Rimini

**Prelievi Civili
Conoide Marecchia**



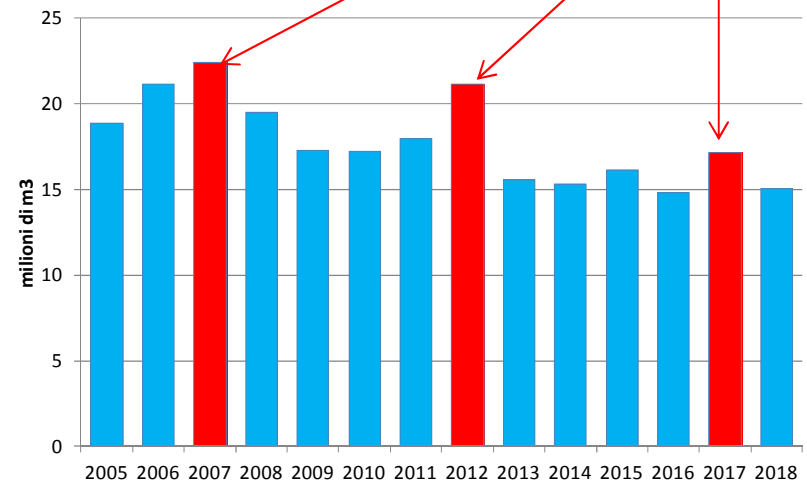
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
2007 (Hera)	2.14	1.61	1.80	1.81	1.85	2.44	3.02	2.83	2.55	2.36	2.19	1.91
2008 (Hera)	1.89	1.28	1.23	1.08	1.86	2.40	2.88	2.73	2.33	1.81	1.57	1.42
2011 (Romagna Acque)	1.20	0.96	1.13	1.21	1.53	2.05	2.54	2.79	2.28	2.28	2.15	2.12
2012 (Romagna Acque)	2.07	1.94	2.07	2.09	1.74	2.02	2.64	2.75	2.06	1.74	1.53	1.44
2013 (Romagna Acque)	1.11	0.95	1.15	1.03	1.24	1.83	2.38	2.43	1.90	1.55	1.34	1.16
2014 (Romagna Acque)	1.04	0.95	1.05	1.07	1.29	1.89	2.21	2.29	1.88	1.62	1.59	1.44
2015 (Romagna Acque)	1.52	1.21	1.10	1.06	1.37	1.74	2.36	2.38	1.85	1.56	1.37	1.35
2016 (Romagna Acque)	1.35	1.11	0.85	0.90	1.14	1.61	2.33	2.35	1.78	1.39	1.34	1.19
2017 (Romagna Acque)	1.31	1.26	1.19	1.25	1.45	1.97	2.43	2.54	1.94	1.79	1.78	1.66
2018 (Romagna Acque)	1.13	0.92	1.13	1.07	1.20	1.74	2.21	2.37				

ANNO SICCATOSO

Fonte Romagna Acque

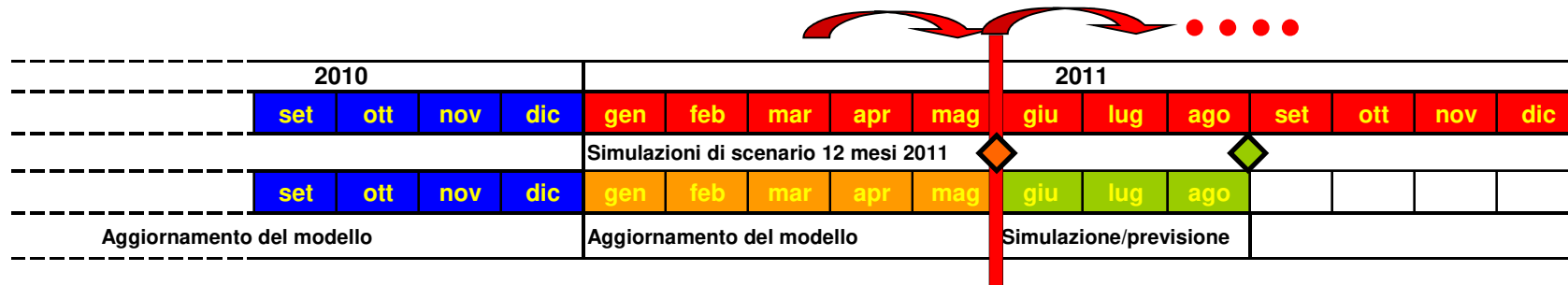
Mesi

Prelievi civili conoide Marecchia



impostazione metodologica ed obiettivi

1. Realizzazione di aggiornamenti periodici del modello numerico e di simulazioni di scenario e/o previsionali per la valutazione dello **STATO CORRENTE** e dello **STATO PREVISTO** della risorsa idrica sotterranea;



2. valutazione dello **STATO CORRENTE** ◆ della risorsa idrica sotterranea e possibile posizionamento e confronto dello stesso con situazioni di minima/media/massima (**SCENARI DI RIFERIMENTO**);
3. valutazione dello **STATO PREVISTO** ◆ della risorsa idrica sotterranea in funzione delle previsioni meteorologiche stagionali o in particolari situazioni critiche nel rapporto ricariche/prelievi e confronto dello stesso con situazioni di minima/media/massima (**SCENARI DI RIFERIMENTO**).

Impostazione metodologica :

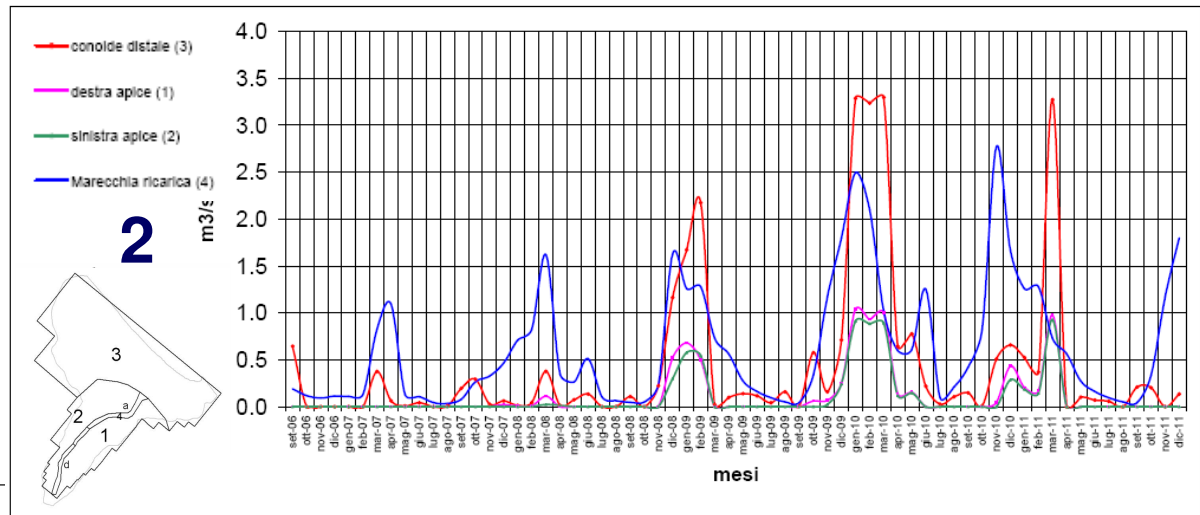
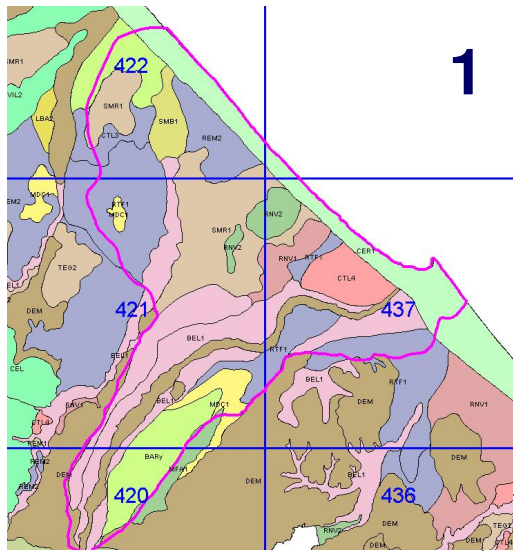
Aggiornamento dati del modello numerico

1. **dati piezometrici** delle reti di monitoraggio delle acque sotterranee (Rete manuale Provincia RN e Arpa, centraline in continuo Arpa);
2. valutazione del contributo alla **ricarica** da parte del **Fiume Marecchia** (attività in collaborazione con SIMC Area Idrologia per le portate del Fiume Marecchia);
3. dati di **ricarica meteorica** e costruzione dei relativi scenari di riferimento (attività in collaborazione con SIMC Area Agrometeorologia per i dati Criteri di bilancio idrico del suolo);
4. dati di **prelievo acquedottistico** (da Hera Rimini/Romagna acque) e costruzione dei relativi scenari di riferimento;

Costruzione simulazioni e valutazioni dei risultati

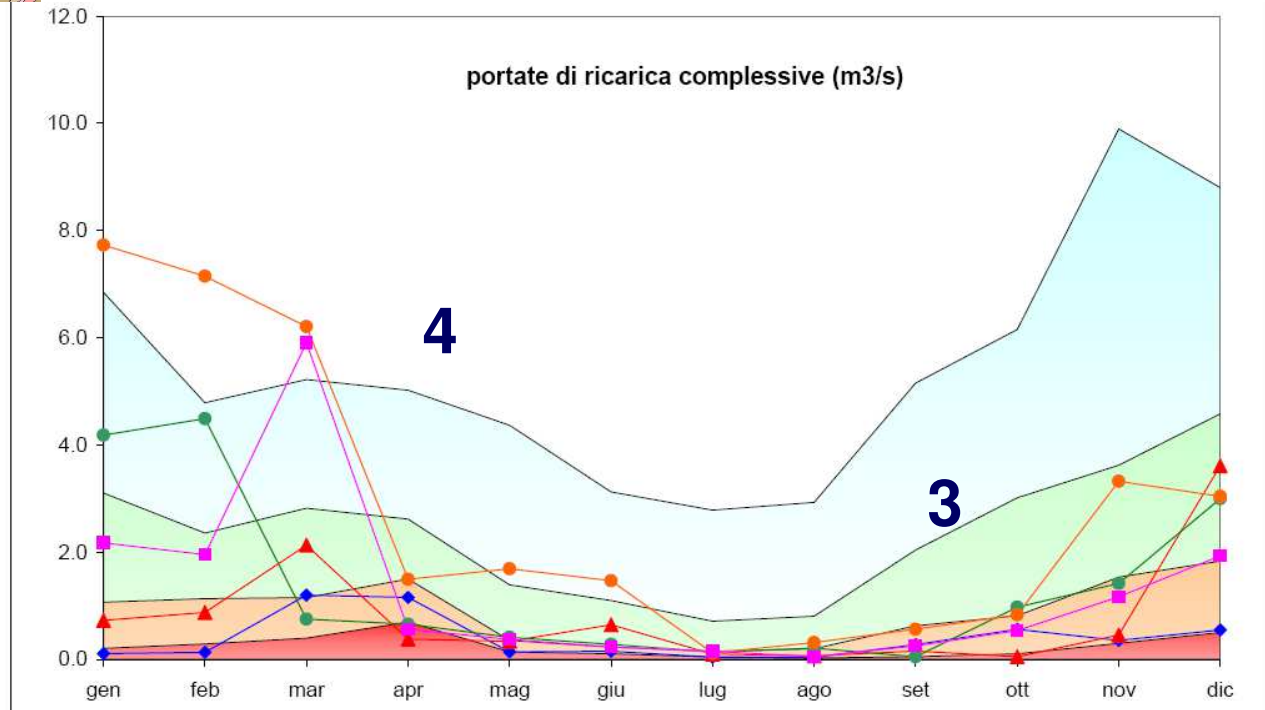
5. costruzione della **metodologia di valutazione** dei risultati delle simulazioni, trasformazione dei risultati delle simulazioni numeriche complesse in **indicatori sintetici dello stato quantitativo** (attuale e previsto) della risorsa idrica sotterranea;
6. impostazione degli **scenari di riferimento** (combinazioni ricarica /prelievi);
7. **aggiornamento del modello** e valutazione dello stato corrente
8. impostazione degli **scenari previsionali** (attività in collaborazione con SIMC, Unità Sala Operativa Previsioni Meteorologiche per le previsioni meteo stagionali) e valutazione dello stato previsto.

2,3 - La ricarica del sistema: aggiornamento del modello e costruzione degli scenari di riferimento

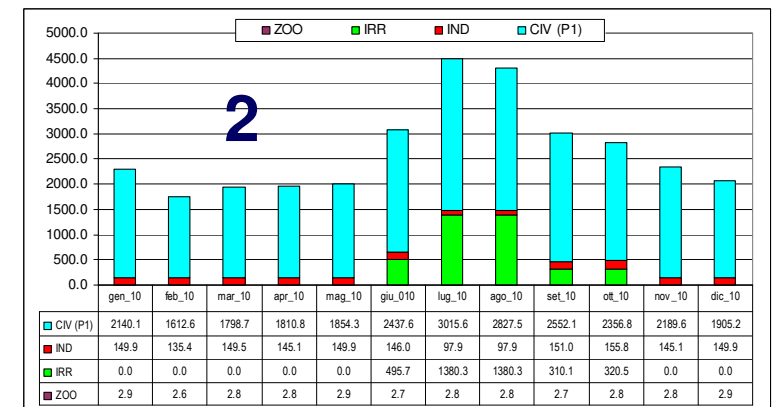
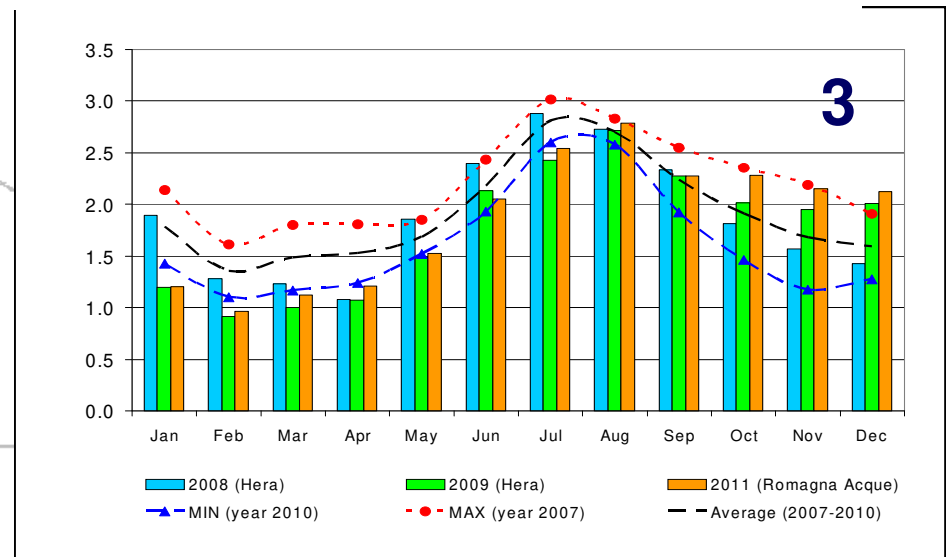
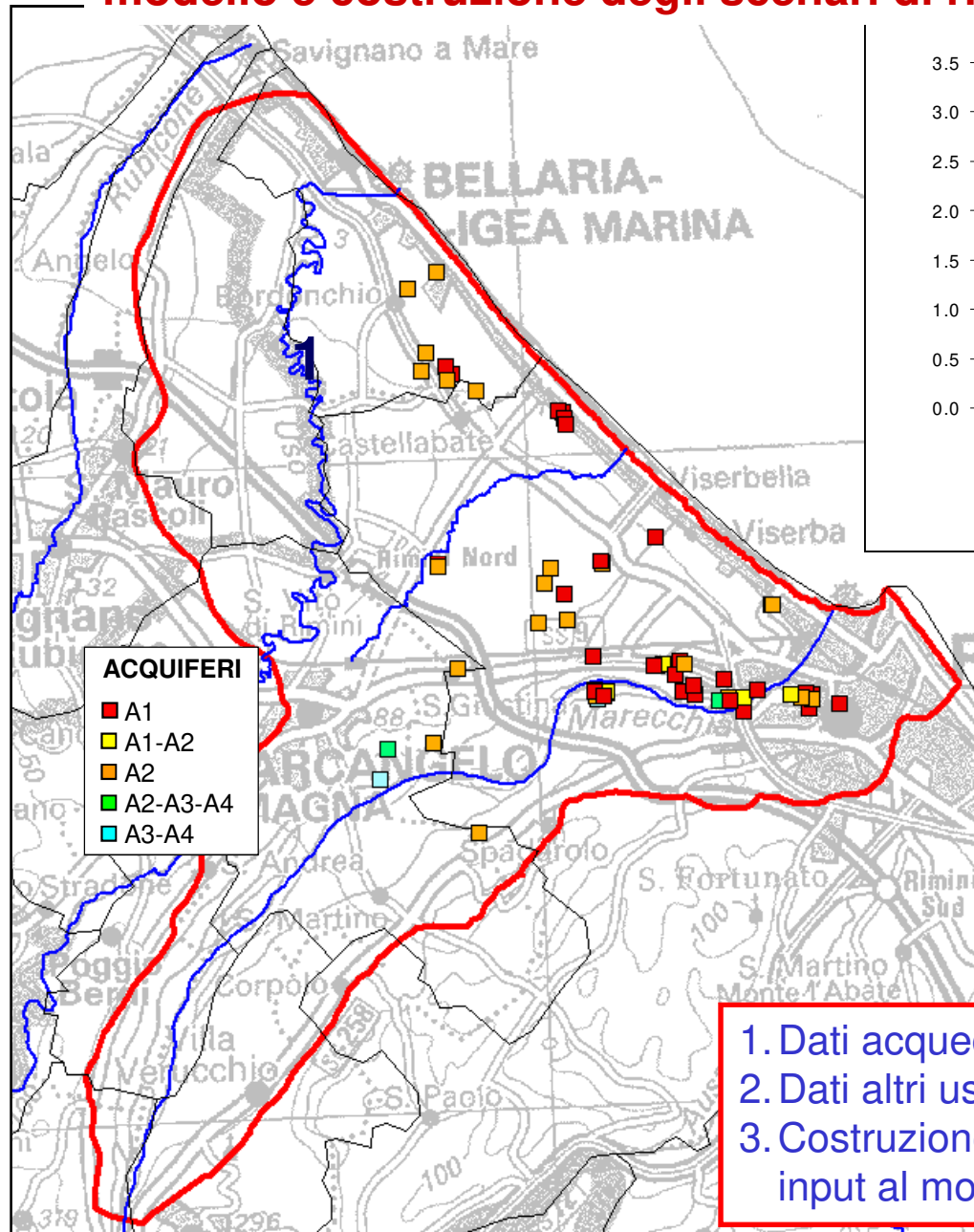


CRITERIA (ARPA-SIMC):

1. modello di bilancio idrico del suolo da dati di precipitazione giornaliera (Colture, Suolo);
2. quantificazione dei termini di ricarica nelle zone del modello.
3. elaborazione dei 4 percentili di riferimento (5°, 33°, 66°, 95°) del periodo 1971-2000;
4. confronto con il dato corrente nell'aggiornamento del modello numerico;

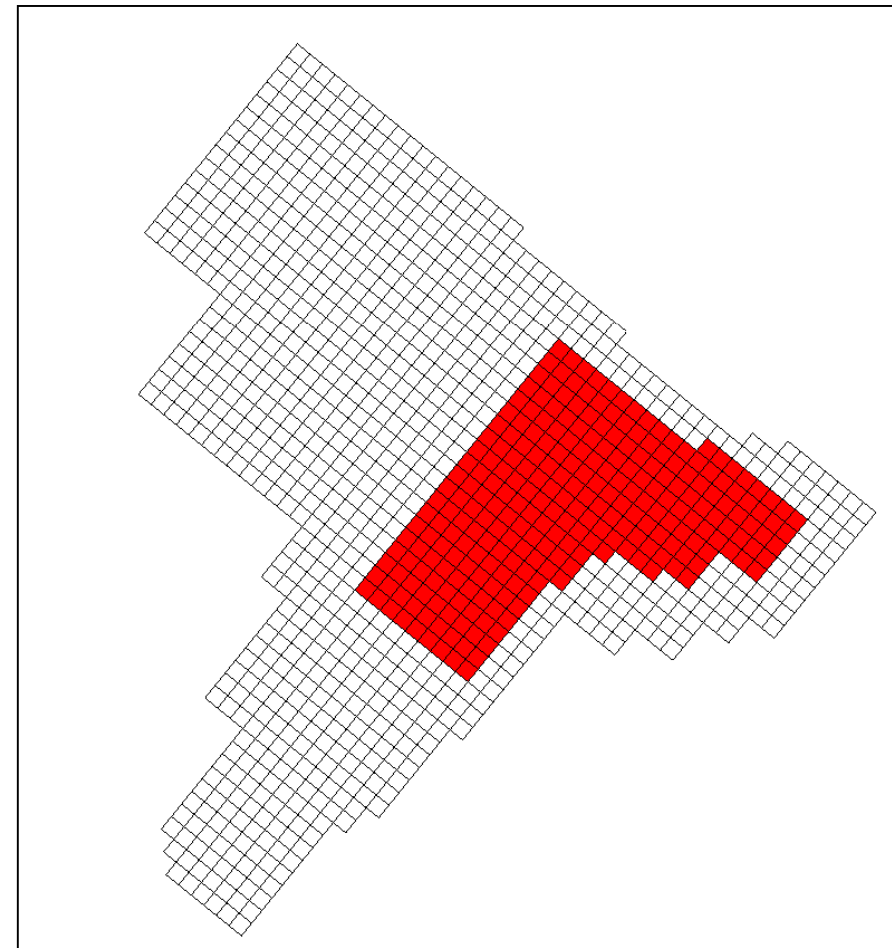
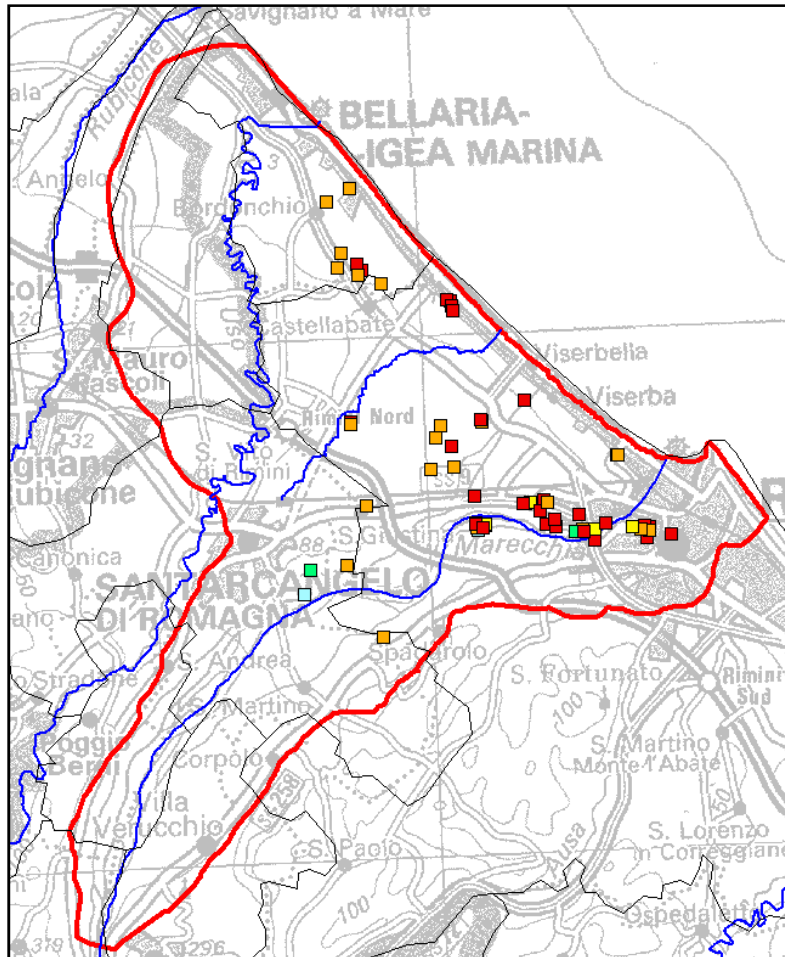


4 - I prelievi di acque sotterranee: aggiornamento del modello e costruzione degli scenari di riferimento



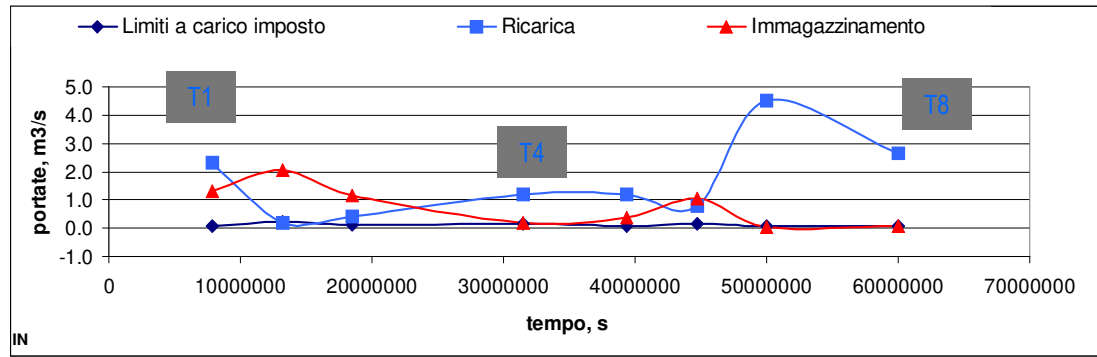
1. Dati acquedottistici forniti direttamente dal gestore;
2. Dati altri usi da Piano di Tutela delle Acque;
3. Costruzione scenari di prelievo da inserire come input al modello;

Applicazione del Water Budget per la zona di maggior pressione quantitativa: valutazione dell'evoluzione degli immagazzinamenti

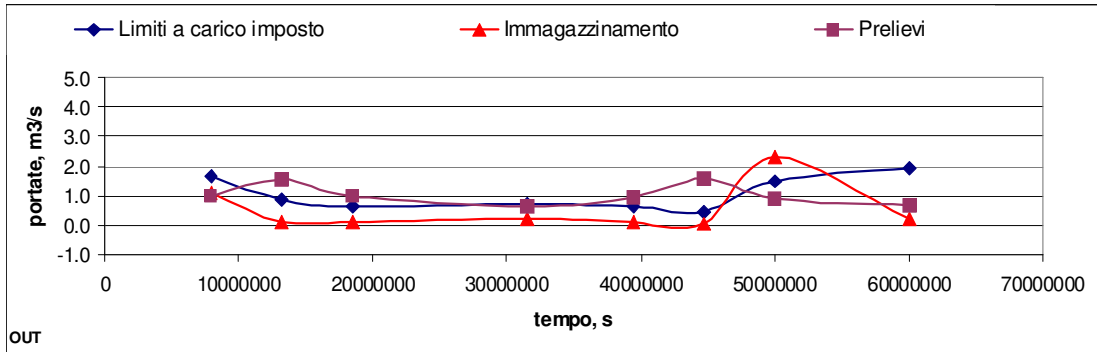


5- costruzione della metodologia di valutazione dei risultati delle simulazioni: analisi del bilancio idrogeologico. Voce del bilancio: gli immagazzinamenti (Storage)

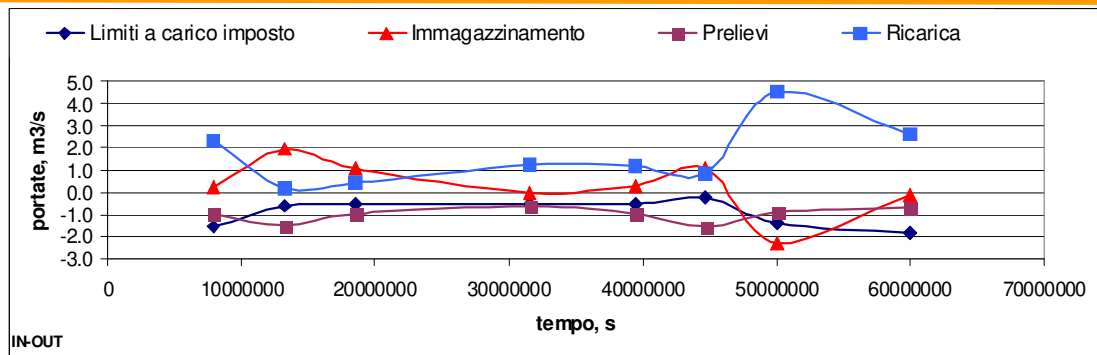
ingressi



uscite



Flussi netti



STORAGE IN:
volumi di acqua persi dal sistema in corrispondenza degli abbassamenti piezometrici

STORAGE OUT:
volumi di acqua effettivamente immagazzinati nel sistema in corrispondenza degli innalzamenti piezometrici

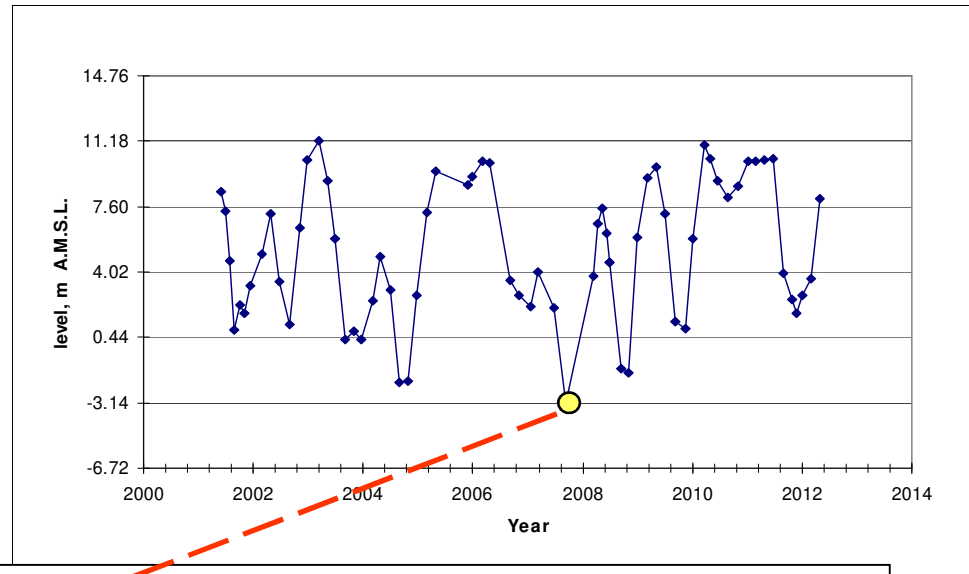
$$= S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

Costruzione della metodologia di valutazione: elaborazione dei dati di bilancio (immagazzinamenti)

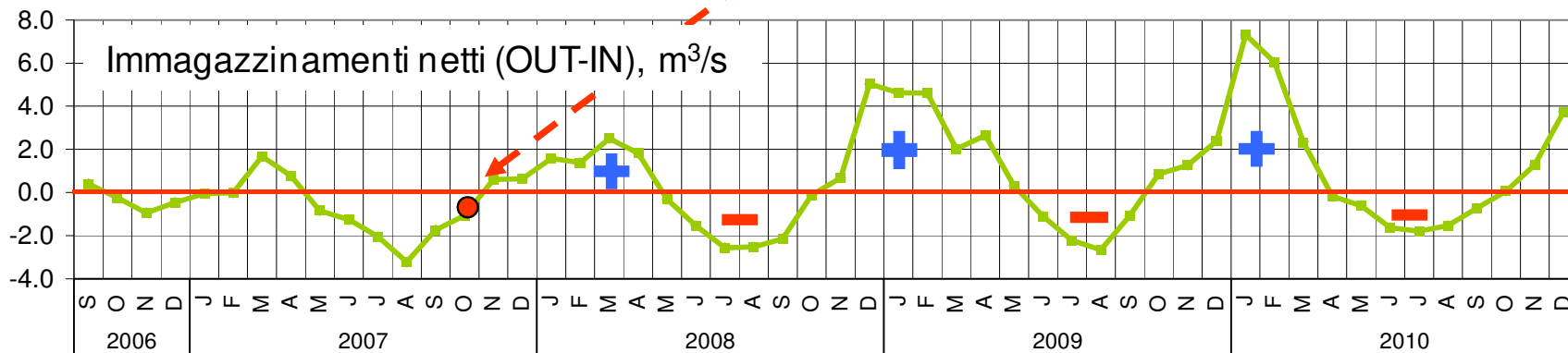
Evoluzione temporale degli immagazzinamenti all'interno del sistema

- + Fase di accumulo (ingressi > uscite)
- Fase di consumo (ingressi < uscite)

N.B gli immagazzinamenti (OUT-IN) sono già cambiati di segno rispetto all'uscita da modflow (IN-OUT)

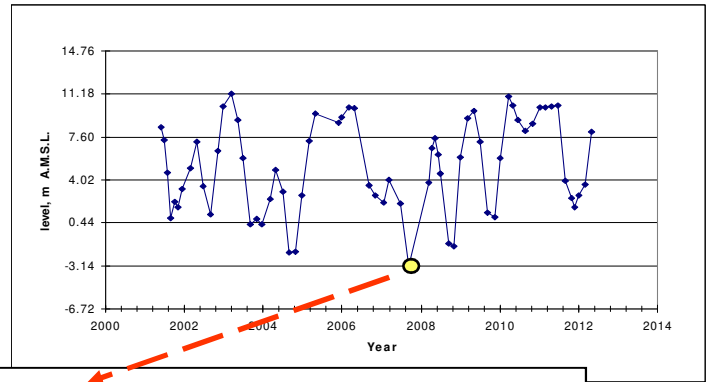


Scelta di un punto di riferimento: minimo anno 2007

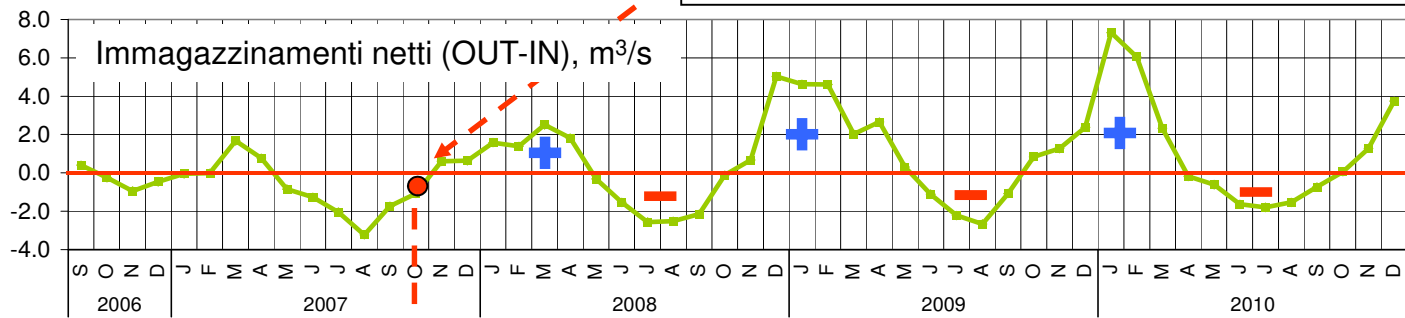


Costruzione della metodologia di valutazione: elaborazione dei dati di bilancio (immagazzinamenti)

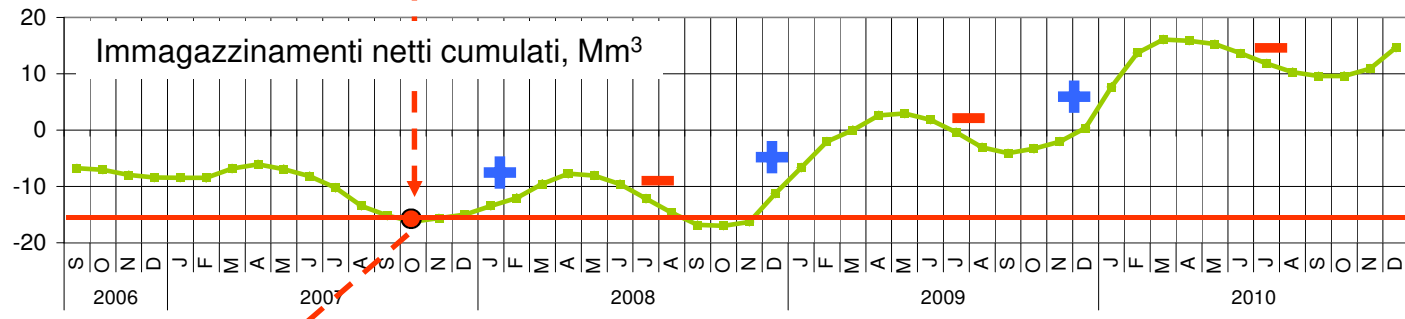
- + Fase di accumulo (ingressi > uscite)
- Fase di consumo (ingressi < uscite)



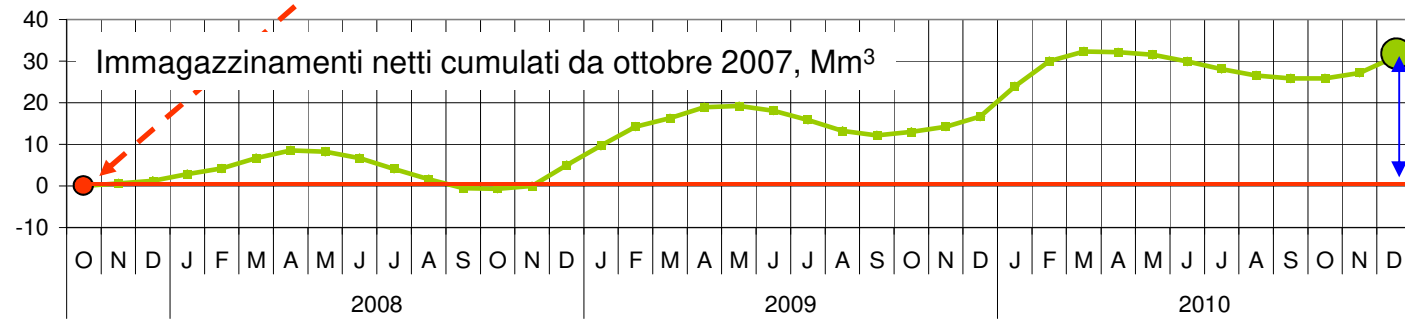
Scelta di un punto di riferimento: minimo anno 2007



Evoluzione temporale degli immagazzinamenti all'interno del sistema



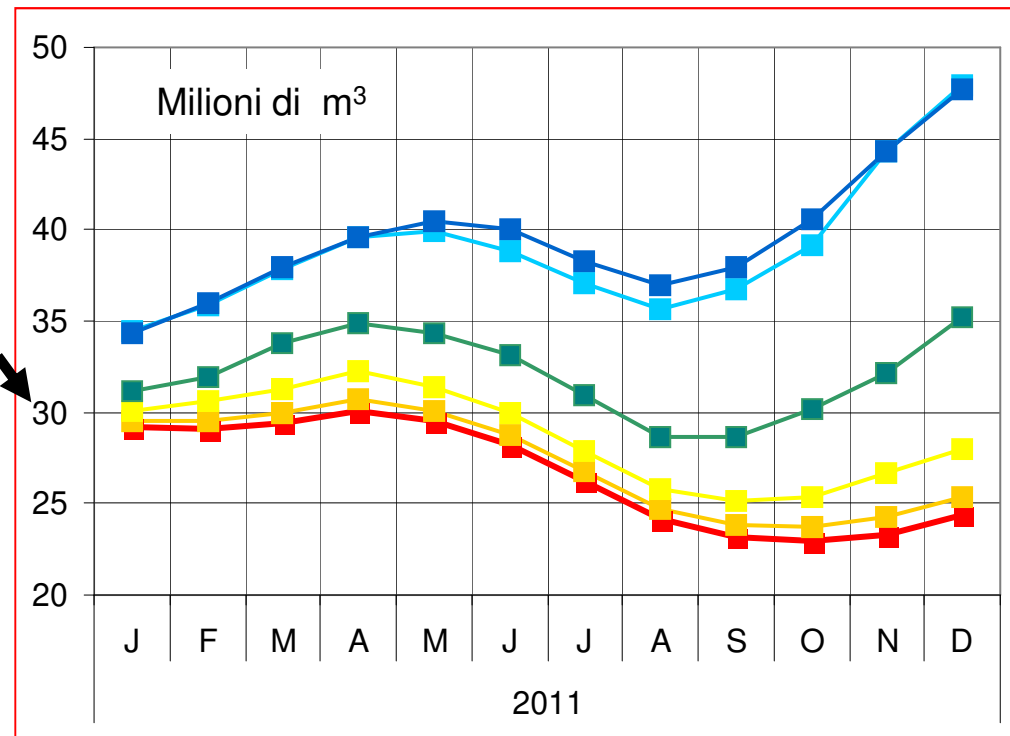
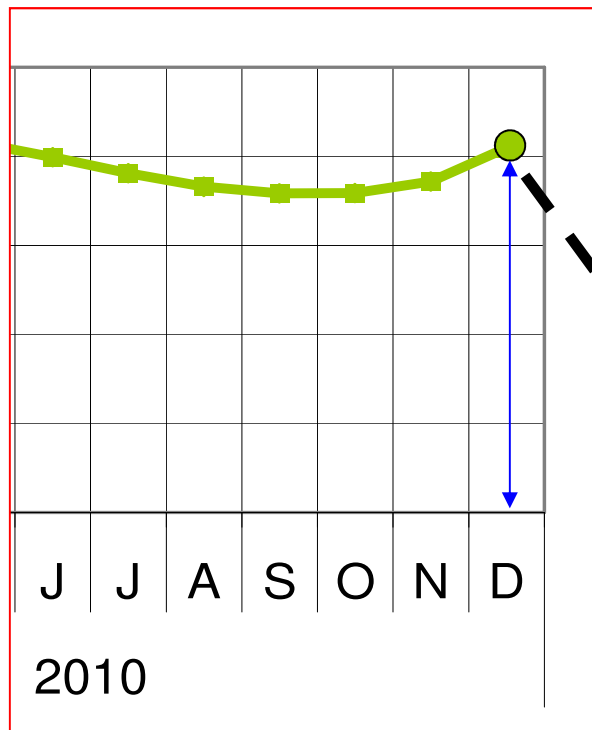
Volume di acqua immagazzinata all'interno del sistema rispetto alla situazione iniziale (t=0)



Volume di acqua immagazzinata all'interno del sistema rispetto alla situazione di minimo 2007

6 - Costruzione della metodologia di valutazione: costruzione di 6 scenari di riferimento (12 mesi)

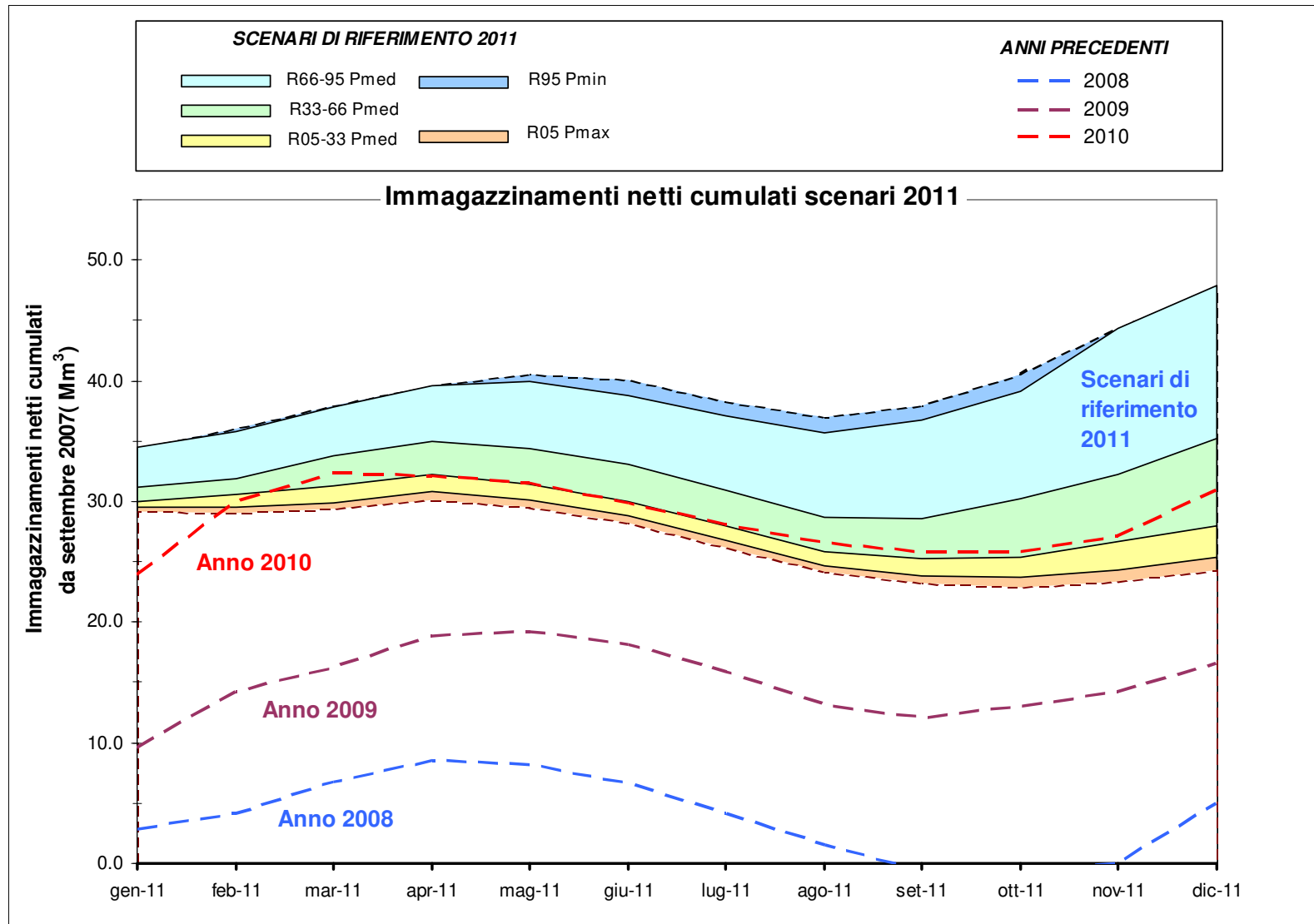
Livello di prelievo	Livello di ricarica
Basso (anno 2010)	95° Percentile serie storica dati 1971-2001
Medio (2007-2010)	95°,66°,33°,05° Percentile della serie storica dati 1971-2001
Alto (anno 2007)	05° Percentile serie storica dati 1971-2001



Esempio: Aggiornamento del modello al 31/12/2010 +
12 mesi di scenario per l'anno 2011

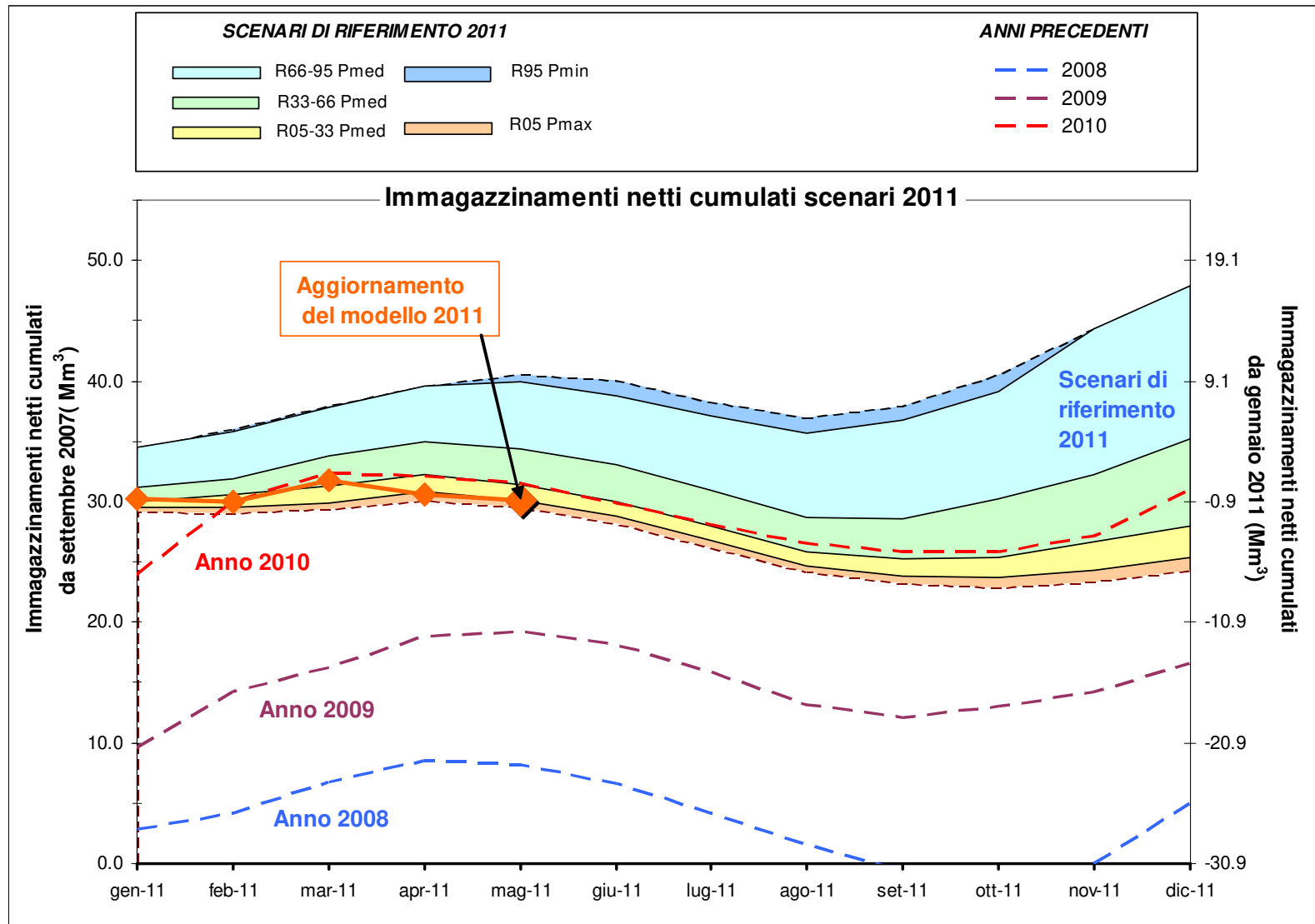
Scenari di riferimento: es. anno 2011

1. Valutazione preliminare del possibile stato quantitativo delle acque sotterranee in funzione delle diverse possibilità di ricarica/prelievo per i successivi 12 mesi;
2. Confronto con l'evoluzione dello stato degli anni precedenti.



7 - Valutazione dello stato corrente della risorsa idrica sotterranea: es. aggiornamento maggio 2011

3. Valutazione effettuabile in assoluto, in rapporto agli scenari di riferimento, in rapporto allo stato degli anni precedenti



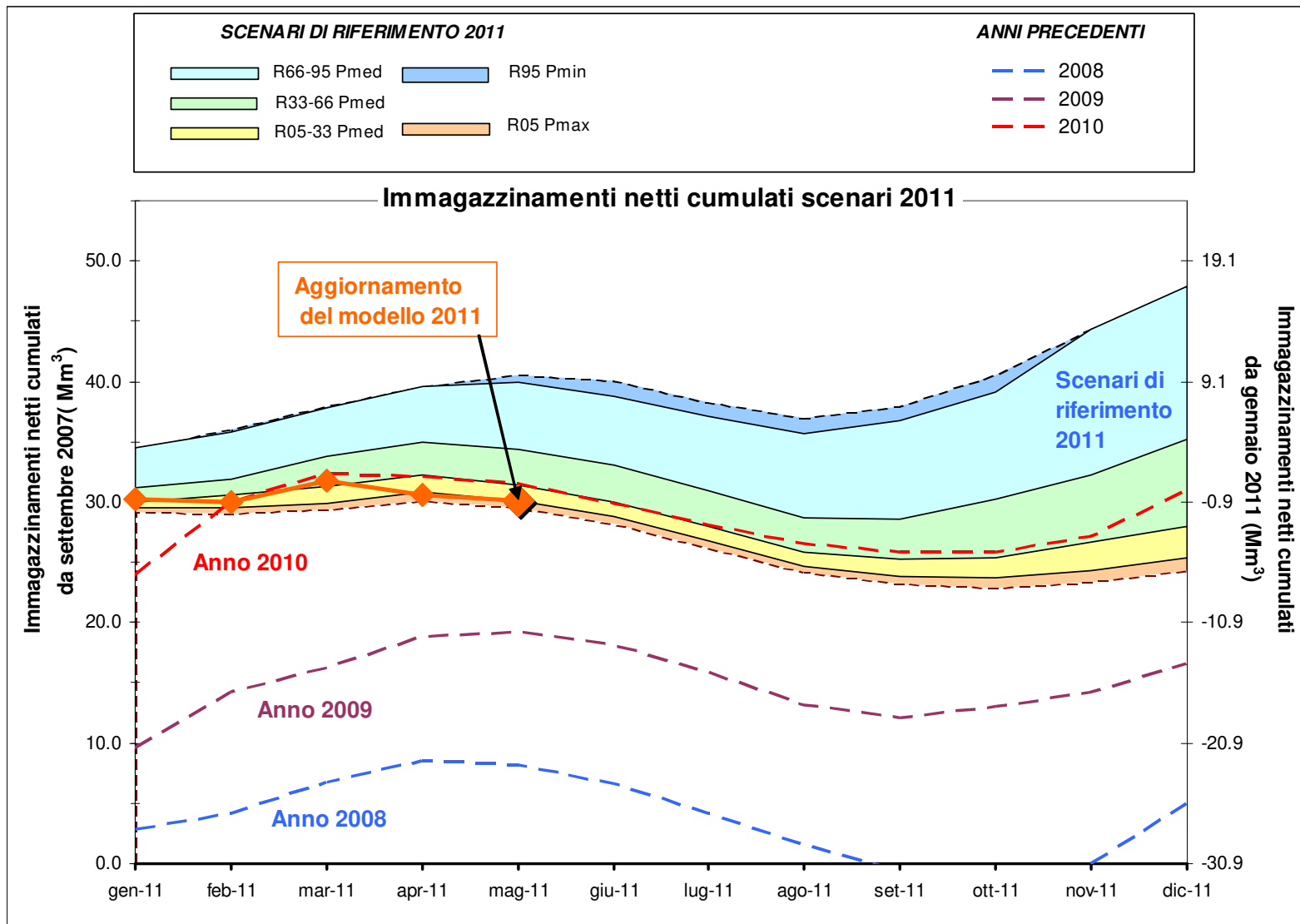
8 - Costruzione della metodologia di valutazione: costruzione di 2 scenari previsionali (3 mesi)

- ❑ Gli scenari previsionali a 3 mesi vengono elaborati sulla base delle previsioni meteorologiche stagionali (a 3 mesi) mensilmente prodotte dal Servizio Idro-Meteo-Clima di Arpa Emilia-Romagna;
- ❑ Tali previsioni associano la diversa probabilità di accadimento a prefissati livelli di precipitazione (percentili 5, 33, 66, 95 individuati sulla base dell'analisi delle serie storiche dei dati 1971-2000);
- ❑ Viene quindi individuato il range di precipitazioni maggiormente probabile ed i relativi estremi vengono combinati con i due livelli di prelievo di acque sotterranee (minimo e massimo) a formare i due scenari previsionali.

Livello di prelievo	Livello di ricarica (da previsioni meteo stagionali)
Basso (anno 2010)	Estremo superiore del range di precipitazioni maggiormente probabile (Percentile serie storica dati 1971-2001)
Alto (anno 2007)	Estremo inferiore del range di precipitazioni maggiormente probabile (Percentile serie storica dati 1971-2001)

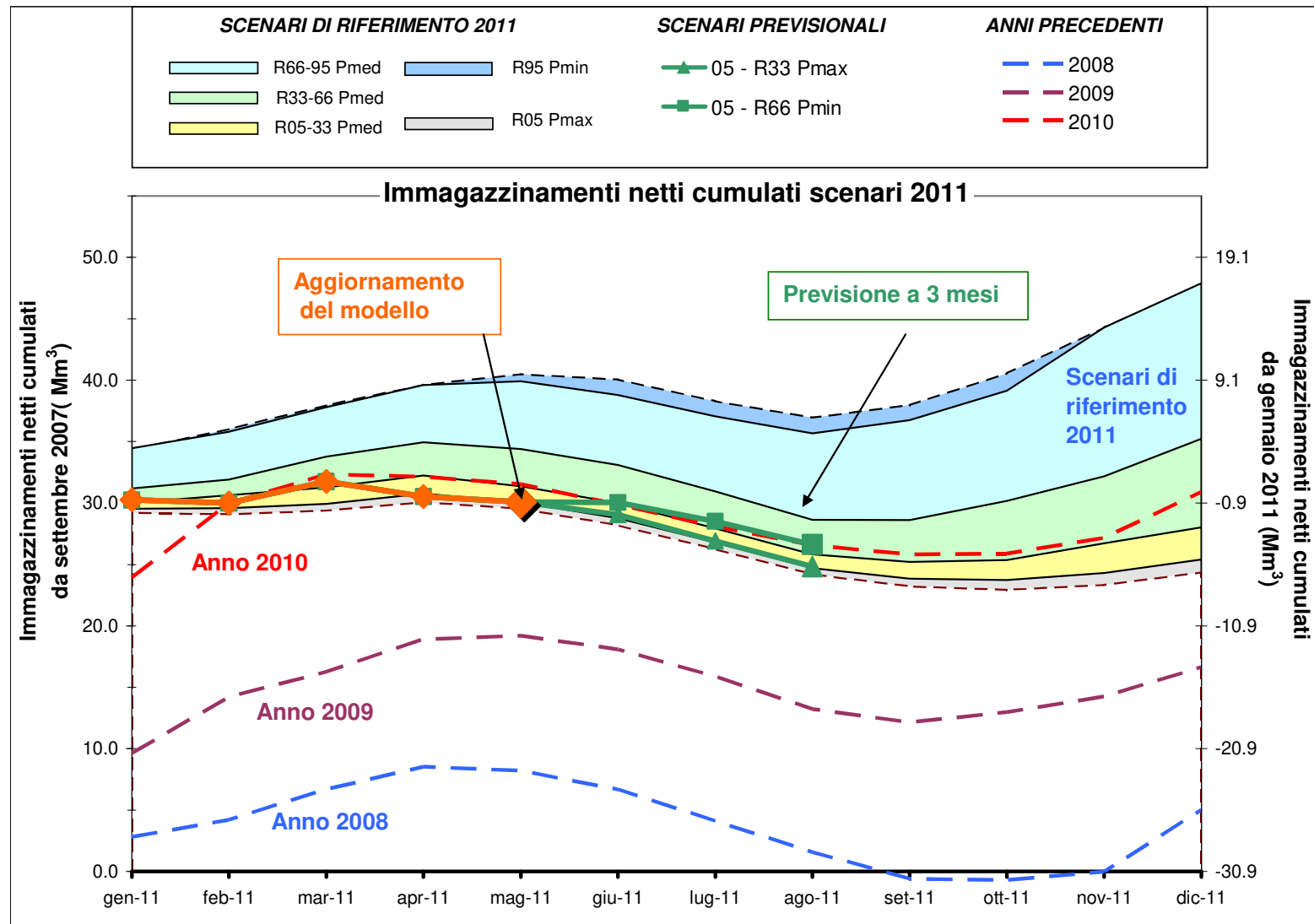
Valutazione dello stato previsto della risorsa idrica sotterranea: es. previsione settembre 2011

Esempio: previsione meteorologica stagionale
maggiormente probabile intervallo 33°-66° percentile



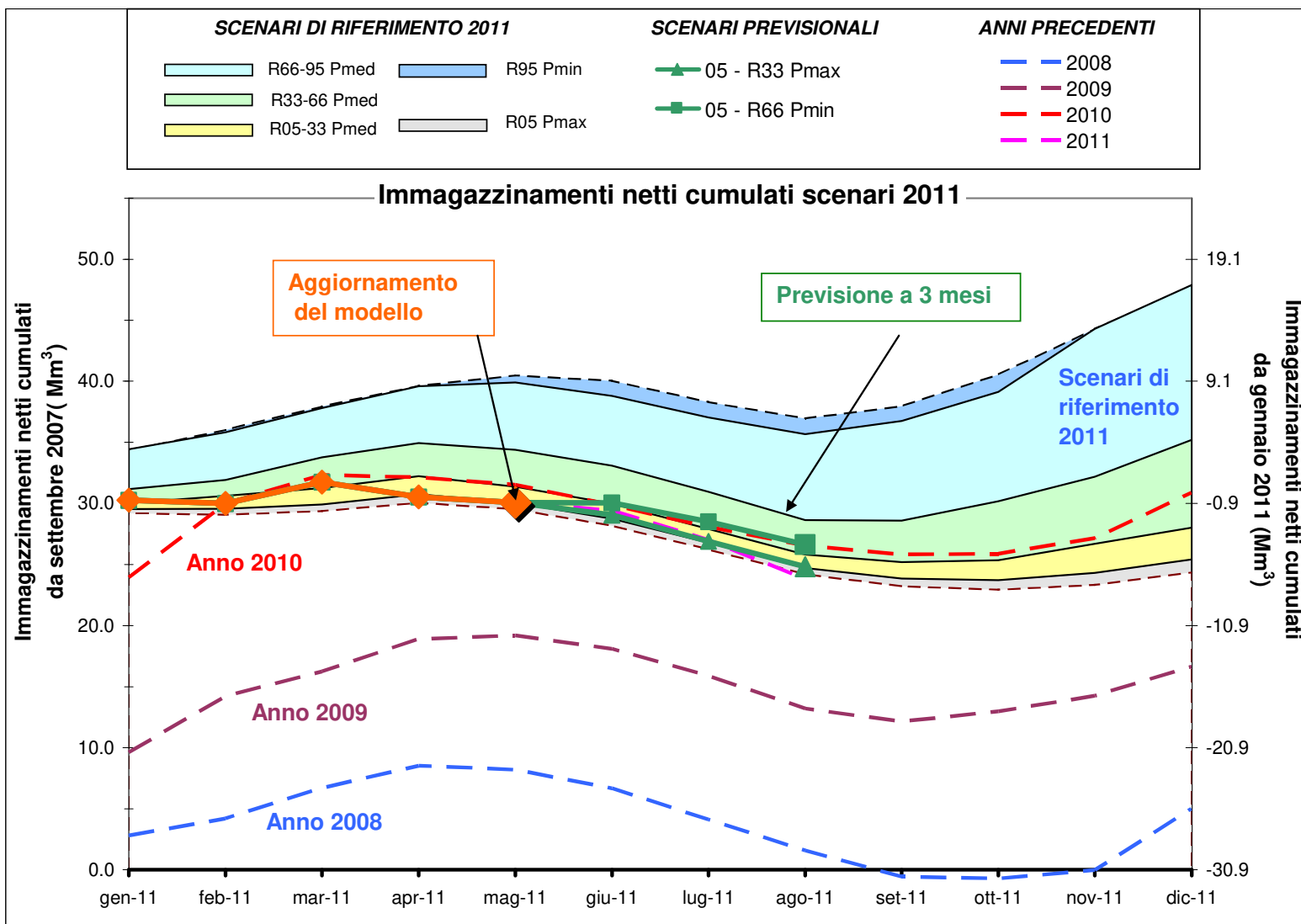
Valutazione dello stato previsto della risorsa idrica sotterranea: es. previsione a settembre 2011

Esempio: previsione meteorologica stagionale
maggiormente probabile intervallo 33°-66° percentile

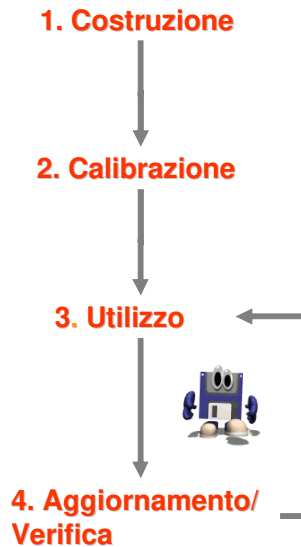


Valutazione dello stato previsto della risorsa idrica sotterranea: es. previsione a settembre 2011

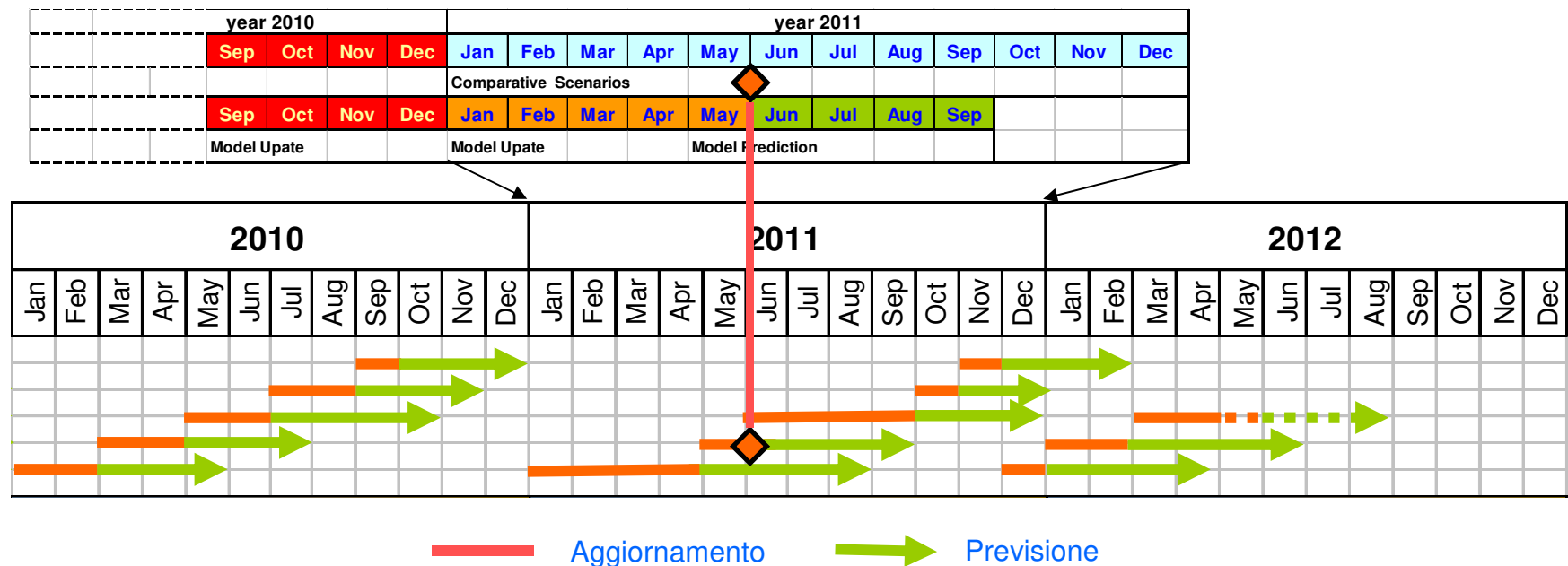
Confronto con i dati del successivo aggiornamento



Applicazione del modello Marecchia a supporto della previsione e gestione delle emergenze idriche



- La metodologia descritta può essere ripetuta nel tempo secondo lo schema aggiornamento-verifica-utilizzo del modello;
- In tal modo il modello è in grado di rappresentare lo stato del sistema quasi in tempo reale e di fornire una simulazione previsionale per i mesi a venire;
- Tale attività è stata condotta dal 2008 al 2012 oggi con un numero di aggiornamenti pari a 26, mediamente a periodicità bimestrale.



Valutazione dello stato della risorsa idrica sotterranea, ultimo aggiornamento anno 2017 – senza scenari

