



Il sistema di supporto alle decisioni INOPIA

Emanuele Romano, Nicolas Guyennon, Anna Bruna Petrangeli

Istituto di Ricerca sulle Acque del Consiglio Nazionale delle Ricerche



CREIAMO PA

Per un cambiamento sostenibile



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



*Agencia per la
Coesione Territoriale*



Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della
Funzione Pubblica



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

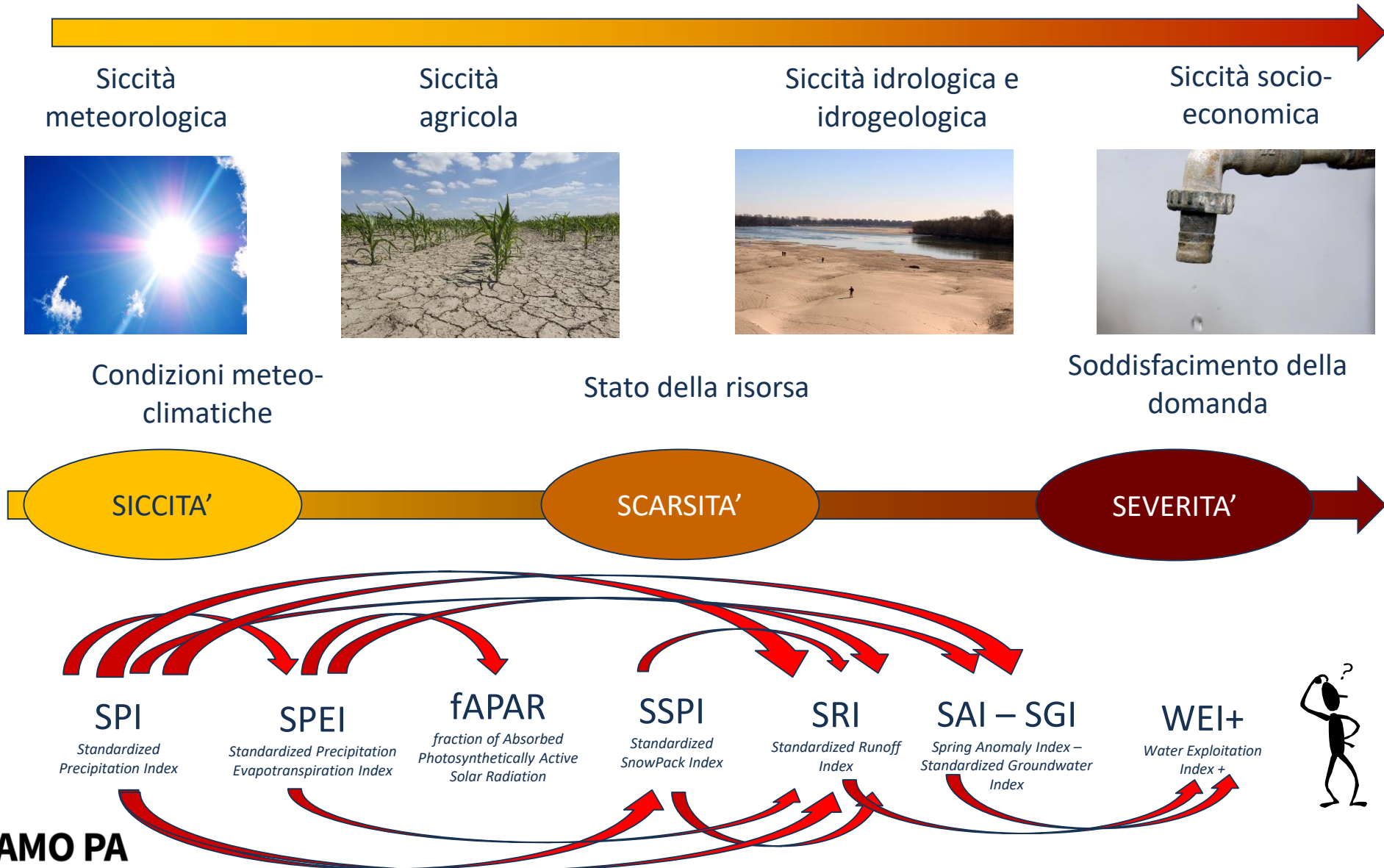


GOVERNANCE
E CAPACITA'
ISTITUZIONALE
2014-2020



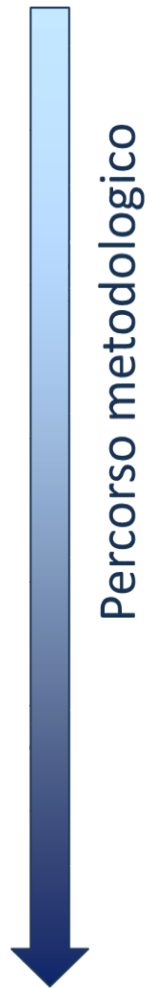
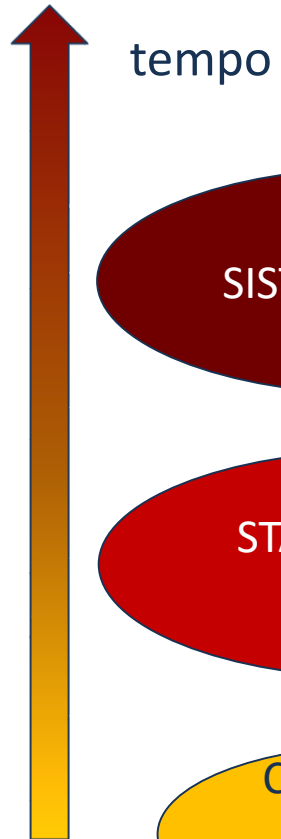
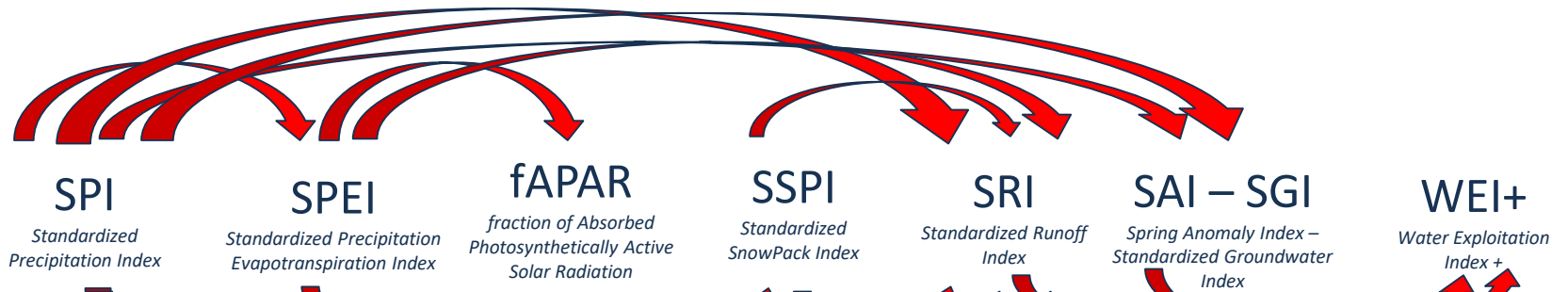
SOGESID SPA
INGEGNERIA TERRITORIO AMBIENTE

SICCITA' – SCARSITA' – SEVERITA'



CREIAMO PA

Linee Guida sugli Indicatori di Siccità e Scarsità Idrica da utilizzare nelle attività degli osservatori distrettuali per l'uso della risorsa idrica (ISPRA-IRSA, 2018)



SISTEMA IDRICO

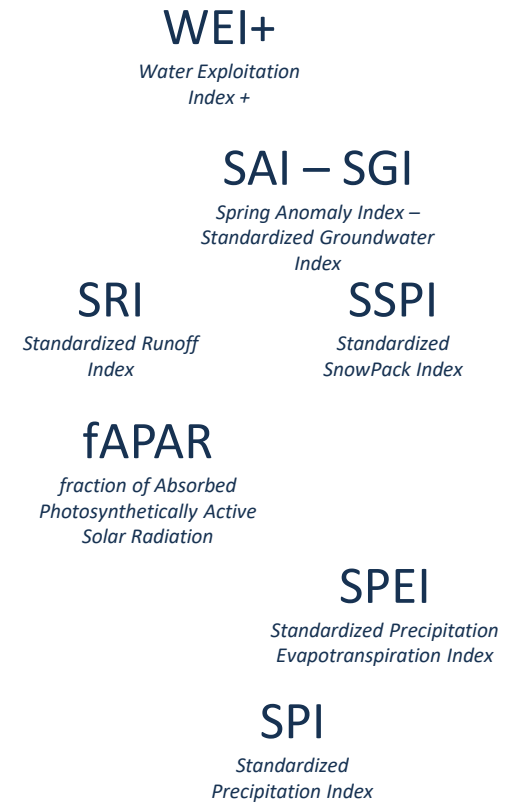
SEVERITA'

STATO DELLA/E RISORSA/E

SCARSITA'

CONDIZIONI METEO-CLIMATICHE

SICCITA'

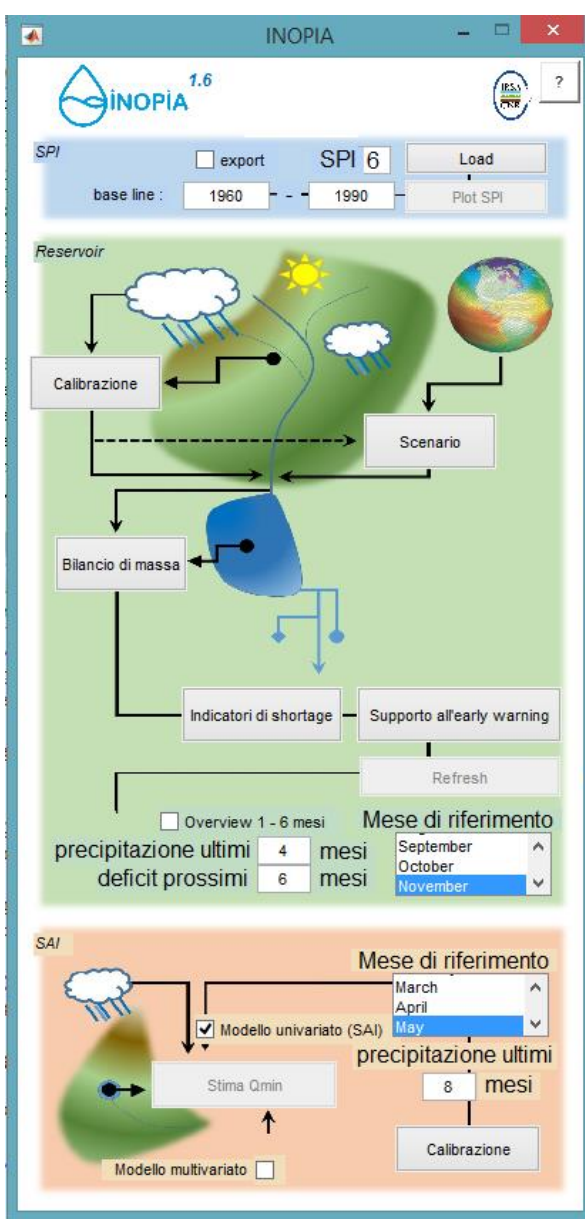


DA INOPIA A INOPIA^{QGIS}

- ✓ *INOPIA* → Strumento informatico operativo di supporto alle decisioni sviluppato dall'Istituto di Ricerca sulle Acque del Consiglio Nazionale delle Ricerche, in collaborazione con il Dipartimento della Protezione Civile
- ✓ *INOPIA v1.2* → prodotto finale delle attività previste nell'ambito del *WP4 - Metodologie per il monitoraggio della disponibilità di risorse idriche e per il preannuncio di possibili crisi idriche* dell'Intesa Operativa tra l'Istituto di Ricerca sulle Acque del Consiglio Nazionale delle Ricerche e il Dipartimento della Protezione Civile siglata il 19.12.2006 a seguito dell'Accordo di Programma Quadro sottoscritto il 20.06.2006 → Insieme di cinque algoritmi che permette una valutazione immediata del rischio di *shortage* di un sistema di approvvigionamento idrico costituito da un invaso alimentato da un afflusso superficiale e al quale è connessa una domanda, eventualmente variabile nel tempo
- ✓ *INOPIA v1.6* → strumento operativo sviluppato a partire da *INOPIA v1.2* che recepisce alcune delle indicazioni delle *Linee Guida sugli Indicatori di Siccità e Scarsità Idrica da utilizzare nelle attività degli osservatori distrettuali per l'uso della risorsa idrica* (ISPRA-IRSA, 2018)
- ✓ *INOPIA^{QGIS}* → prodotto finale previsto dell'Accordo sottoscritto il 09.01.2019 tra l'Istituto di Ricerca sulle Acque del Consiglio Nazionale delle Ricerche e il Dipartimento della Protezione Civile (durata 1 anno). *INOPIA^{QGIS}* sarà uno strumento informatico finalizzato al preannuncio delle crisi idriche tramite una valutazione immediata del rischio di *shortage* di un sistema di approvvigionamento idrico complesso multi risorsa – multi utenza



INOPIA v1.6



- ✓ Tool *SPI* → calcolo dell'SPI puntuale su una baseline scelta dall'utente.
- ✓ Tool *RESERVOIR* → Insieme di cinque algoritmi per la valutazione immediata del rischio di *shortage* di un sistema di approvvigionamento idrico costituito da un invaso alimentato da un afflusso superficiale e al

INOPIA v1.6 è attualmente acquisito da:

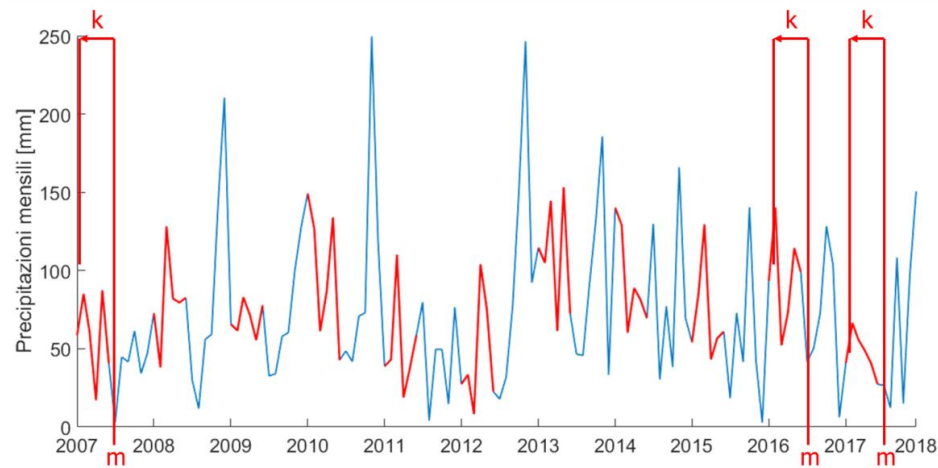
- ✓ Tool de
- ✓ Sv
- OS
- ✓ Autorità del Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale
- ✓ Autorità del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale
- ✓ Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
- ✓ I diversi moduli scambiano informazioni attraverso fogli elettronici Microsoft Excel ©
- ✓ Testato su tre casi di studio: Lago Maggiore, Ridracoli (Emilia Romagna), Occhito



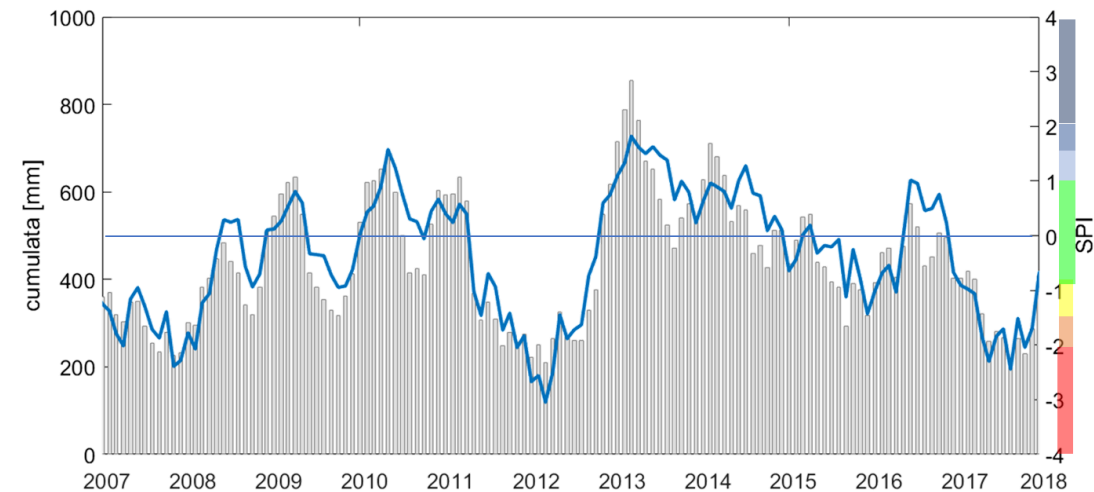
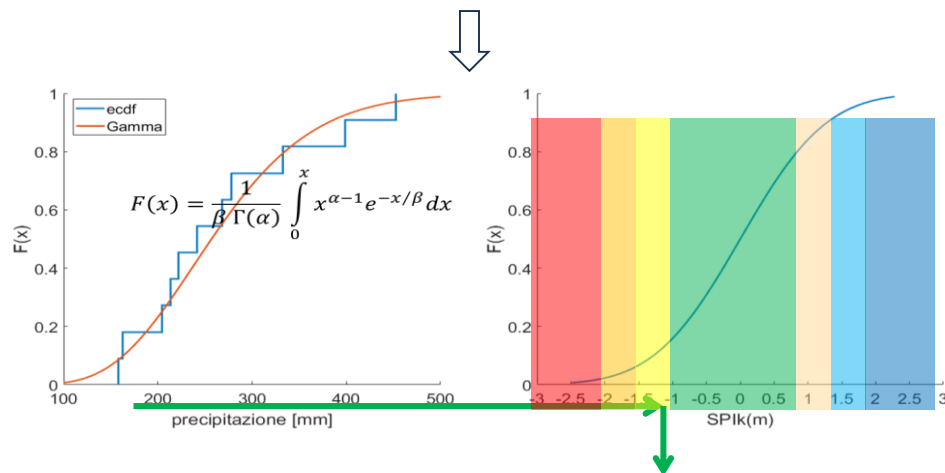
CREIAMO PA

INOPIA v1.6 - Tool SPI

Standardized Precipitation Index (SPI) (McKee et al., 1993)

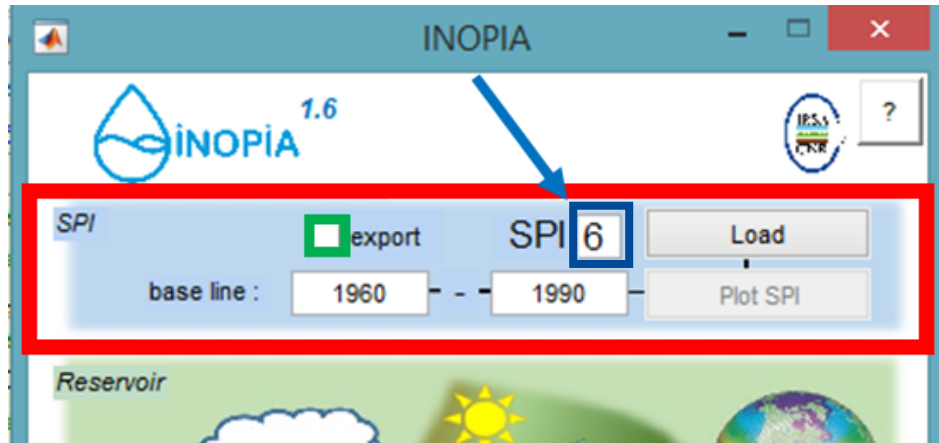


$SPI \leq -2.0$	Siccità estrema
$-2.0 < SPI \leq 1.5$	Siccità severa
$-1.5 < SPI \leq 1.0$	Siccità moderata
$-1.0 < SPI < 1.0$	Normalità
$1.0 \leq SPI < 1.5$	Umidità moderata
$1.5 \leq SPI < 2.0$	Umidità severa
$SPI \geq 2.0$	Umidità estrema



CREIAMO PA

IL TOOL SPI (STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX)



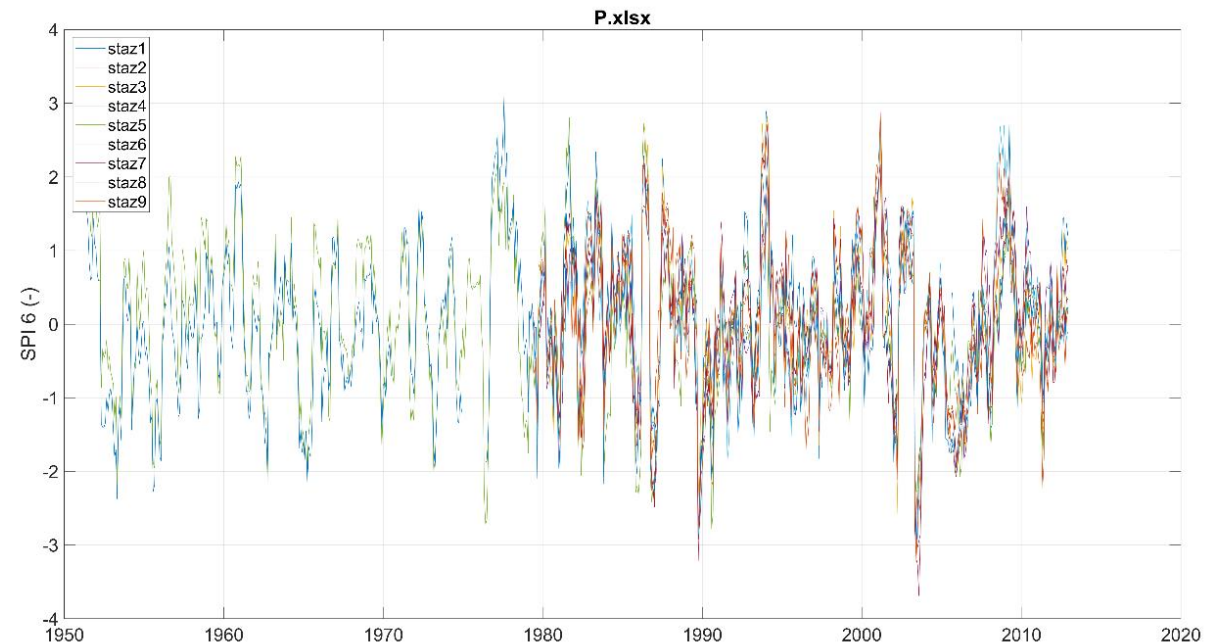
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	mese	anno	staz1	staz2	staz3	staz4	staz5	staz6	staz7	staz8	staz9
2		1	1951								
3		2	1951								
4		3	1951								
5		4	1951								
6		5	1951								
7		6	1951				2.469171			1.540986	
8		7	1951				2.218838			1.381821	
9		8	1951				1.744599			0.840065	
10		9	1951				1.275823			0.596023	
11		10	1951				1.183076			0.637032	
12		11	1951				1.785973			1.439756	
13		12	1951				1.546678			1.090951	
14		1	1952				1.671512			1.023327	

INPUT

- Foglio excel contenente i valori di precipitazione mensile per ogni stazione di interesse (da caricare mediante il pulsante *Load*)
- Scala temporale dell'SPI (da inserire nell'interfaccia)
- Baseline (periodo da considerare per il calcolo dei parametri di best fit)

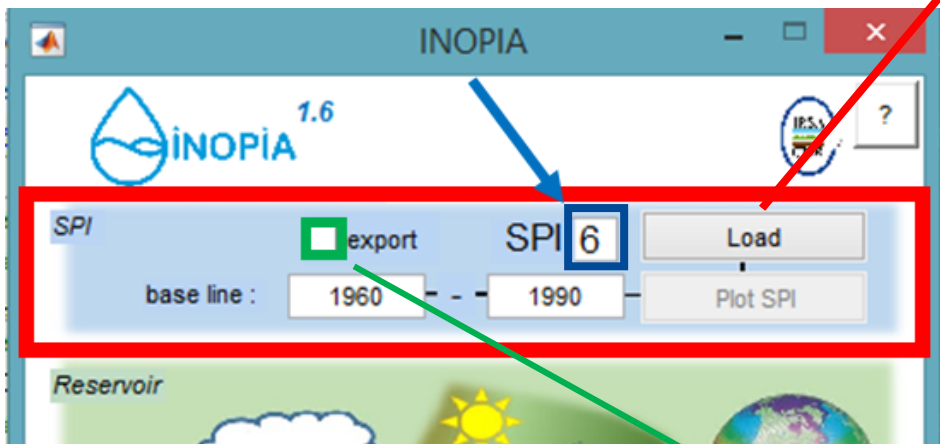


CREIAMO PA



INPUT E OUTPUT DEL TOOL SPI

Input del tool SPI



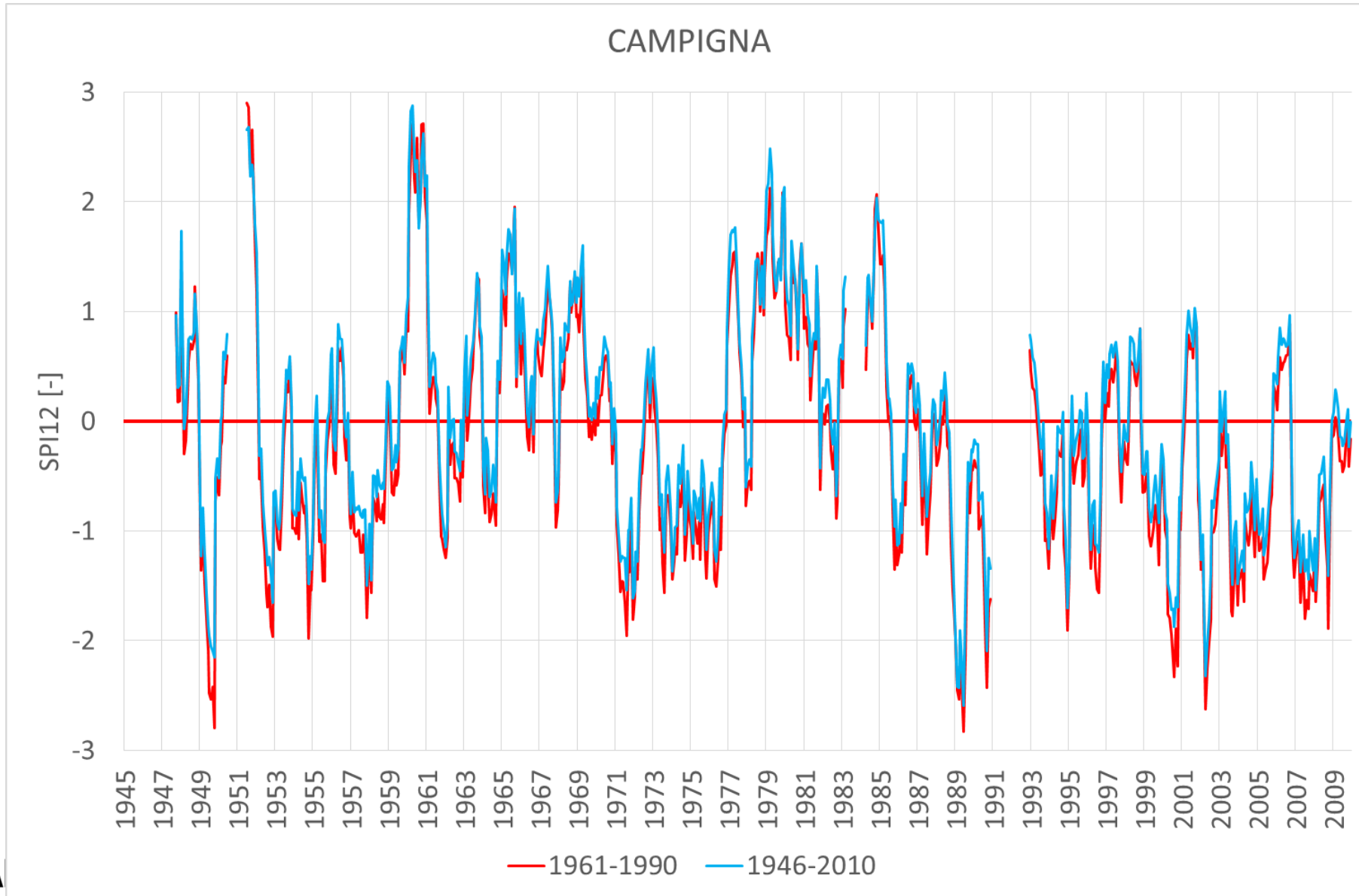
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	MESE	ANNO	staz1	staz2	staz3	staz4	staz5	staz6	staz7	staz8	staz9
2		1	1951				111.7			102.8	
3		2	1951				301.2			294.2	
4		3	1951				125.8			105.4	
5		4	1951				143.8			130.4	
6		5	1951				427.8			235.4	
7		6	1951				191.1			174.2	
8		7	1951				42			54.6	
9		8	1951				261.7			184.8	
10		9	1951				73.1			81.2	
11		10	1951				241.2			180.4	
12		11	1951				658.5			491	
13		12	1951				7.5			7.8	
14		1	1952				27.6			13	
15		2	1952				3.2			1	
16		3	1952				36.6			24.2	

Output numerico del tool SPI

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	mese	anno	staz1	staz2	staz3	staz4	staz5	staz6	staz7	staz8	staz9
2		1	1951								
3		2	1951								
4		3	1951								
5		4	1951								
6		5	1951								
7		6	1951				2.469171			1.540986	
8		7	1951				2.218838			1.381821	
9		8	1951				1.744599			0.840065	
10		9	1951				1.275823			0.596023	
11		10	1951				1.183076			0.637032	
12		11	1951				1.785973			1.439756	
13		12	1951				1.546678			1.090951	
14		1	1952				1.671512			1.023327	

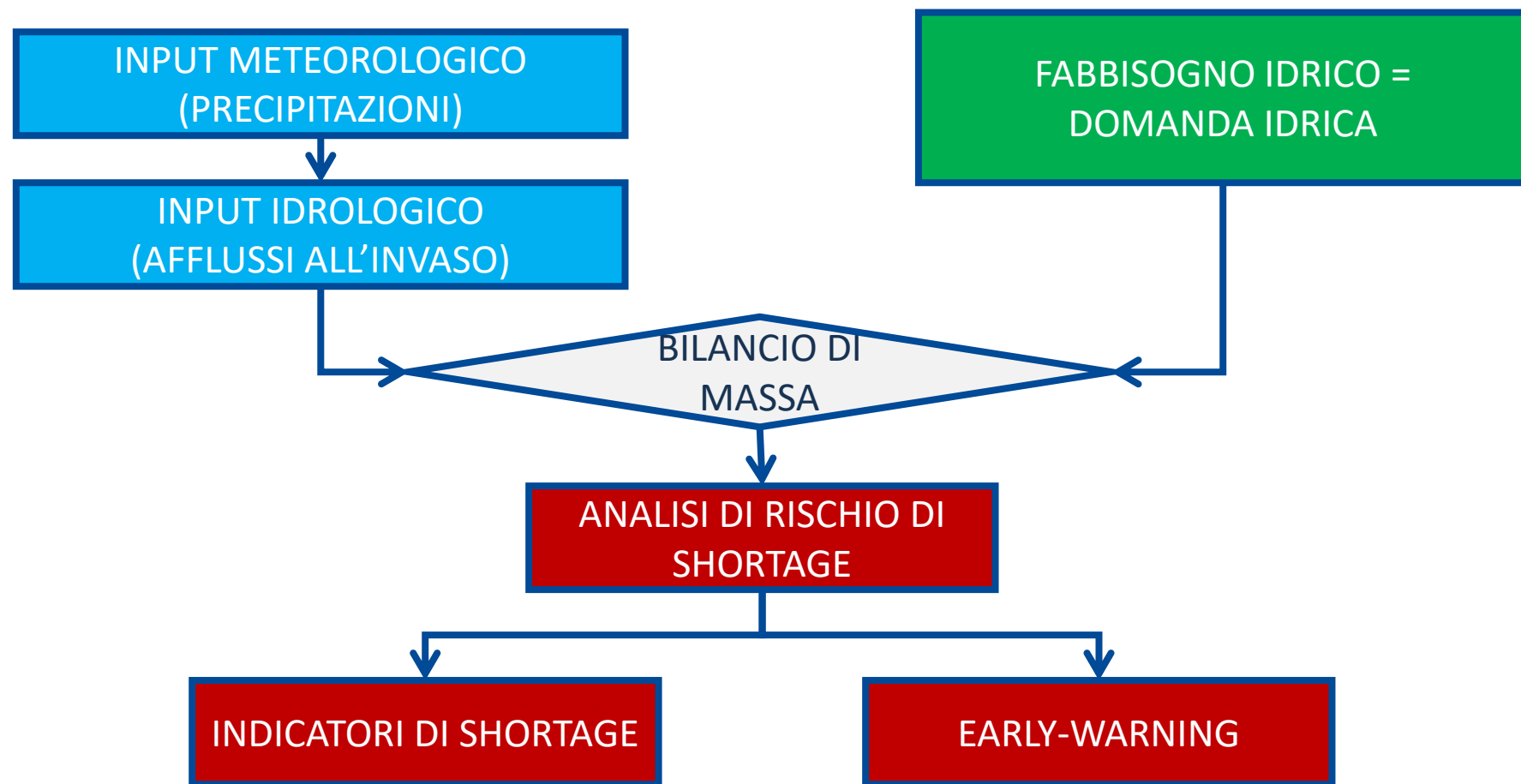
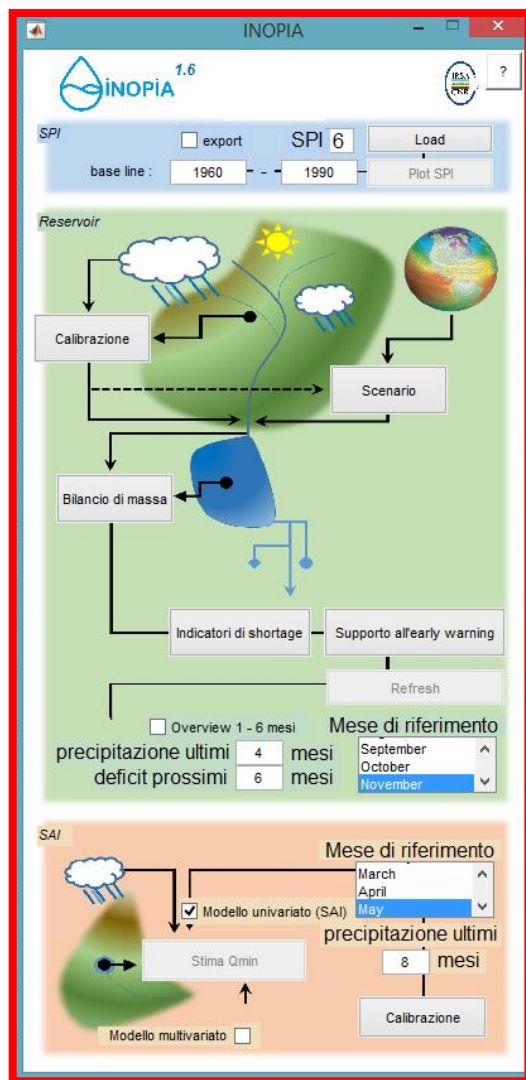


SCELTA DELLA BASELINE NEL CALCOLO DELLO SPI



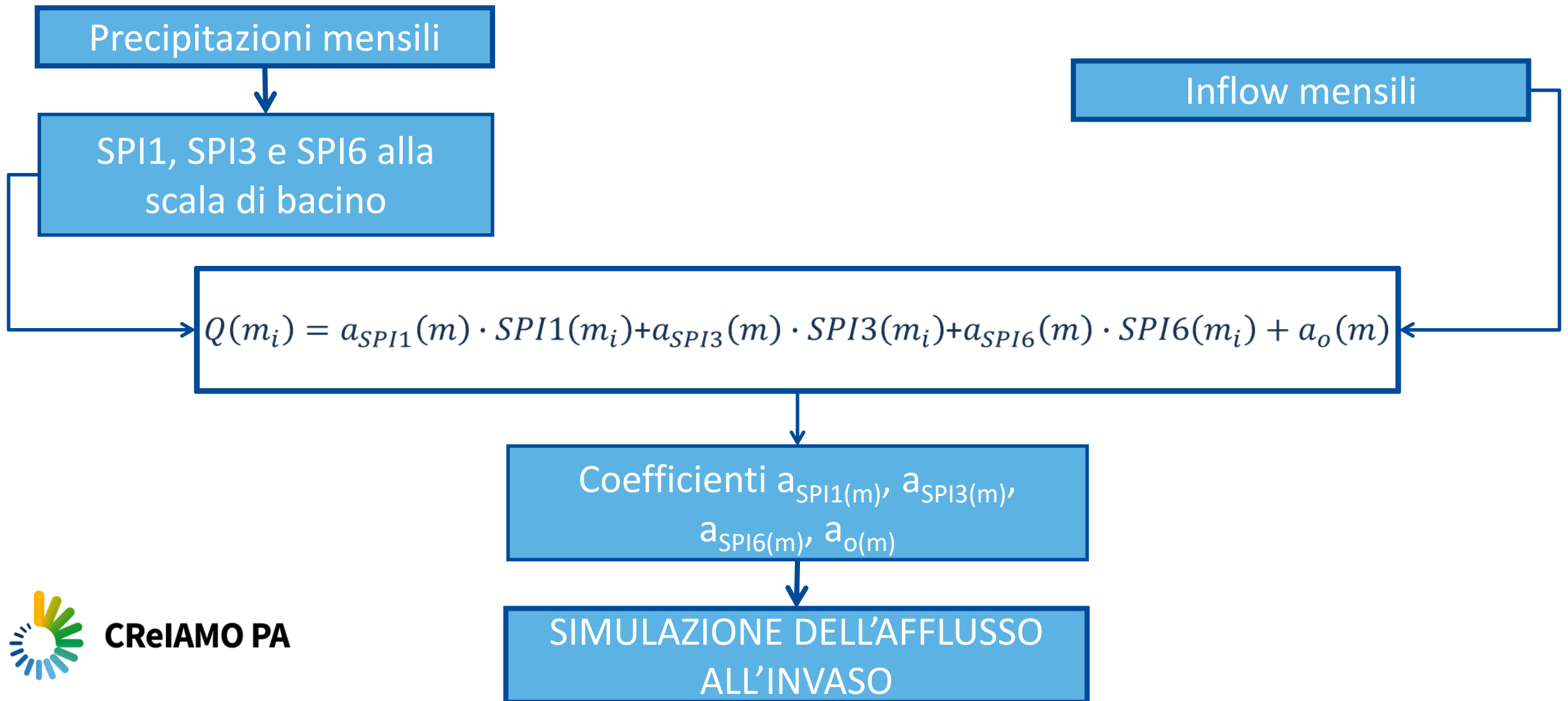
INOPIA v1.6 - Tool RESERVOIR

- OBIETTIVO → a) calcolo di indici di vulnerabilità del sistema a condizioni di shortage (mancato soddisfacimento della domanda)
b) individuazione di indicatori precoci (SPI – volume invasato) di shortage (mancato soddisfacimento della domanda)



TOOL RESERVOIR – MODULO CALIBRAZIONE -

MODELLO SPI-Q - Modello di regressione multilineare



INPUT NUMERICO DEL MODULO CALIBRAZIONE

PRECIPITAZIONI

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
mese	anno	stazione 1	stazione 2	stazione 3	stazione 4	stazione 5	stazione 6	stazione 7	stazione 8	stazione 9	stazione 10	stazione 11	stazione 12	stazione 13	stazione 14	
1	1989	0			2.4	0	0	0	0	0	0	0	0.2	2.2	0	
2	1989	167.9			3.4	158.7	152.2	129.5	123.8	155.7	95.7	144	123.5	2.4	130	
3	1989	46.7		29.8	63	44.6	57.8	34	30.7	45.9	42.4	42.8	44.1	38.6	16	
4	1989	660.6		574.8	105	471.6	431.2	454.4	375	582.2	362.3	490.2	325.3		552	
5	1989	36.1		53.4	48.6	90.7	51.2	127.6	92.7	165.2	69.9	55.3	40	85.6	38	
6	1989	37.7		23.4	25.2	76.3	78.8	119.5	103.7	120.7	100	49.3	65.1	94.4	28	
7	1989	74.9		71		181.5	77.9	81	52.9	95	71	94.4	67.5		63.6	
8	1989	51.7		41.2		116.6	37.9	75.5	72.7	102.4	37.7	33.4	59.5		54.4	
9	1989	31.8		24	46.4	57.1	40.6	36.6	46.9	42.3	34.1	18.6	56.3		46.8	

Precipitazione

AFFLUSSI

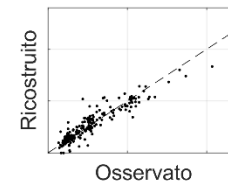
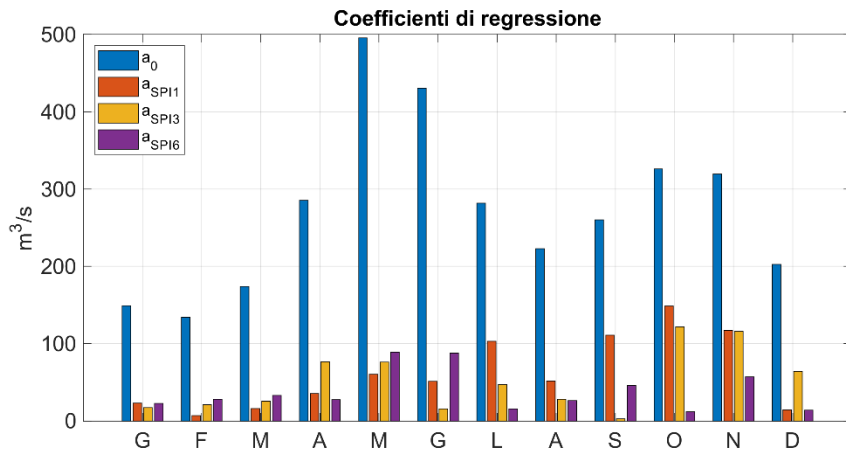
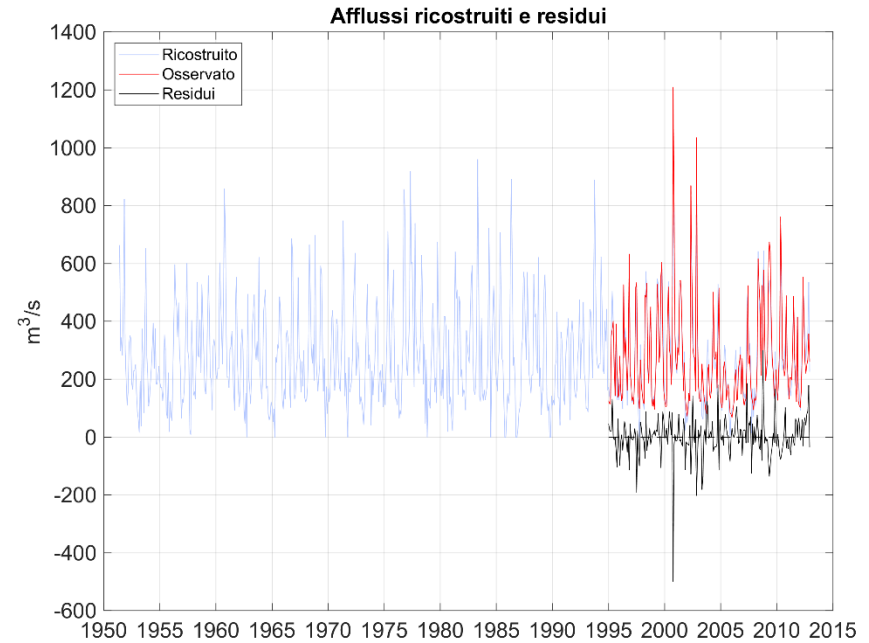
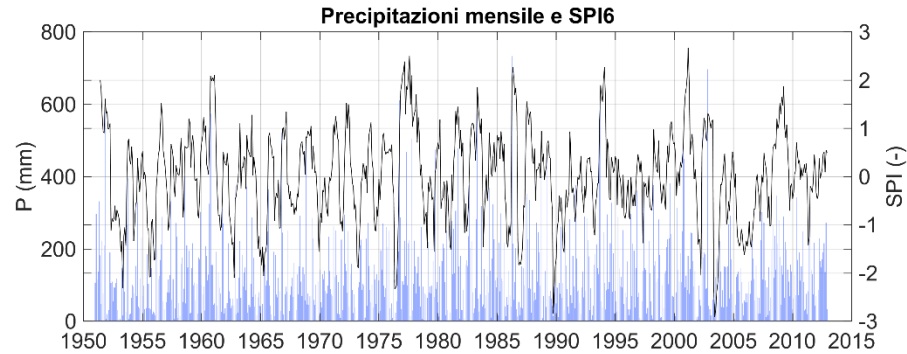
A	B	C	D	E	F	G
mese	anno	Afflusso (m3/s)				
1	1995	125.8				
2	1995	116.0				
3	1995	115.3				
4	1995	349.1				
5	1995	372.7				
6	1995	400.5				
7	1995	246.9				
8	1995	143.8				
9	1995	391.1				
10	1995	233.3				

Afflusso



CReIAMO PA

OUTPUT GRAFICO DEL MODULO CALIBRAZIONE



r^2 : 0.84
RMSE: 7.2e+01 m³/s
MAE: 4.6e+01 m³/s
MB: 6.3e-01 m³/s



CReIAMO PA

OBIETTIVO → calibrazione del modello SPI-Q (stima dei coefficienti della regressione multilineare)

OUTPUT NUMERICO DEL MODULO CALIBRAZIONE

Afflussi ricostruiti

A	B	C	D
mese	anno	Q(m3/s)	
1	1951		
2	1951		
3	1951		
4	1951		
5	1951		
6	1951	916.3007	
7	1951	344.2837	
8	1951	332.363	
9	1951	253.0396	
10	1951	350.4866	
11	1951	1157.267	
12	1951	311.0841	
1	1952	207.4115	
2	1952	133.2541	

Afflussi osservati

A	B	C	D
mese	anno	Q(m3/s)	
1	1995	125.8133	
2	1995	115.9633	
3	1995	115.2633	
4	1995	349.14	
5	1995	372.6833	
6	1995	400.48	
7	1995	246.91	
8	1995	143.8033	
9	1995	391.05	
10	1995	233.28	
11	1995	138.4267	
12	1995	144.9533	
1	1996	279.5733	
2	1996	160.63	

Residui della calibrazione
(osservato – simulato)

A	B	C	D
mese	anno	Q(m3/s)	
1	1995	40.22144	
2	1995	17.48563	
3	1995	19.28484	
4	1995	27.53641	
5	1995	120.8364	
6	1995	-2.28335	
7	1995	-9.77009	
8	1995	16.59648	
9	1995	-54.3834	
10	1995	-126.375	
11	1995	56.49184	
12	1995	-8.63275	
1	1996	-78.1467	
2	1996	-21.2072	

SPI1, SPI3 e SPI6 utilizzati
per la calibrazione

A	B	C	D	E
mese	anno	SPI 1mont	SPI 3mont	SPI 6month
1	1951	0.885706		
2	1951	3.255286		
3	1951	0.192873	2.72302	
4	1951	-0.04602	1.19104	
5	1951	1.180359	0.697781	
6	1951	0.427406	0.974689	2.636808
7	1951	-0.53654	1.024055	1.963643
8	1951	0.806558	0.632861	1.197607
9	1951	-0.32474	-0.05624	0.687955
10	1951	0.058754	0.152513	0.701417
11	1951	3.196804	1.682404	1.964868
12	1951	-0.5511	1.888638	1.381694
1	1952	-0.41084	2.110528	1.397603
2	1952	-0.80576	-0.88449	0.809427

Coefficienti di
regressione stimati

A	B	C	D	E
	a0	SPI 1mont	SPI 3mont	SPI 6month
Jan	150.6725	46.32767	19.04923	25.44954
Feb	133.6166	-0.41731	28.35538	30.1217
Mar	170.3998	40.74927	18.39586	25.40311
Apr	282.0162	97.74418	117.0385	12.71472
May	494.0042	89.01629	80.93433	176.1474
Jun	434.8964	48.01208	26.20908	165.1004
Jul	293.8882	118.5202	21.04087	47.07552
Aug	229.9906	52.06576	28.7786	35.20812
Sep	277.9451	169.2528	-0.18737	43.67653
Oct	331.7216	331.1377	93.47116	-21.3086
Nov	306.1781	188.1025	81.30473	57.49749
Dec	197.74	42.51726	73.56745	-1.56835

Parametri di best fit stimati per
il calcolo degli SPI (n stazioni x
12 mesi x m parametri)

A	B	C	D
111.6152	96.4112	94.45286	54.56309
92.23575	63.29356	116.2515	63.94911
184.702	78.01135	139.7384	94.84731
367.1585	180.1455	218.8027	150.9789
368.0052	213.5332	230.6175	173.1371
255.0543	178.4083	162.4638	174.8781
222.8928	122.3869	110.4609	150.2019
257.313	141.3066	158.192	177.6438
430.457	200.5993	191.5109	201.2863
404.7977	156.7575	256.2932	179.1214
321.2441	242.187	227.7945	79.00492
123.867	97.45806	116.4948	55.79127
470.283	369.1523	369.6695	161.9601
273.7633	212.7407	262.9314	140.7024
313.5602	178.3978	286.3001	189.3868
542.4972	278.3471	381.9856	271.7505
760.7255	399.002	498.7574	368.6722
832.8022	487.6687	513.4027	410.9704
743.22	460.8731	446.5108	447.0085
658.6228	406.0503	385.9785	460.4996
789.7834	421.2335	395.2504	480.7026
966.3111	460.2584	541.3796	484.8601
986.7579	499.3787	546.8976	384.2363
731.0001	407.3410	407.3410	200.4640

Tutti i fogli sono contenuti
in un file excel il cui nome
è deciso dall'utente

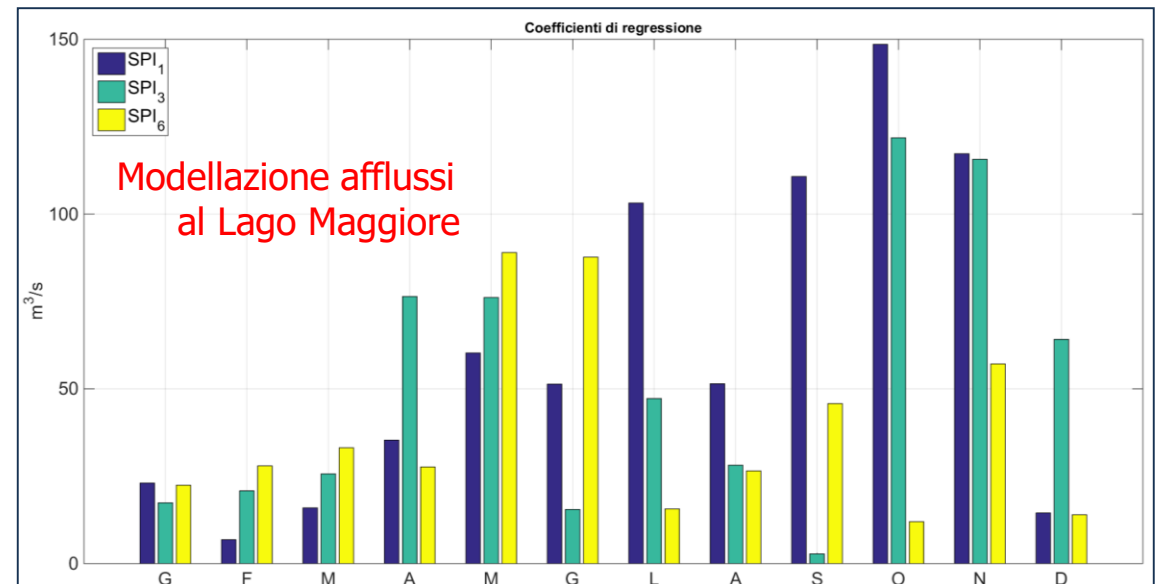
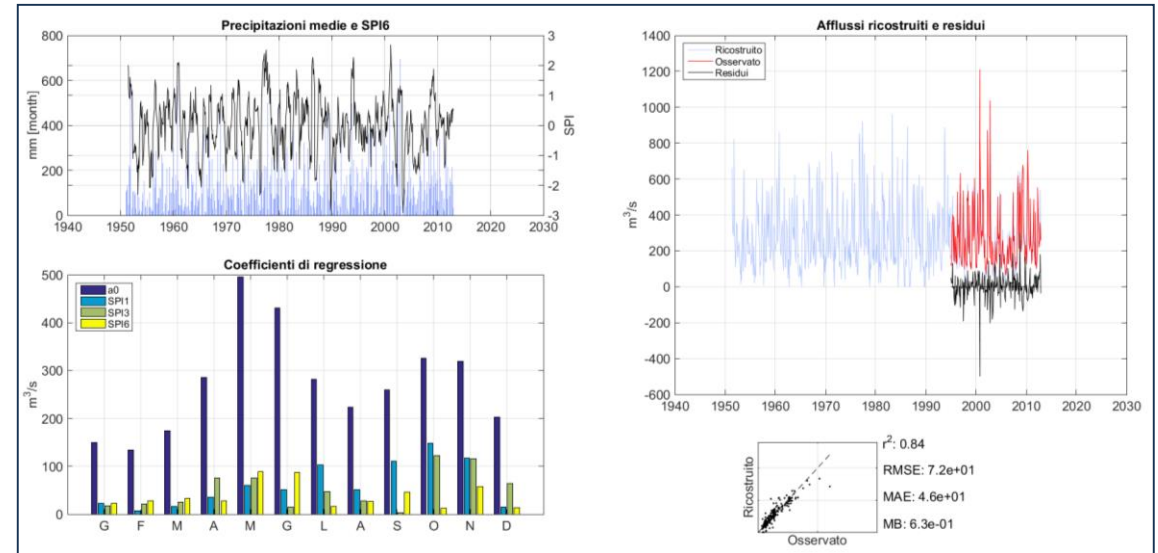


IL SIGNIFICATO FISICO DEI COEFFICIENTI DELLA REGRESSIONE MULTILINEARE

- Le precipitazioni mensili (SPI1) sono rappresentative del run-off e quindi dell'afflusso diretto ai corsi d'acqua superficiali che alimentano il lago.
- Le precipitazioni cumulate su 3 mesi (SPI3) sono rappresentative delle condizioni di imbibizione del suolo e quindi della ripartizione della precipitazione tra deflusso superficiale e deflusso sub-superficiale.
- Le precipitazioni cumulate su 6 mesi (SPI6) sono rappresentative dei processi di alimentazione caratterizzati da tempi lunghi (plurimensili), quali in particolare lo scioglimento del manto nevoso nel periodo primaverile e il deflusso sub-superficiale.
- La variabilità del deflusso a scale temporali superiori non viene considerata



CReIAMO PA



TOOL RESERVOIR - MODULO SCENARI

Basato sull'idea che l'interazione atmosfera/suolo/sotto-suolo del bacino idrografico che determina la risposta del bacino alle precipitazioni sia invariante nel tempo e dunque indipendente dal regime di precipitazione considerato

INPUT → 1) serie temporale di precipitazioni mensili (serie stocastiche, scenari di climate change, previsioni meteo di medio periodo, ecc) sulle stesse stazioni utilizzate nel modulo CALIBRAZIONE. 2) output dal modulo CALIBRAZIONE

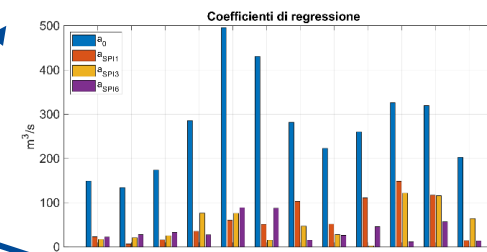
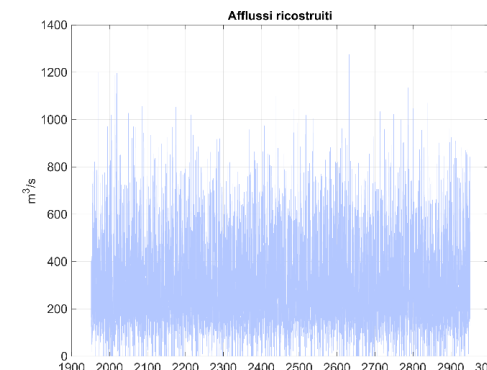
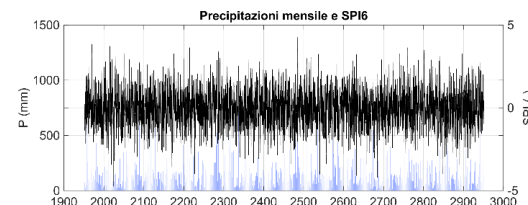
OUTPUT → scenari di afflusso all'invaso alla scala mensile

Input del modulo scenari

A	B	C	D	E	n
mese	anno	nodo 1	nodo 2	nodo 3	n
1	1950	303.7147	269.9446	228.8485	
2	1950	142.0203	80.26011	191.7033	
3	1950	87.75271	24.7479	65.32534	
4	1950	143.5083	94.24644	85.1453	
5	1950	283.8128	160.306	184.1392	
6	1950	238.7251	201.1586	162.9933	
7	1950	329.5078	199.2308	159.482	
8	1950	343.4199	189.5674	212.8788	
9	1950	203.6418	135.7	71.37129	
10	1950	401.8578	256.4743	239.1439	
11	1950	66.6463	77.60486	55.41079	
12	1950	334.1323	233.7571	295.8667	
1	1951	1.016151	1.8	0.2	
2	1951	139.8467	80.07624	183.9801	

$$Q(m_i) = a_{SPI1}(m) \cdot SPI1(m_i) + a_{SPI3}(m) \cdot SPI3(m_i) + a_{SPI6}(m) \cdot SPI6(m_i) + a_o(m)$$

Output grafico del modulo SCENARI



A	B	C	D
mese	anno	Q(m3/s)	
1	1950		
2	1950		
3	1950		
4	1950		
5	1950		
6	1950	599.8149	
7	1950	456.4405	
8	1950	364.9383	
9	1950	265.3622	
10	1950	414.3895	
11	1950	258.2809	
12	1950	372.8217	
1	1951	110.2633	
2	1951	181.6129	

Output numerico del modulo SCENARI

I coefficienti di regressione sono stati calcolati nel modulo CALIBRAZIONE

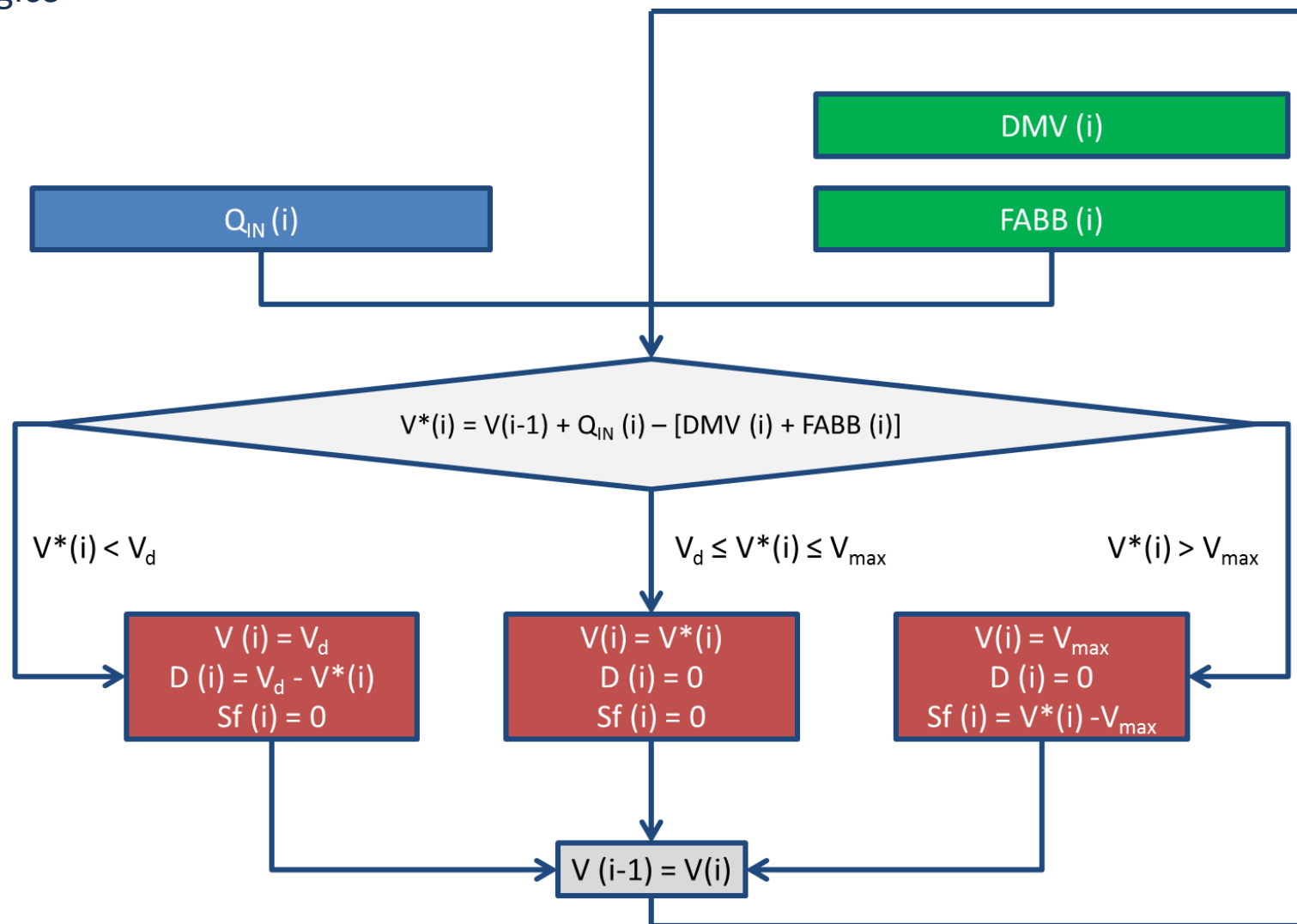


CReIAMO PA

TOOL RESERVOIR - MODULO BILANCIO DI MASSA

Simula l'evoluzione nel tempo dei volumi immagazzinati in un invaso, naturale o artificiale. Esso è basato sul bilancio di massa (volumi) calcolato considerando come dati di input l'afflusso, la domanda connessa con l'invaso e l'eventuale rilascio atto a garantire un il Deflusso Ecologico

INPUT → 1) dati relativi all'invaso (volume massimo, volume morto, eventuale curva livelli-volumi invasati). 2) fabbisogno mensile o serie storica dei fabbisogni indirizzati all'invaso. 3) Deflusso ecologico variabile alla scala mensile. 4) serie temporale di afflussi all'invaso (dal modulo CALIBRAZIONE o dal modulo SCENARI)



INPUT MODULO BILANCIO DI MASSA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
2	Volume max (Mm3)	37315	37315	37420	37420	37420	37420	37420	37420	37420	37420	37315	37315
3	Volume morto (Mm3)	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000
4	Domanda (m3/s)	100	110	120	184.64	210.57	242.03	246.04	238.83	156.88	120	110	100
5	Deflusso Ecologico (m3/s)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
6	Volume iniziale (Mm3)	37200											

Dati relativi all'invaso

Fabbisogni indirizzati all'invaso
variabili alla scala mensile

A	B
m (s.l.m.)	Volume (Mm3)
194.5	37420
194	37315
192.5	37000

invaso | **livelli** | domar

Relazione livelli-volumi
invasati (input
facoltativo)

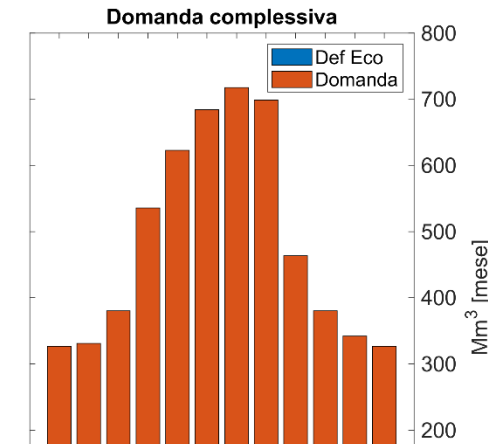
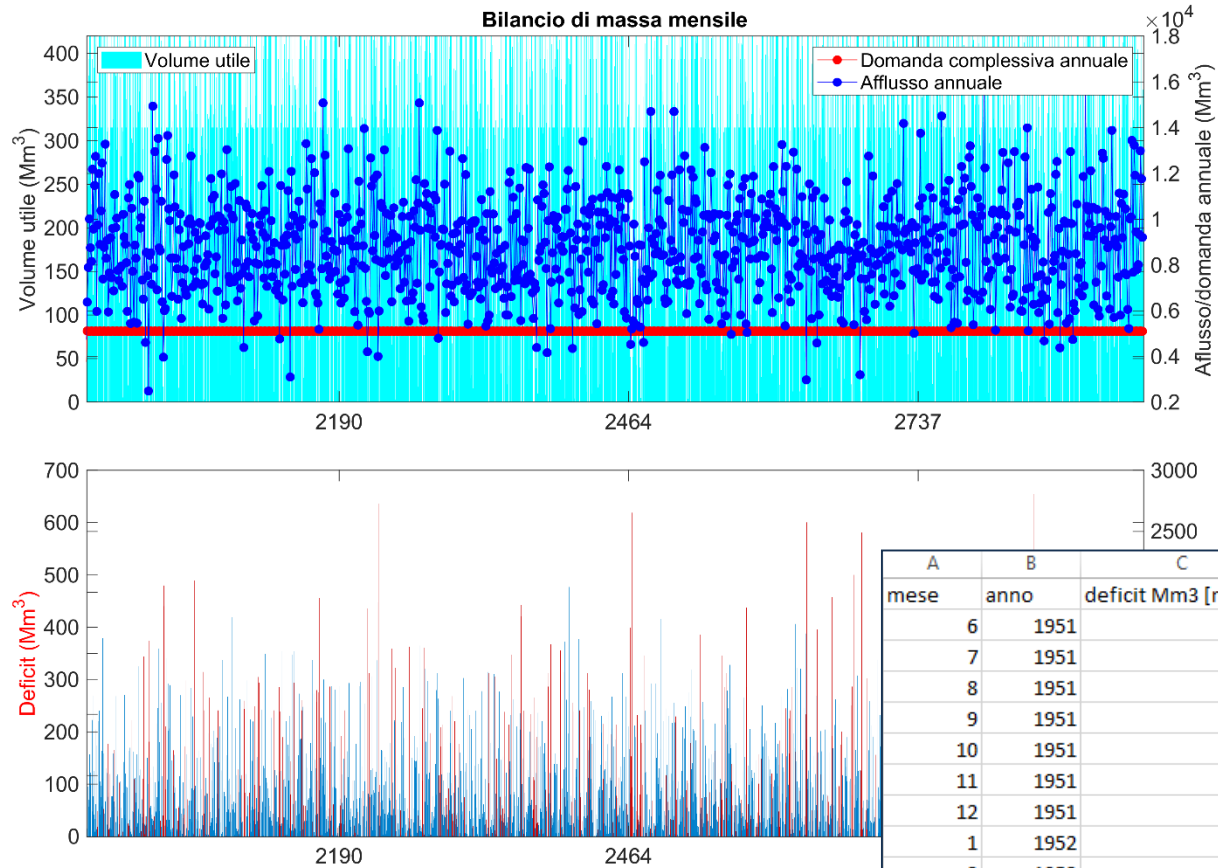
A	B	C	D	E
mese	anno	Domanda (m3/s)		
1	1994	141.1		
2	1994	127.4		
3	1994	138.4		
4	1994	184.6		
5	1994	217.6		
6	1994	242.0		
7	1994	254.2		

invaso | livelli | **domanda osservata**

Domanda mensile
osservata (input
facoltativo)



OUTPUT MODULO BILANCIO DI MASSA



A	B	C	D	E	F	G
mese	anno	deficit Mm3 [mese]	Fabbisogno Mm3 [mese]	Sfioro Mm3 [mese]	Volume invaso Mm3	Livelli invaso (m a.s.l.)
6	1951	0	627.3	1470.7	37420.0	194.5
7	1951	0	659.0	204.2	37420.0	194.5
8	1951	0	639.7	191.6	37420.0	194.5
9	1951	0	406.6	192.2	37420.0	194.5
10	1951	0	321.4	558.4	37420.0	194.5
11	1951	0	311.0	2736.6	37315.0	194.0
12	1951	0	321.4	452.9	37315.0	194.0
1	1952	0	365.6	131.0	37315.0	194.0
2	1952	0	342.0	0.0	37251.7	193.7
3	1952	0	358.6	0.0	37247.2	193.7
4	1952	0	478.6	0.0	37417.1	194.5
5	1952	0	564.0	146.4	37420.0	194.5

Output numerico del modulo BILANCIO DI MASSA

OBIETTIVO → calcolo della serie «storica» di deficit e sfiori sulla base della serie «storica» di afflussi ricostruita dal modello SPI-Q (da modulo CALIBRAZIONE o modulo SCENARI)



CReIAMO PA

INOPIA E' UN SISTEMA MODULARE → SE E' GIA' DISPONIBILE UNA MODELLISTICA (AD ESEMPIO FISICAMENTE BASATA E/O PIU' PERFORMANTE DEL MODELLO SPI-Q, E' POSSIBILE UTILIZZARLA PER PRODURRE L'INPUT DI AFLUSSO AL MODULO BILANCIO DI MASSA

MODULO INDICATORI DI SHORTAGE

Gli indicatori di *shortage* rappresentano un insieme statistico sviluppato per descrivere gli eventi di shortage (o deficit), ossia la condizione nella quale il volume idrico immagazzinato nell'invaso non è sufficiente a garantire il soddisfacimento della domanda

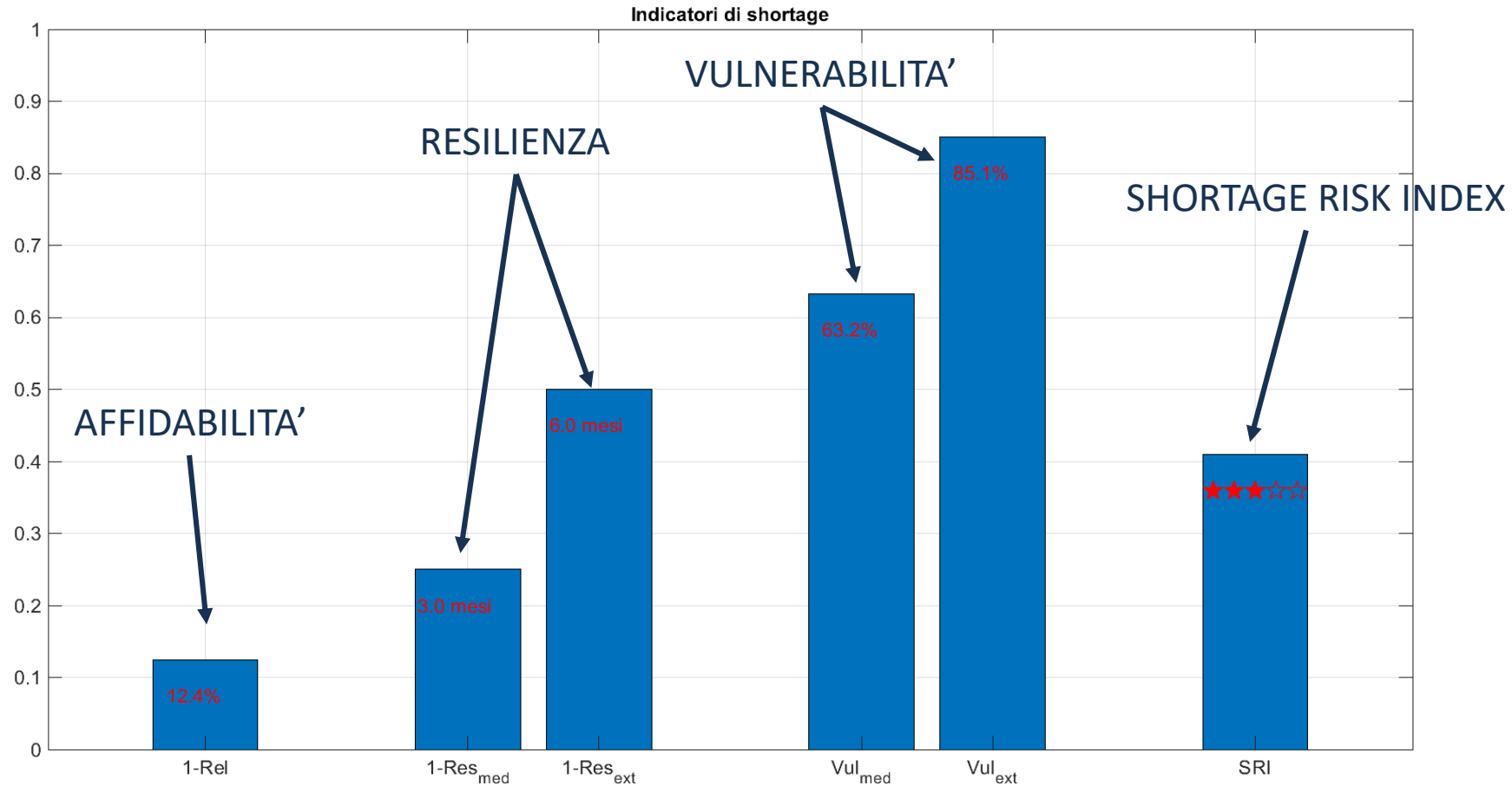
$$Rel = Reliability = \frac{n_s}{T}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Shortage Risk Index} = SRI \\
 & = \frac{1}{3} (1 - Rel) + \frac{1}{6} (1 - Res_{med}) + \frac{1}{6} (1 - Res_{ext}) + \frac{1}{6} Vul_{med} + \frac{1}{6} Vul_{ext}
 \end{aligned}$$

$$Vul_{ext} = \text{Extreme Vulnerability} = perc_{90} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^{m_f(i)} WD_{j(i)}}{\sum_{j=1}^{m_f(i)} Wd_{j(i)}} \right\}_{i=1, \dots, N_f}$$



OUTPUT MODULO INDICATORI DI SHORTAGE



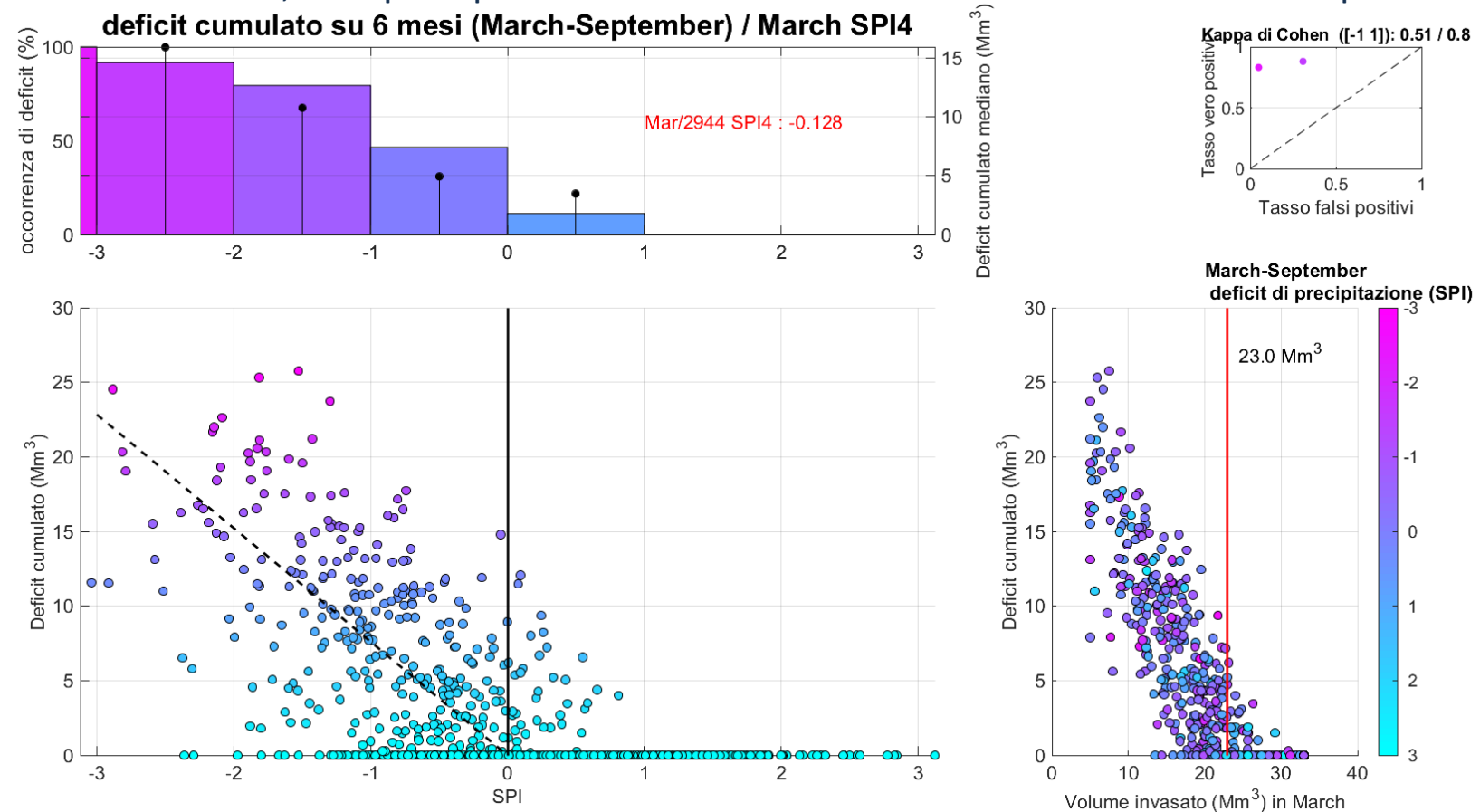
Output numerico del modulo INDICATORI DI SHORTAGE

	A	B	C	D	E	F
1-Rel						
1-Res _{med}	0.06	0.25	0.42	0.67	0.87	0.39
1-Res _{ext}						
Vul _{med}						
Vul _{ext}						
SRI						



MODULO SUPPORTO ALL' EARLY WARNING

1. Considerate le precipitazioni degli ultimi X mesi (in relazione a quelle medie osservate), con quale probabilità si verificheranno condizioni di deficit nei prossimi Y mesi?
2. Considerato il volume attualmente invasato, con quale probabilità si verificheranno condizioni di deficit nei prossimi Y mesi?



INPUT

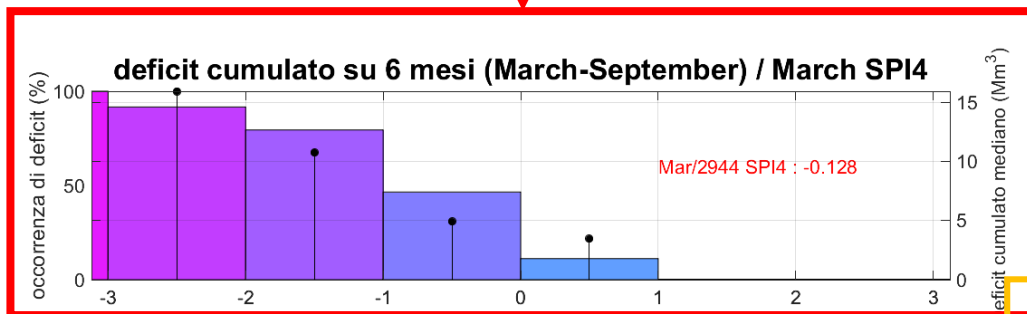
- File precipitazioni
- Output modulo BILANCIO DI MASSA



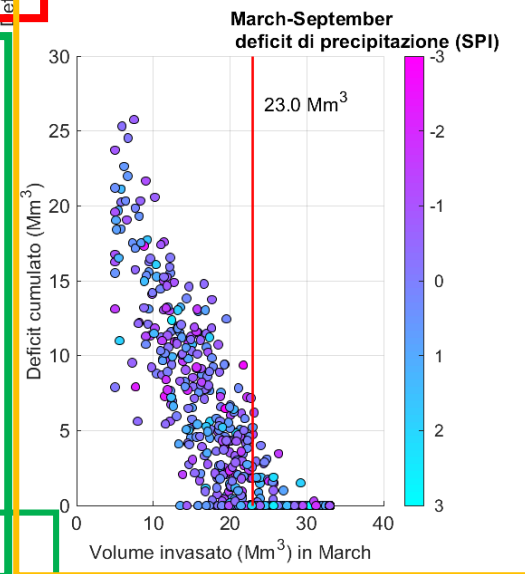
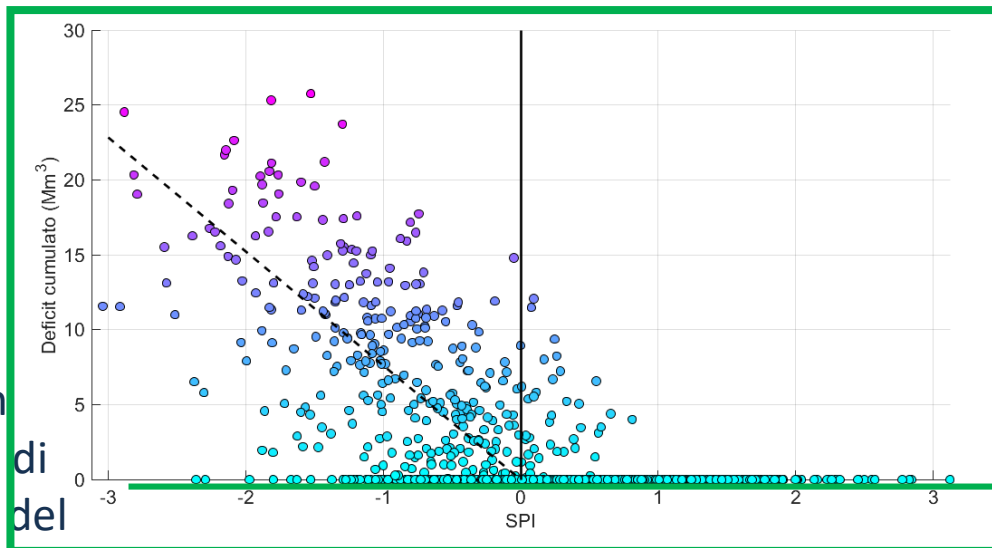
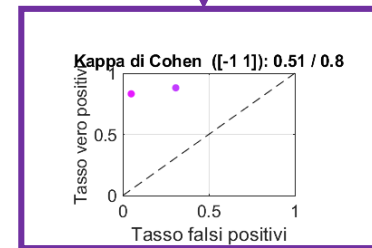
OBIETTIVO → individuazione di indicatori precoci di *shortage* mediante analisi statistica della relazione tra SPI pregressi e deficit cumulato sugli n mesi successivi e tra volume invasato e deficit cumulato negli n mesi successivi (fissato il mese di analisi)

MODULO SUPPORTO ALL' EARLY WARNING

percentuale di
occorrenza di deficit
negli m mesi
successivi al mese di
riferimento per ogni
classe di SPIn del
mese di riferimento



stima della
capacità di
previsione del
modulo supporto
all'early-warning
basata sulla
metrica nota come
kappa di Cohen's



deficit calcolato negli m
mesi successivi al mese di
riferimento in funzione del
valore di SPIn

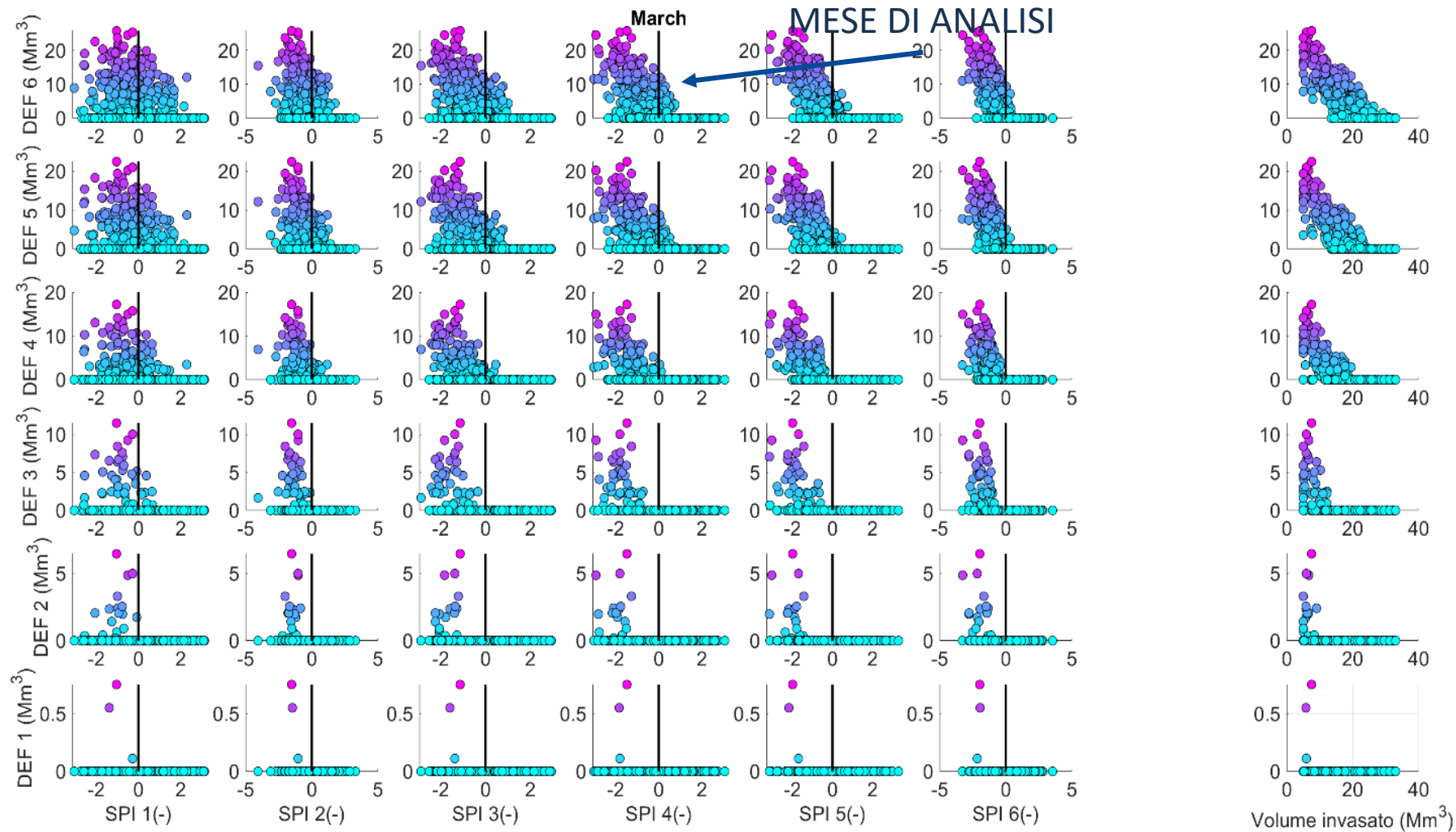
deficit calcolato negli m mesi
successivi al mese di riferimento in
funzione del corrispondente volume
invasato nel mese di riferimento



CREIAMO PA

OUTPUT SUPPORTO ALL'EARLY-WARNING

FINESTRA TEMPORALE DI PREVISIONE



FINESTRA TEMPORALE DI PREVISIONE



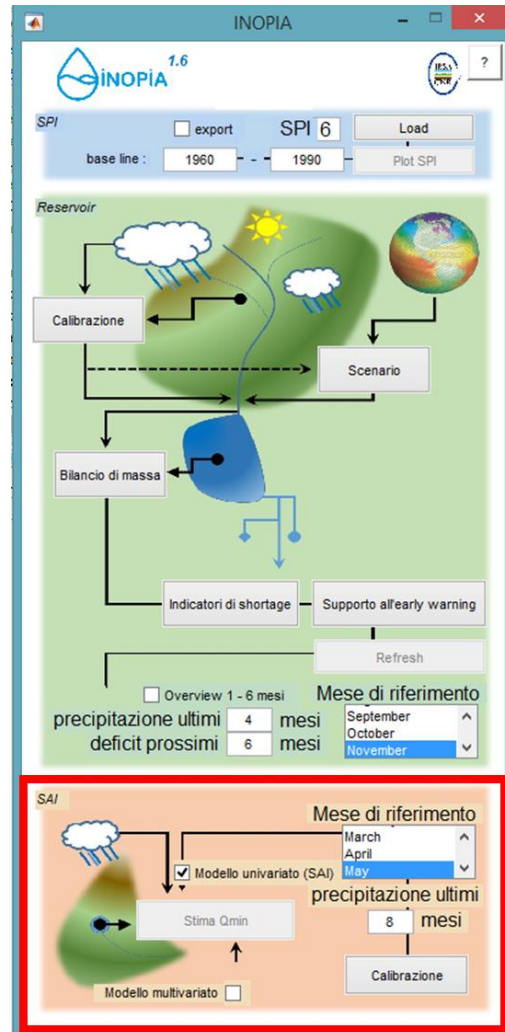
CReIAMO PA

PRECURSORE DI PRECIPITAZIONE

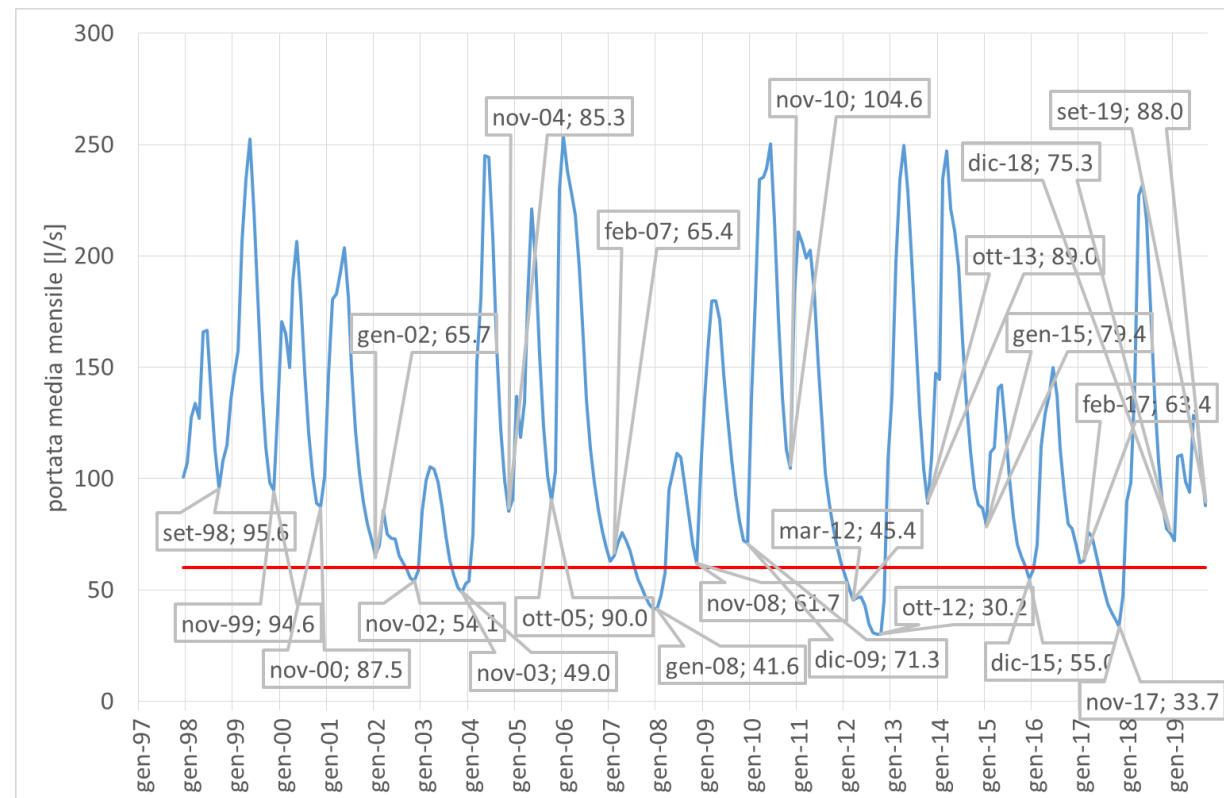
VOLUME INVASATO
NEL MESE DI ANALISI

IL TOOL SAI – SPRING ANOMALY INDEX

Il tool SAI fornisce una procedura guidata per il calcolo dello Spring Anomaly Index (Romano et al. 2013) in accordo con le Linee Guida ISPRA-IRSA sugli Indicatori di Siccità e Scarsità Idrica da utilizzare nelle attività degli osservatori distrettuali per l'uso della risorsa idrica (Mariani et al. 2018).



Il SAI è un indice di severità idrica appositamente sviluppato per le sorgenti e che quantifica la capacità di soddisfacimento fabbisogno idrico connesso con una determinata sorgente



CREIAMO PA

PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL SAI

MODELLO UNIVARIATO

1. Si individuano la stazione o l'insieme di stazioni rappresentative delle precipitazioni sull'area di ricarica della sorgente in esame.
2. Si calcola per la serie di precipitazione mensile rappresentativa dell'area di ricarica della sorgente in esame lo SPI per ogni mese dell'anno e per le scale di aggregazione da 1 a 24 mesi, ottenendo così 24 serie temporali di SPI sul periodo in esame. ($SPI_n(m_a)$ → SPI calcolato per il mese m dell'anno a considerando una scala di aggregazione di n mesi).
3. Si individua la portata minima (sulla serie di portate giornaliere o medie mensili) di ogni anno idrologico a , Q_a^{min}
4. Fissato un mese di riferimento per le precipitazioni m e una scala di aggregazione n , si calcola il coefficiente di correlazione (r) tra la serie degli $SPI_n(m_a)$ e la serie dei minimi annuali Q_a^{min} .
5. Si costruisce la matrice di correlazione tra i valori di $SPI_n(m_a)$ e quelli di Q_a^{min} .
6. Si calcola la retta di regressione $Q_{min} = \alpha \cdot SPI_n(m) + \beta$ per la combinazione tra scala dell'SPI n e mese di riferimento m che presenta la massima correlazione $SPI_n(m_a) - Q_a^{min}$. (\bar{n}, \bar{m} → combinazione che presenta massima correlazione)
7. Si considera la retta di regressione calcolata al punto 6 e il valore di $SPI_{\bar{n}}(\bar{m})$ dell'anno corrente. Sulla base dei coefficienti della retta di regressione si calcola la portata minima prevista per l'anno corrente, indicata con $Q_{forecast}^{min}$.
8. Si calcola l'indice SAI come lo scostamento percentuale della domanda D_s rispetto alla portata minima prevista $Q_{forecast}^{min}$, valutando la severità idrica puntuale per l'anno idrologico corrente secondo quanto riportato in Tabella 4.1.



OUTPUT DEL TOOL SAI

MODELLO UNIVARIATO

Input di precipitazione → precipitazioni mensili osservate nelle stazioni considerate rappresentative del regime pluviometrico dell'area di ricarica della sorgente



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
mese	anno	stazione 1	stazione 2	stazione 3	stazione 4	stazione 5	stazione 6	stazione 7	stazione 8	stazione 9	stazione 10	stazione 11	stazione 12	stazione 13	stazione 14	
1	1989	0			2.4	0	0	0	0	0	0	0	0.2	2.2	0	
2	1989	167.9			3.4	158.7	152.2	129.5	123.8	155.7	95.7	144	123.5	2.4	130	
3	1989	46.7		29.8	63	44.6	57.8	34	30.7	45.9	42.4	42.8	44.1	38.6	16	
4	1989	660.6		574.8	105	471.6	431.2	454.4	375	582.2	362.3	490.2	325.3		552	
5	1989	36.1		53.4	48.6	90.7	51.2	127.6	92.7	165.2	69.9	55.3	40	85.6	38	
6	1989	37.7		23.4	25.2	76.3	78.8	119.5	103.7	120.7	100	49.3	65.1	94.4	28	
7	1989	74.9		71		181.5	77.9	81	52.9	95	71	94.4	67.5		63.6	
8	1989	51.7		41.2		116.6	37.9	75.5	72.7	102.4	37.7	33.4	59.5		54.4	
9	1989	31.8		24	46.4	57.1	40.6	36.6	46.9	42.3	34.1	18.6	56.3		46.8	

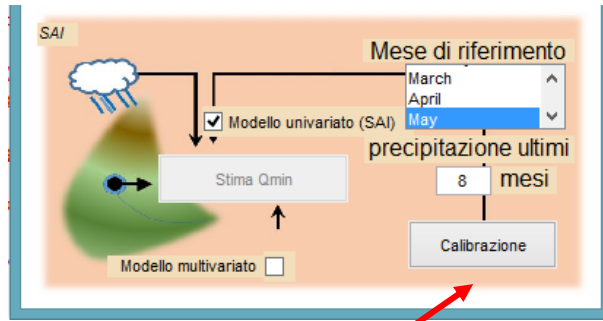
Input di portata → minimi annuali di portata (calcolati o sulle portate medie mensili o sulle portate giornaliere) + valore di fabbisogno (colonna C)

A	B	C
anno	Q_minime Da [l/s]	
1997	106.9309	60
1998	95.56306	
1999	94.60484	
2000	87.49167	
2001	65.73548	
2002	54.11	
2003	48.99333	
2004	85.32423	
2005	89.96289	
2006	63.05578	
2007	41.55516	
2008	61.74793	
2009	71.27226	
2010	104.5637	
2011	56.33968	
2012	30.088	
2013	89.019	
2014	79.40935	
2015	55.02387	
2016	62.3671	
2017	33.748	



PROCEDURA OPERATIVA PER IL CALCOLO DEL SAI

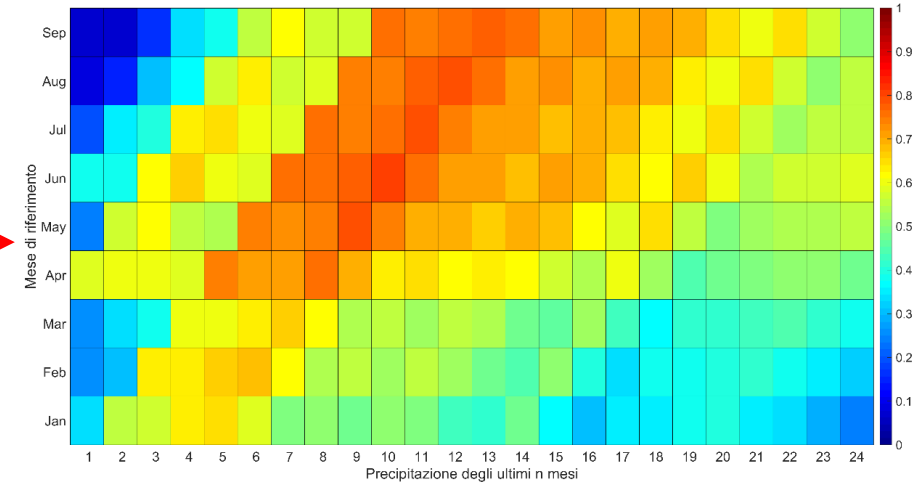
MODELLO UNIVARIATO



Premere sul pulsante Calibrazione

Selezionare i files di input
(precipitazioni e portate
minime annuali)

Matrice di correlazione
SPIm – mese di riferimento

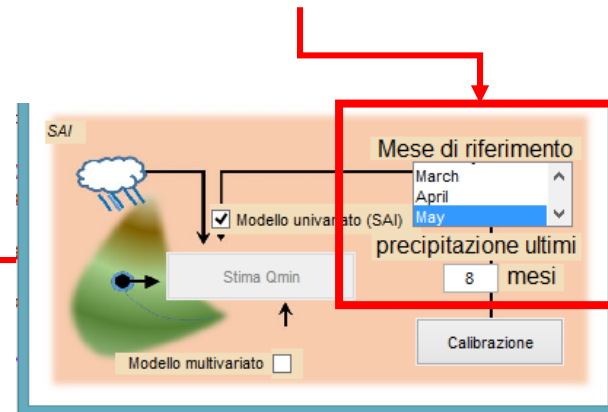


Il tool identifica per quale coppia $SPI_n(m)$, Q^{min} si ha il massimo del coefficiente di correlazione e utilizza tali valori per completare, di default i campi *mese di riferimento* e *precipitazione ultimi n mesi*



Fase di output
CReIAMO PA

Modifica (facoltativa) dei
campi *mese di riferimento* e
precipitazione ultimi n mesi



OUTPUT DEL TOOL SAI

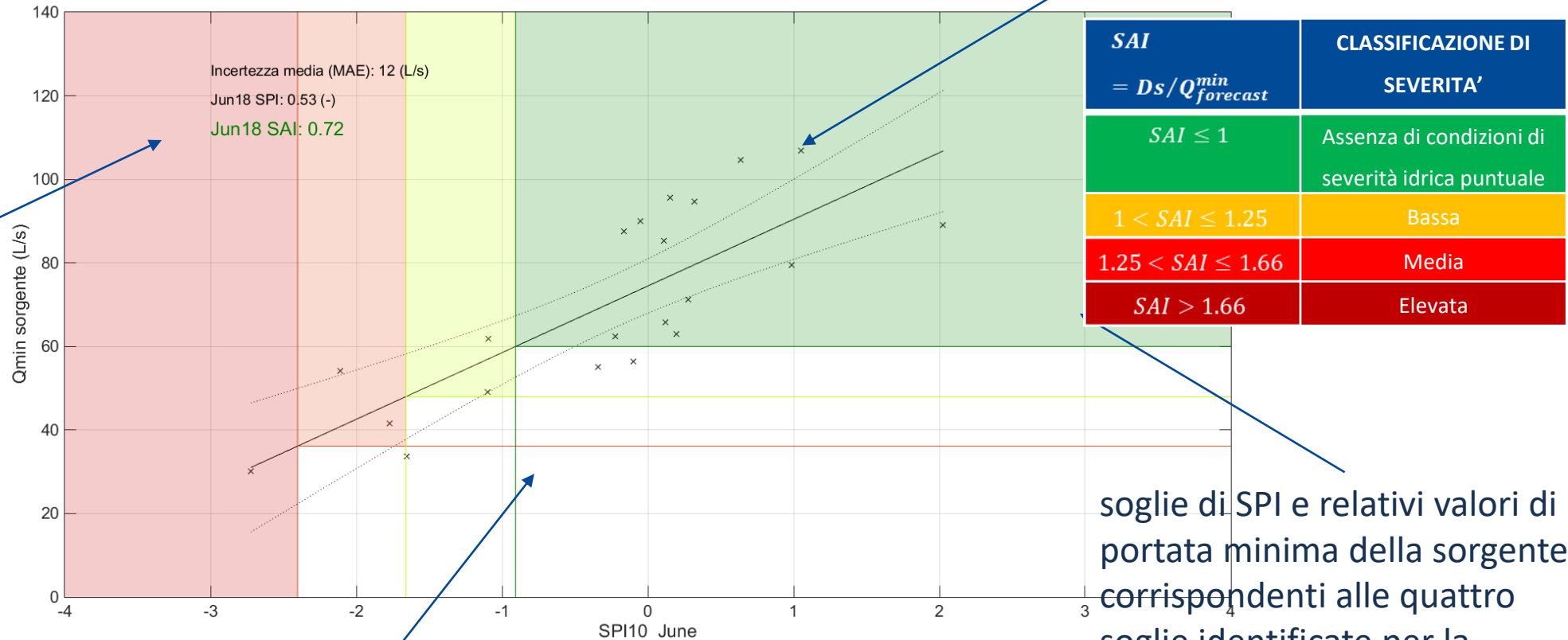
MODELLO UNIVARIATO



Premere sul pulsante Stima Qmin

x = valori delle portate minime annuali osservate in funzione degli $SPI_n(m)$ calcolati per il mese m e la scala di aggregazione dell'SPI scelti con i campi *mese di riferimento* e *precipitazione ultimi n mesi*

SAI calcolato per l'ultimo anno disponibile delle serie di precipitazione e portata minima annuale



Retta di regressione stimata e incertezza media espressa mediante Mean Absolute Error (MAE)

soglie di SPI e relativi valori di portata minima della sorgente, corrispondenti alle quattro soglie identificate per la classificazione del SAI



CREIAMO PA

OUTPUT DEL TOOL SAI

MODELLO MULTIVARIATO



$$Q_{min} = \alpha \cdot SPI3(novembre) + \beta \cdot SPI3(febbraio) + \gamma \cdot SPI3(maggio) + \delta$$

- Coefficienti di regressione multilineare α , β e γ → “peso” che l’anomalia di precipitazione di ciascuna stagione ha sulla variabilità inter-annuale delle portate minime.
- Termine noto δ → portata minima annuale prevista nel caso in cui il regime di precipitazione sia esattamente pari alla media di lungo periodo (quindi caratterizzato dalla condizione $SPI3(novembre) = SPI3(febbraio) = SPI3(maggio) = 0$)

Serie storiche di SPI3

Portate minime annuali

Stima dei coefficienti di regressione α , β , γ e δ

Noti i valori di $SPI3(novembre)$ e $SPI3(febbraio)$ stima della probabilità di non soddisfazione della domanda D_a

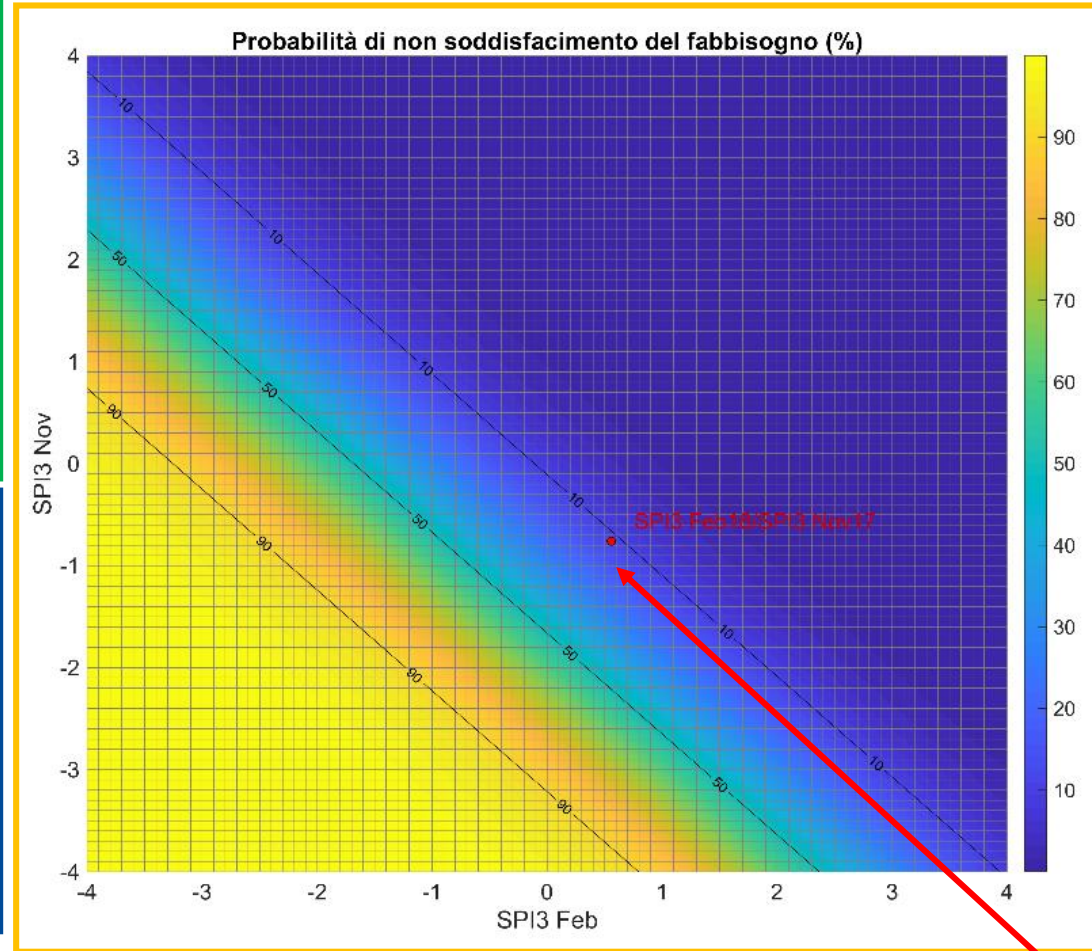
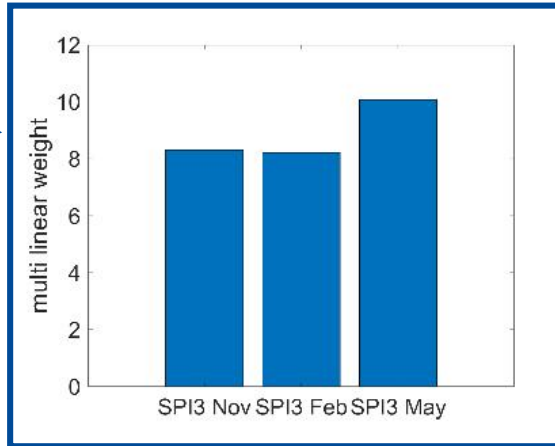
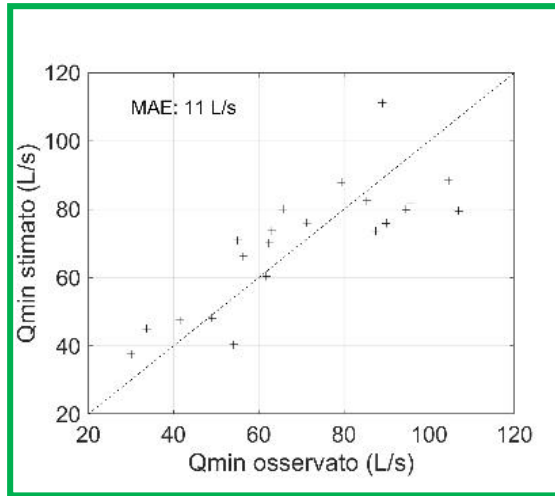


CReIAMO PA

OUTPUT DEL TOOL SAI

MODELLO MULTIVARIATO

Regressione tra minimi annuali di portata osservati e simulati. Bontà della simulazione viene valutata mediante il Mean Absolute Error (MAE)



probabilità di non soddisfacimento del fabbisogno stimata per ogni coppia di valori di [SPI3(novembre), SPI3(febbraio)].

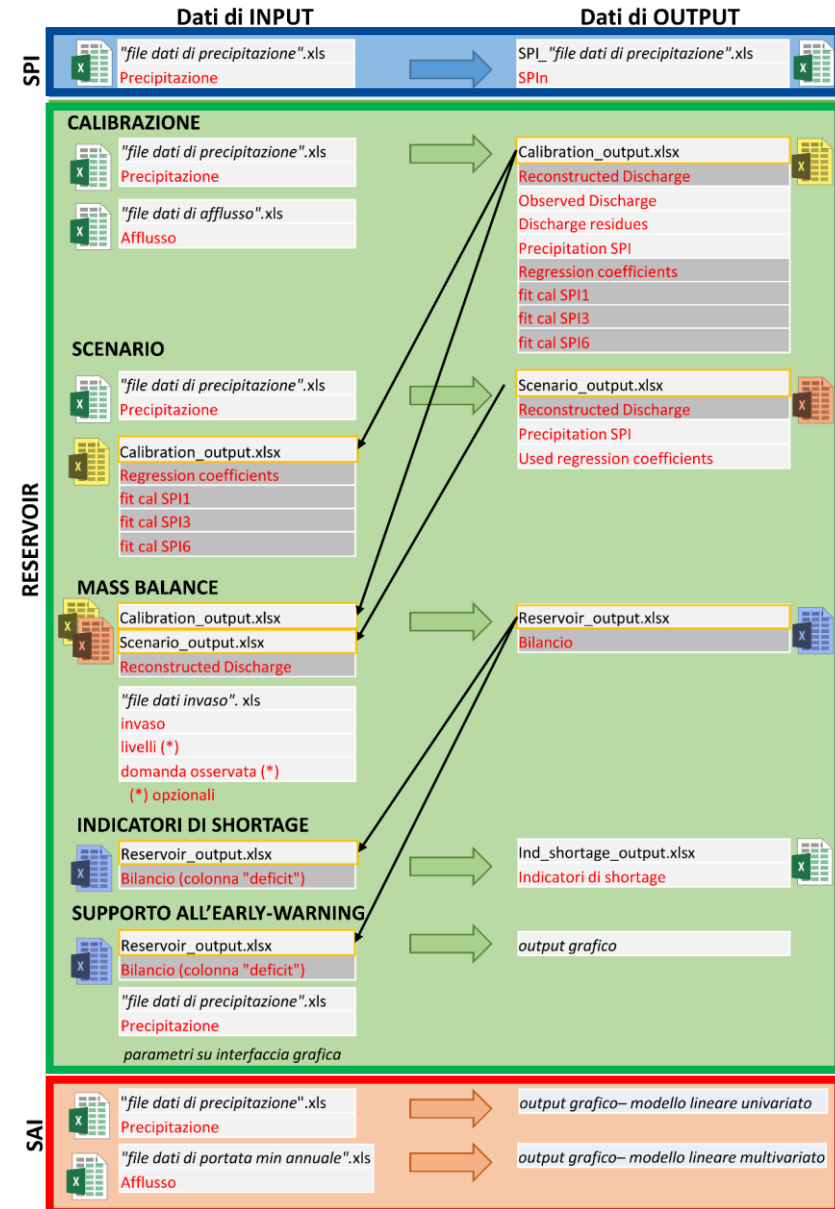
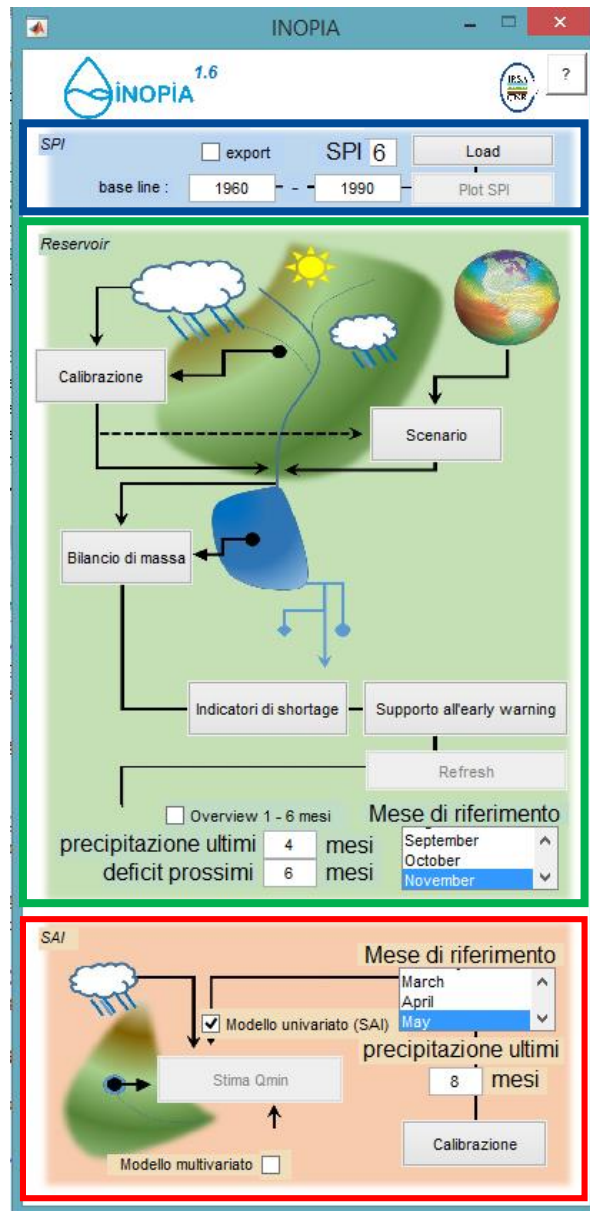


CREIAMO PA

Coefficienti del modello multiregressivo calibrato → peso che ciascuna delle cumulate stagionali ha sulla portata minima annuale

[SPI3(novembre), SPI3(febbraio)] per l'ultimo anno disponibile delle serie di precipitazione e portata minima annuale

INOPIA V1.6 – OVERVIEW DEI DATI I/O



CREIAMO PA

Email: romano@irsa.cnr.it ; guyennon@irsa.cnr.it



CReIAMO PA