



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Bilancio Idrologico “GIS BAsed” a scala Nazionale su Griglia regolare (BIGBANG)

National wide GIS based gridded hydrologic water budget

[Ing. Giovanni Braca](mailto:giovanni.braca@isprambiente.it)
giovanni.braca@isprambiente.it

Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine
Servizio Monitoraggio e Idrologia Acque Interne
Settore Idrologia

Roma, ISPRA 1 dicembre 2014

Competenza ISPRA nel bilancio idrologico-idrico nazionale

La competenza di ISPRA nella definizioni del bilancio idrologico-idrico nazionale deriva dal combinato disposto delle seguenti norme:

DLgs 112/98 Art. 88 Compiti di rilievo nazionale

Ai sensi dell'articolo 1, comma 4, lettera c), della legge 15 marzo 1997, n. 59, hanno rilievo nazionale i compiti relativi:

... omissis

e) alla formazione del bilancio idrico nazionale sulla scorta di quelli di bacino;

... omissis

DLgs 152/2006 Art. 55. Attività conoscitiva

1. Nell'attività conoscitiva, svolta per le finalità di cui all'articolo 53 e riferita all'intero territorio nazionale, si intendono comprese le azioni di:

a) raccolta, elaborazione, archiviazione e diffusione dei dati;

b) accertamento, sperimentazione, ricerca e studio degli elementi dell'ambiente fisico e delle condizioni generali di rischio;

... omissis

DLgs 152/2006 Art. 60. Competenze dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale - APAT

1. Ferme restando le competenze e le attività istituzionali proprie del Servizio nazionale di protezione civile, l'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (APAT) esercita, mediante il Servizio geologico d'Italia-Dipartimento difesa del suolo, le seguenti funzioni:

a) svolgere l'attività conoscitiva, qual'è definita all'articolo 55;

b) realizzare il sistema informativo unico e la rete nazionale integrati di rilevamento e sorveglianza;

Idee alla base del BIGBANG

Procedura automatica in ambiente GIS che implementi schemi consolidati nella letteratura tecnico-scientifica sulla base dei dati che attualmente risultano facilmente disponibili

Procedura automatica che consenta l'aggiornamento facilmente e con continuità sia per l'acquisizione e la disponibilità di nuovi dati o di dati aggiornati sia per il miglioramento delle tecniche di stima

Procedura automatica che consenta di predisporre uno strumento semplice necessario per inquadrare in maniera generale le strategie di gestione delle risorse idriche effettuate a scala locale.

Definire un bilancio a scala spaziale nazionale su griglia regolare e a scala temporale mensile che possa essere "ritagliato" su qualunque ambito territoriale di riferimento, "unità di bilancio" (nazionale, bacino ecc.) e aggregato a qualunque scala temporale multipla del mese (trimestrale, stagionale, semestrale, annuale).

Approccio che aggrega spazialmente e temporalmente le unità minime

Idee alla base del BIGBANG

Ma ancora:

Procedura automatica che consenta di disporre anche delle serie storiche di dati idrologici aggregati su ambiti spaziali (precipitazioni areali, temperature medie su zone, ecc.) per effettuare statistiche idrologiche areali

Procedura automatica che consenta di disporre di uno strumento per l'analisi e previsioni del contenuto idrico (*soil moisture*) del suolo a scala nazionale per la gestione del rischio di siccità

Procedura articolata in due fasi:

1^a fase: calcolo componenti "fisiche" → bilancio idrologico

2^a fase: calcolo componenti "antropiche" → bilancio idrico

Non sono ancora disponibili risultati essendo ancora in fase di sviluppo

Obiettivo- 1° FASE

Popolamento della tabella “fisica” con le definizioni di Eurostat (LTAA) per un assegnato ambito territoriale di riferimento

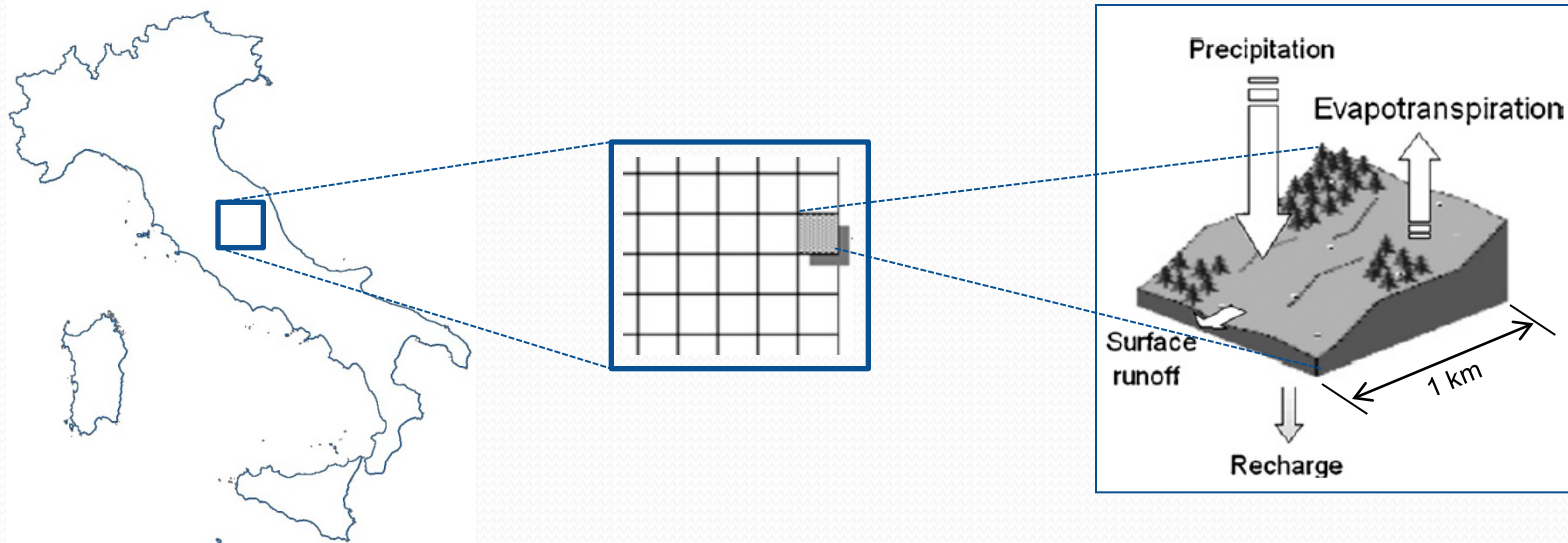
		Operazione	Simbolo	Anno (LTAA)	(Anno) _i (i = 1 ... N)	(Stagione) _{i,j} (i = 1 ... N) (j = 1 ... 4)	(Mese) _{i,k} (i = 1 ... N) (j = 1 ... 12)
				(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)
1	Precipitazione (precipitation)		P				
2	Evapotraspirazione (actual evapotraspiration)		AET				
3	Afflusso netto interno (actual internal flow)	= 1-2	IF				
4	Afflusso netto dall'esterno (actual external inflow)		EF				
5	Deflusso totale (total actual outflow)	= 5.1+5.2	R				
5.1	Deflusso totale verso territori limitrofi (total actual outflow to neighbouring territories)		Rt				
5.2	Deflusso totale a mare (total actual outflow to sea)		Rs				
6	Risorsa idrica rinnovabile totale (total freshwater renewable resources)	= 3+4	fwRNW				
7	Ricarica degli acquiferi sotterranei (recharge into the aquifer)	= 6-5	gwRCH				

Obiettivo- 2° FASE

Analisi del bilancio idrico con l'introduzione (per quanto possibile!) dei dati dei prelievi, delle restituzioni, dei fabbisogni, degli usi dell'acqua per arrivare a popolare le tabelle del SEAA-W

Bilancio idrologico nazionale - 1° FASE

$$\text{PRECIPITATION} - \text{EVAPOTRASPIRATION} = \text{RUNOFF} + \text{RECHARGE}$$



Il bilancio idrologico è valutato su una griglia regolare di lato 1 km per ciascun mese

I calcoli sono effettuati separatamente per ciascuna delle oltre 300,000 celle della griglia

Aggregando nello spazio e nel tempo, si può ottenere il bilancio per un qualunque territorio di riferimento e per un qualunque intervallo temporale plurimensile (stagionale, annuale, LTAA)

Dati utilizzati

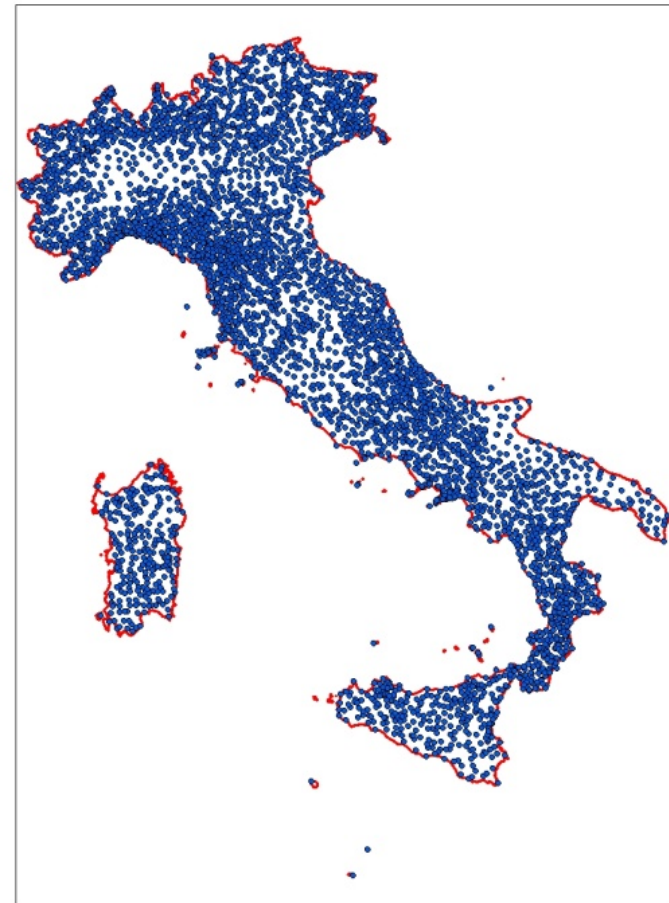
DATI PUNTUALI

- Precipitazione totale mensile
- Temperatura media giornaliera media mensile
- Temperatura massima giornaliera media mensile
- Temperatura minima giornaliera mensile mensile
- Radiazione totale giornaliera media mensile

I dati puntuali recenti sono principalmente ottenuti dalle reti di monitoraggio del Sistema dei Centri Funzionali che forniscono i valori di precipitazione in circa 3000 punti

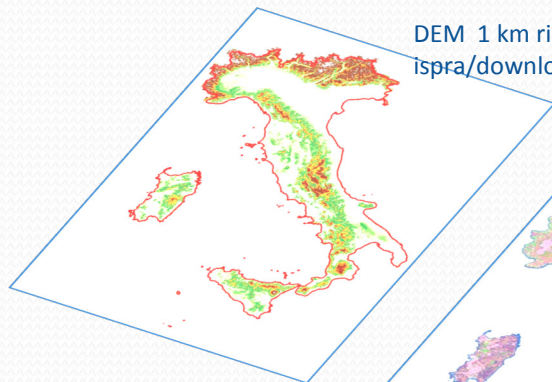
I dati puntuali storici di Precipitazione e Temperatura sono principalmente estratti dalla rete di monitoraggio del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale

Dove disponibili si utilizzano anche dati di altre reti di monitoraggio es. Rete Agrometeorologica – Rete Aeronautica Militare ecc.

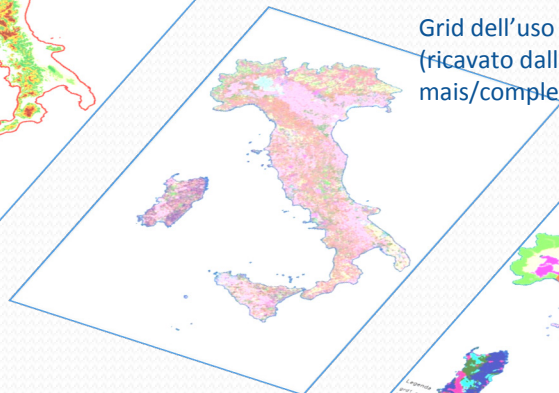


Dati utilizzati

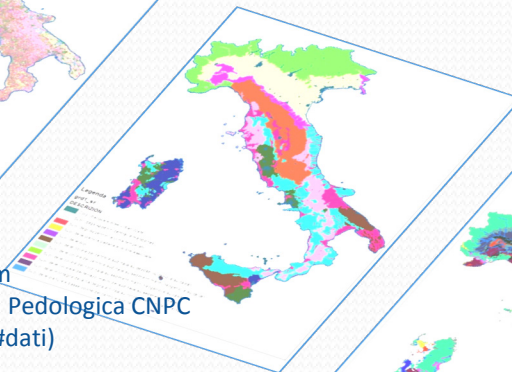
DATI CARTOGRAFICI RASTER - VETTORIALI



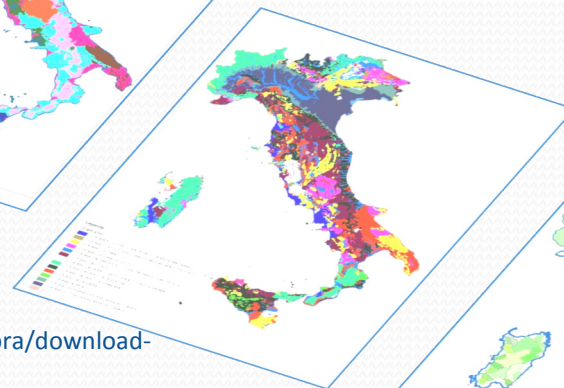
DEM 1 km ricampionato dal DEM 20 m ISPRA (<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/dem20/view>)



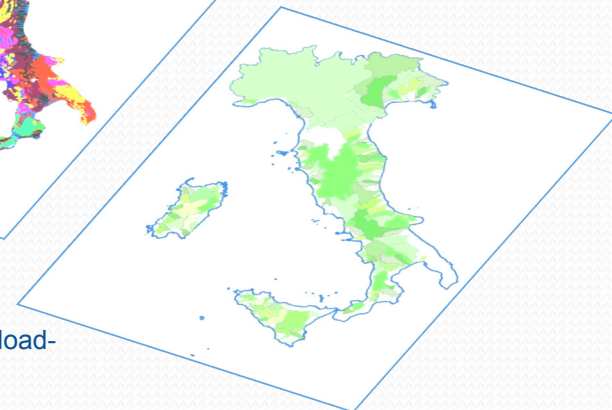
Grid dell'uso del suolo CoRINE risoluzione 1 km
(ricavato dallo shape file ISPRA <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/complessi-idrogeologici/view>)



Grid delle SOIL REGION con risoluzione 1 km
(ricavato dallo shape file del Centro Nazionale di Cartografia Pedologica CNPC
<http://soilmaps.entecra.it/en/downloads.html#dati>)



Grid dei Complessi Idrogeologici risoluzione 1 km
(ricavato dallo shape file ISPRA <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/complessi-idrogeologici/view>)

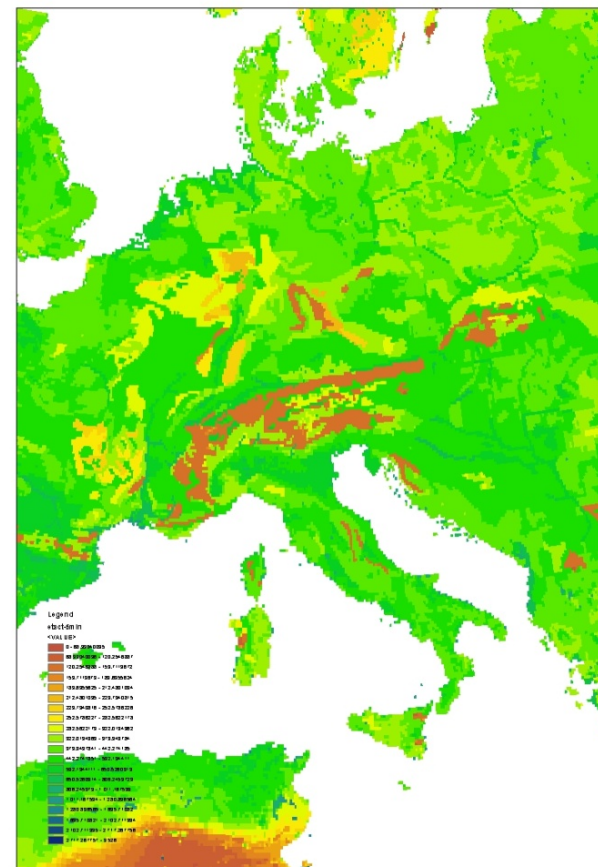
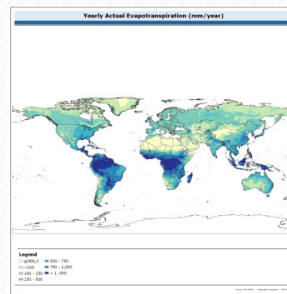
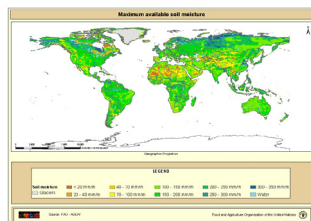
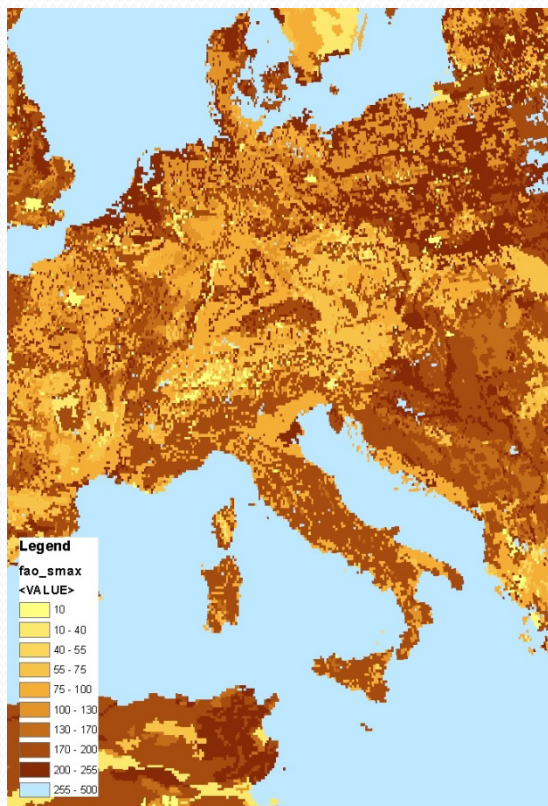


Bacini idrografici <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/bacini-idrografici-principali-1-250.000/view>

Dati utilizzati

DATI di confronto

FAO map of MAXIMUM AVAILABLE SOIL MOISTURE (mm/m) (resolution 5 x 5 arc minutes, about 10 km)



FAO map of YEARLY ACTUAL EVAPOTRASPIRATION (mm) (resolution 5 x 5 arc minutes, about 10 km)

Interpolazione spaziale dei dati puntuali di P, T, e R

Il bilancio è influenzato in maniera determinante dal valore dell'afflusso meteorico e dalla valutazione dell'evapotraspirazione.

Particolare cura va quindi dedicata alla procedura di interpolazione spaziale dei dati di pioggia mensile nel primo caso e di temperatura nel secondo caso

I dati puntuali sono interpolati mediante tecniche geostatistiche

La stima spaziale delle grandezze possono essere migliorate mediante variabili ausiliarie ad esse correlate come ad esempio la quota (DEM), la latitudine, ecc.

Diverse sono le tecniche geostatistiche che consentono di tener conto nell'interpolazione spaziale delle variabili correlate: es. kriging regressivo, universal kriging, kriging con external drift, co-kriging, ecc.

Evapotraspirazione Potenziale (PET) Mensile

TURC semplificata

$$(PET_{Turc\ semplificata})_{mese=j} = Ng_j \times 0.0133 \times \frac{(Tm_{med})_j}{(Tm_{med})_j + 15} \times [0.0239 \times (Rg_{med})_j + 50] [mm / mese]$$

Turc, L., 1961, Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: A simple climatic formula evolved up to date, Journal of Ann. Agron. 12, 13-14

THORNTHWAITE

$$(PET_{Thornthwaite})_{mese=j} = 16 \times b_j \times \left[10 \times \frac{(Tm_{med})_j}{I} \right]^a [mm / mese]$$

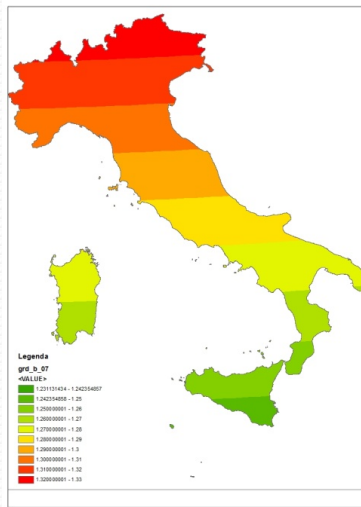
Thornthwaite, C. W., 1948, An approach towards a rational classification of climate. Geogr. Rev., 38, 55-89

HARGRAVES e SAMANI

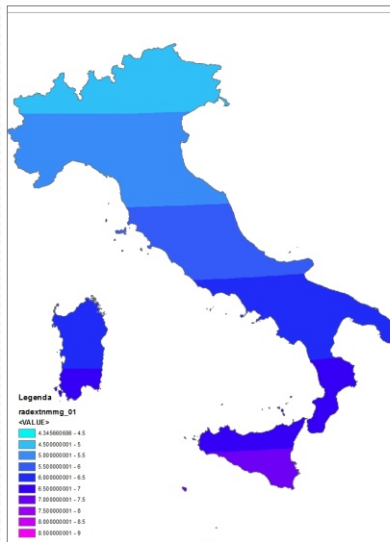
$$PET_{Hargraves\ \&\ Samani} = 30 \times 0.0023 \times (Tm_{med} + 17.8) \times (Tm_{max} - Tm_{min})^{0.5} \times Ra [mm / mese]$$

Hargreaves, G.H. e Samani, Z.A., 1982, Estimating potential evapotranspiration. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 108, 223-230

GRID per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale (PET) mensile



12 mappe (una per ciascun mese) del Coefficiente di Irraggiamento (-) rapporto tra le ore diurne e la metà (12) delle ore giornaliere (risoluzione 1 x 1 km) nella formula di Thornthwaite



12 mappe (una per ciascun mese) del Radiazione Extraterrestre (mm) mm/giorno equivalenti di acqua evaporata (risoluzione 1 x 1 km) nella formula di Hargraves e Samani (e Turc)

Northern Hemisphere												Southern Hemisphere											
Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.8	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2	17.3	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.2	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
5.3	7.6	10.6	13.7	16.4	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	17.9	15.7	12.5	9.2	6.4	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.4
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	17.9	15.9	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.1	18.2
7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	17.8	16.2	13.8	10.8	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.9	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.1	18.1
9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.5	17.2	17.9
9.8	11.5	13.7	15.3	16.2	16.7	16.9	15.9	14.3	12.3	10.3	9.3	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.5	15.7	17.2	17.8
10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.4	17.1	17.7
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.5	17.0	17.5
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	17.2	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	14.2	12.6	11.6	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.6	16.7	16.8
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.4	12.8	12.0	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.5	15.2	14.4	13.3	12.5	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.3	14.7	15.8	16.4	16.5
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.1	14.7	13.6	12.9	16.5	16.4	15.6	14.3	13.0	12.4	12.8	14.1	15.0	15.8	16.2	16.2
13.6	14.5	15.5	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.6	13.3	12.9	16.4	16.3	15.5	14.4	13.1	12.6	12.7	13.7	14.6	15.0	15.6	16.0
13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.3	15.3	14.9	14.2	13.7	16.3	16.0	15.6	14.6	13.4	12.8	13.1	14.0	14.5	14.9	15.2	15.8
14.3	15.0	15.4	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	16.2	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	14.5	14.9	15.1	15.4
14.7	15.3	15.6	15.3	14.8	14.2	14.3	14.9	15.3	15.0	14.8	14.4	16.1	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.6	14.5	14.9	15.1	15.1
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8	16.0	15.5	15.7	15.3	14.2	13.9	14.1	14.8	14.5	14.9	15.1	14.8

Doorenbos J, Pruitt WO (1977) Guidelines for predicting crop water requirements. FAO irrigation and drainage. Paper no. 24 (rev.). FAO, Rome

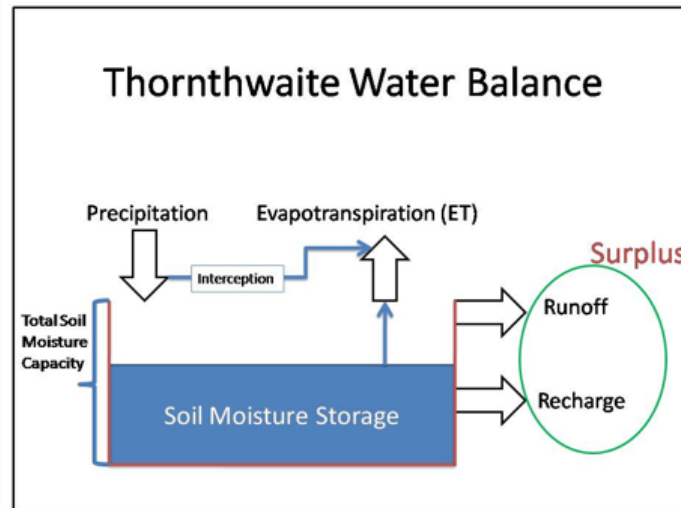
Evapotraspirazione reale (AET) mensile

Modelli di bilancio del suolo

Bucket Model

NIWA (National Institute of Water and Atmospheric Research, New Zeland)

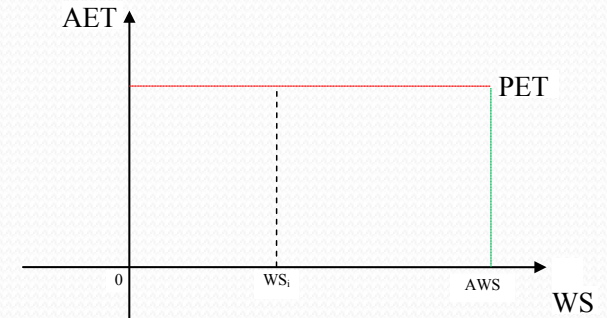
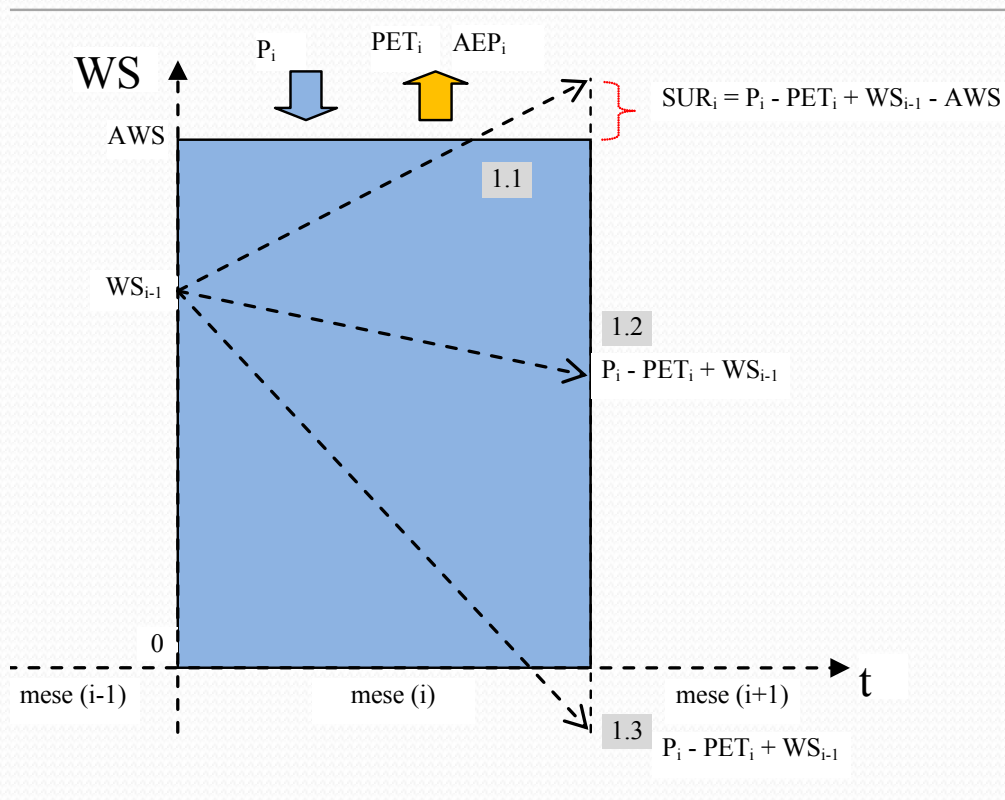
FAO (Food and Agriculture Organization UN) - THORNTHWAITE e MATHER



- Il Bucket Model è rappresentato da una colonna di suolo di profondità 1 m e una superficie di 1 m²
- E' riempito dalla Precipitazione e svuotato dall' Evapotraspirazione .
- Non c'è scambio con il suolo circostante
- Le caratteristiche del suolo sono costanti lungo la verticale

Simple Bucket Model (SBM)

Parametro AWS o AWC (Available Water Storage o Available Water Content o Capacity)

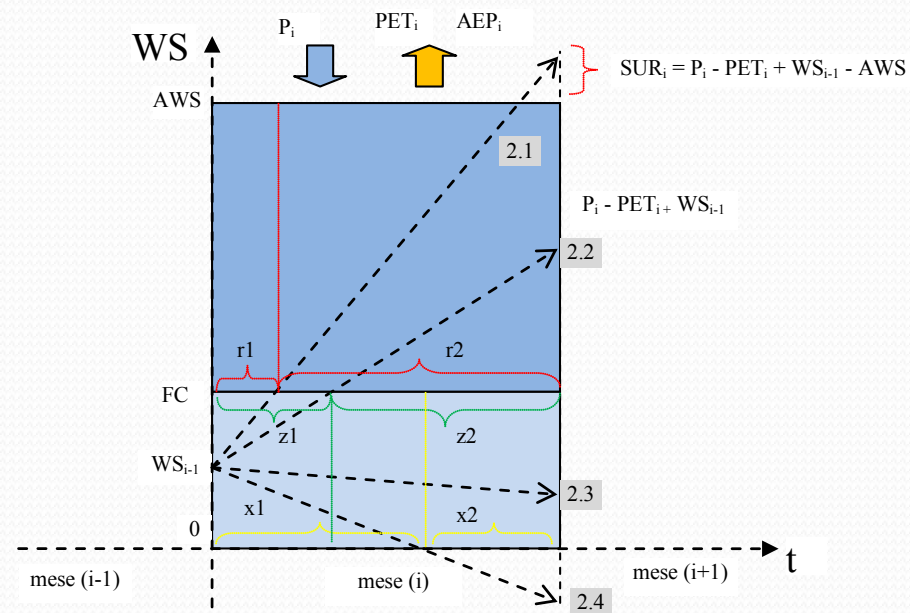
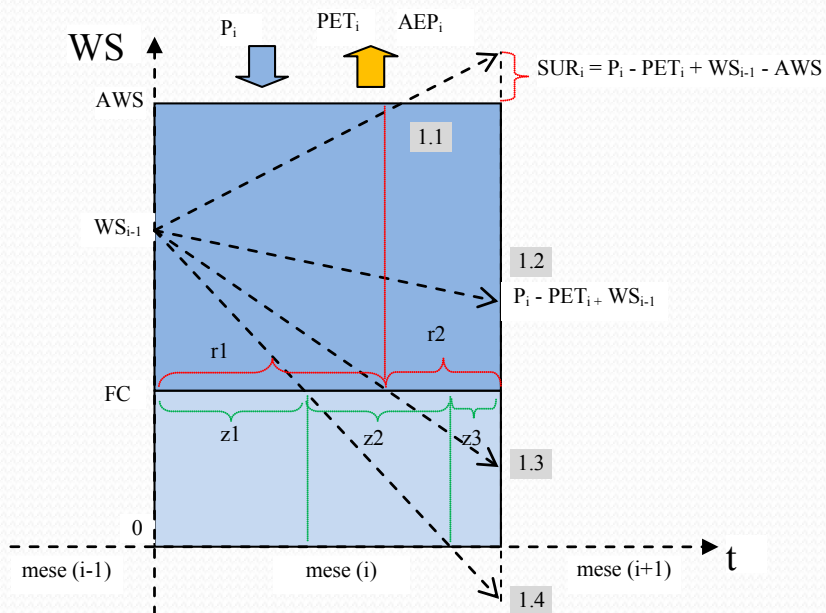
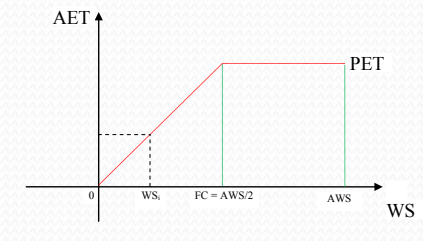


- IF** $(P_i - PET_i + WS_{i-1}) \geq AWS$ **THEN**
- $AET_i = PET_i$
 - $\Delta ST_i = (AWS - WS_{i-1})$
 - $WS_i = AWS$
 - $SUR_i = (P_i - PET_i + WS_{i-1} - AWS)$
- IF** $0 \leq (P_i - PET_i + WS_{i-1}) < AWS$ **THEN**
- $AET_i = PET_i$
 - $\Delta ST_i = (P_i - PET_i)$
 - $WS_i = P_i - PET_i + WS_{i-1}$
 - $SUR_i = 0$
- IF** $(P_i - PET_i + WS_{i-1}) < 0$ **THEN**
- $AET_i = P_i + WS_{i-1}$
 - $\Delta ST_i = -WS_{i-1}$
 - $WS_i = 0$
 - $SUR_i = 0$

Modello NIWA

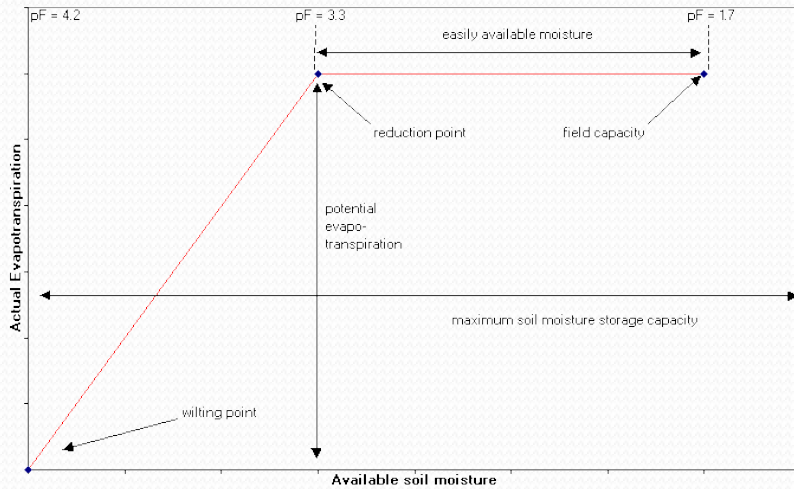
Parametro AWS o AWC (Available Water Storage o Available Water Capacity) Il parametro FC è posto pari al 50 % di AWS

Kandel D., Chiew F., Grayson R., 2005, A Tool For Mapping and Forecasting Soil Moisture Deficit over Australia, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. IV. Title. (Series:Report Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology; 05/2)



Modello FAO – Thornthwaite & Mather

<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/watresafrika/index4.stm>



Symbols used in the flowchart:

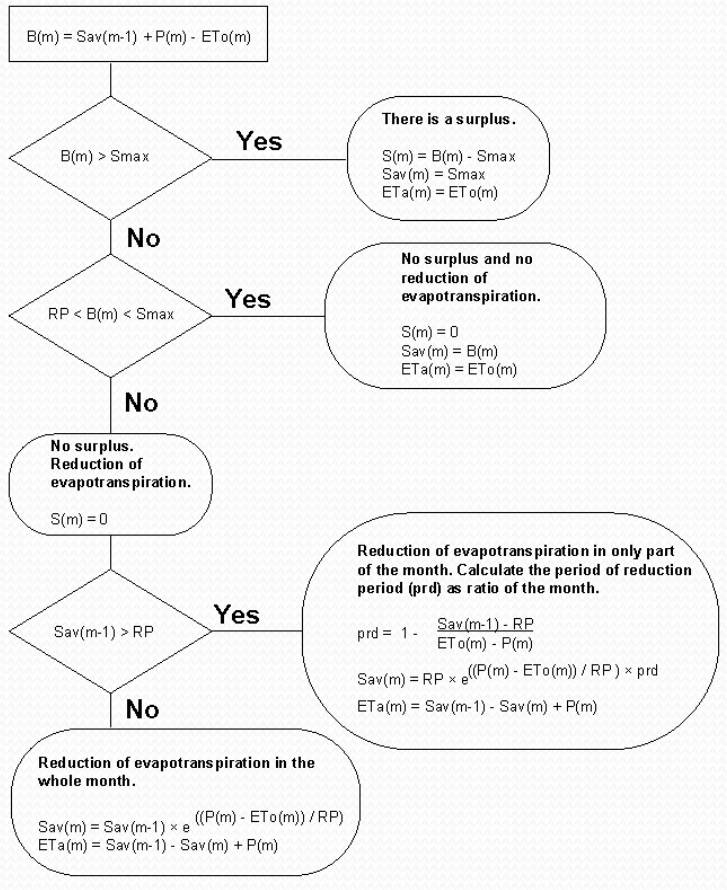
Variables

S(m)	Surplus of month m
P(m)	Precipitation of month m
ETo(m)	Reference evapotranspiration in mm
ETa(m)	Actual evapotranspiration in mm
Sav(m)	Available soil moisture on month m
B(m)	Soil moisture balance of month m

Parameters

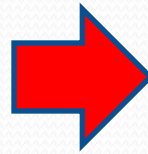
Smax	Maximum soil moisture storage capacity in mm
Seav	Easily available soil moisture in mm
RP	Reduction point in mm (=Smax-Seav)
Prd	Period of evapotranspiration reduction
Kc	Crop coefficient

FLOWCHART OF THE SOIL WATER BALANCE MODEL



Caratterizzazione idraulica dei suoli

Carta dei suoli



Carta AWC

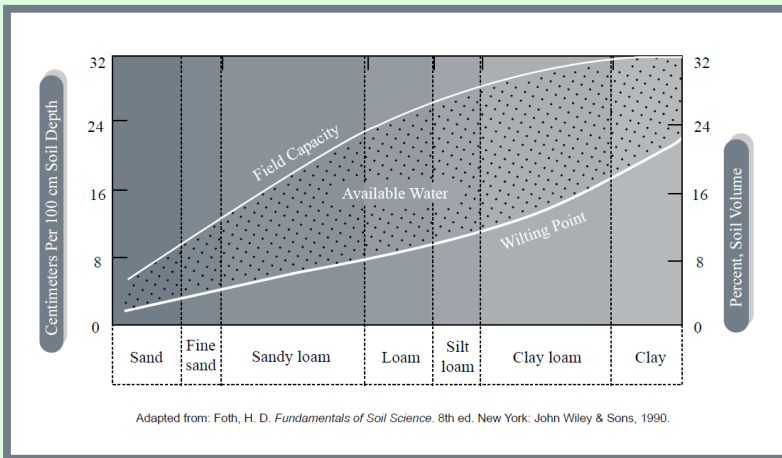


Table 1: Water Retention Properties for Agricultural Soils (ASCE 1990)

Texture Class	Field Capacity	Wilting Point	Available Capacity
Sand	0.12	0.04	0.08
Loamy Sand	0.14	0.06	0.08
Sandy Loam	0.23	0.10	0.13
Loam	0.26	0.12	0.15
Silt Loam	0.30	0.15	0.15
Silt	0.32	0.15	0.17
Silty Clay Loam	0.34	0.19	0.15
Silty Clay	0.36	0.21	0.15
Clay	0.36	0.21	0.15

ASCE, *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*, Jensen, M.E., R.D. Burman, and R.G. Allen (editors), ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70, 1990

Stima del RUNOFF e della RECHARGE

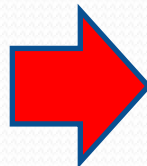
Celico P., 1988, Prospezioni idrogeologiche, Liguori, Napoli

complessi idrogeologici	c.i.p. % D _p	complessi idrogeologici	c.i.p. % D _p
calcari	90 ÷ 100	lave	90 ÷ 100
calcari dolomitici	70 ÷ 90	depositi piroclastici	50 ÷ 70
dolomie	50 ÷ 70	piroclastiti e lave	70 ÷ 90
calcari marnosi	30 ÷ 50	rocce intrusive	15 ÷ 35
detriti grossolani	80 ÷ 90	rocce metamorfiche	5 ÷ 20
depositi alluvionali	80 ÷ 100	sabbie	80 ÷ 90
depositi argilloso-marnoso-arenacei	5 ÷ 25	sabbie argillose	30 ÷ 50

Complessi
idrogeologici

Uso del suolo CLC

DEM



CIP Coefficiente di
infiltrazione potenziale



GROUNDWATER RECHARGE = CIP x SURPLUS

RUNOFF = (1- CIP) x SURPLUS

Stima del RUNOFF e della RECHARGE

Hydrologic Soil Group	Soil Type	Character
Group A	sand, loamy sand, sand loam	low runoff potential, high infiltration rates
Group B	silt loam, loam	moderate infiltration rates
Group C	sandy clay loam	low infiltration rates
Group D	clay loam, silty clay loam, sandy clay, silty clay, clay	high runoff potential, very low infiltration rates

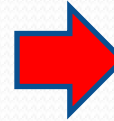
Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Uso del suolo CLC

Precipitazioni mensili



AMC



Carta dei suoli



Hydrological Soil Group (A,B,C,D)



Carta del Curve Number

RUNOFF = Metodo CN del SCS

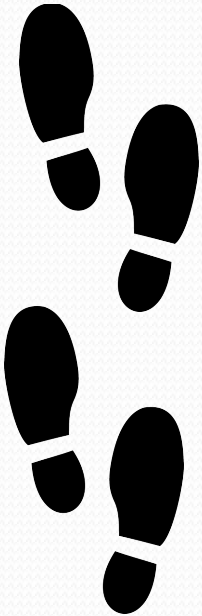
GROUNDWATER RECHARGE = SURPLUS- RUNOFF

Passi della procedura automatica GIS

Procedura implementata nell'ambiente ESRI arcGIS 10.1 nel linguaggio Python



Per lo sviluppo è utilizzato il software freeware e open source PyScripter 2.5



1. Interpolazione spaziale sul dominio nazionale delle serie mensili dei dati puntuali (P, Tmax, Tmin, Tmed, R, ecc.) sul grid di 1 km
2. Calcolo serie mensile PET con diversi modelli
3. Calcolo serie mensile AET per diversi schemi di suolo e per diversi modelli di PET
4. Calcolo serie mensile variabili di bilancio (IF, RO, GW, ecc.) per i diversi schemi di AET
5. Calcolo serie aggregati temporali delle variabili di bilancio (stagionali, annuali, LTAA, ecc.)
6. Calcolo statistiche per i territori di riferimento (zonal statistics)
7. Tabella bilancio per il territorio di riferimento e per l'aggregato temporale assegnato

Sviluppi della procedura

1. Valutazione della componente nevosa nel bilancio
2. Bilancio acque sotterranee
3. Analisi e previsioni di condizioni di siccità
4. Bilancio idrico - Introduzione delle pressioni (prelievi, fabbisogni, usi dell'acqua)
5. Valutazione del Water Exploitation Index Plus (WEI+)



Grazie per l'attenzione!