



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS

Dipartimento Meteorologico

Servizio Meteorologico, agrometeorologico ed ecosistemi

## RELAZIONE TECNICA

**Confronto tra le stime radar dei cumulati di pioggia e le misure delle stazioni meteorologiche della rete fiduciaria per il periodo 01/11/2017- 31/10/2018. Analisi di sensibilità rispetto ad alcuni set di parametri Z/R presi dalla letteratura scientifica**

**Dicembre 2019**

## INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	METODOLOGIA	3
3.	RISULTATI	6
4.	CONCLUSIONI	10
5.	BIBLIOGRAFIA	11

### **A cura di**

Francesco Tony Nasir

ARPAS - Dipartimento Meteorologico

## 1. INTRODUZIONE

È stato predisposto un confronto tra le stime radar (ARPAS, Monte Rasu [4]) dei cumulati di pioggia e le misure delle stazioni meteorologiche della rete fiduciaria CAE [6]. L'obiettivo era quello di valutare l'accuratezza delle stime radar e soprattutto di analizzare la bontà di alcuni set di parametri della nota relazione Z/R (Eq.1). I parametri considerati sono stati presi dalla letteratura scientifica da alcuni studi condotti in zone geografiche prossime e climaticamente simili alla Sardegna ([1],[2],[3]). Gli eventi piovosi ricadono nel periodo 01/11/2017-31/10/2018. I confronti sono stati eseguiti per diversi punti geografici della Sardegna corrispondenti alle ubicazioni di alcune stazioni meteorologiche della rete fiduciaria. Lo studio è stato condotto sia per tutto l'insieme di dati sia per i sottoinsiemi stagionali. Al fine di eseguire questo confronto, sono stati creati dei codici in python3, bash ed SQL che prendono le misure di piovosità dal database delle stazioni meteorologiche, presente nel dipartimento meteorologico (DMC) dell'ARPAS, e le confrontano con le stime di piovosità radar elaborate tramite il software Rainbow@5 [5]. Le stime radar sono state prodotte sia applicando un filtro di pre-processing (DPATC) insito nel software Rainbow@5, che riduce l'effetto d'assorbimento del segnale lungo il suo percorso a causa delle precipitazioni stesse, sia senza l'utilizzo del filtro. Inoltre, le stime sono state ottenute utilizzando un prodotto (DPSRI) che si avvale anche delle misure di riflettività a doppia polarizzazione ZDR.

Quindi, come riportato sopra, l'obiettivo di questo studio è, in primo luogo, quello di confrontare le stime radar con le misure di piovosità delle stazioni meteorologiche per valutarne l'accuratezza. In secondo luogo, si è voluto fare un'analisi di sensibilità di alcuni set di parametri della relazione Z/R, presi dalla letteratura scientifica, in modo da comprendere quale di essi restituisca il risultato migliore per il radar dell'ARPAS collocato a Monte Rasu. Questo studio è un primo passo per migliorare le stime radar della precipitazione e non si sostituisce ad una vera e propria calibrazione; dove per calibrazione s'intende il calcolo, tramite metodi statistici, dei parametri della relazione Z/R a partire dalle misure simultanee, co-locate ed indipendenti della riflettività radar (Z) e della piovosità (R) misurata dai pluviometri. La calibrazione potrebbe essere eseguita in uno studio successivo a questo.

Al fine di illustrare più agevolmente i risultati, sono stati prodotti degli scatter-plots, time-plots e delle tabelle.

## 2. METODOLOGIA

È noto che l'equazione tramite la quale, a partire dalla riflettività radar  $Z$  (misurata in  $\text{mm}^6/\text{m}^3$ ), si può stimare il tasso di piovosità  $R$  (misurato in  $\text{mm}/\text{h}$ ) è quella  $Z/R$ :

$$Z = a \cdot R^b; \quad (1)$$

dove  $a$  e  $b$  sono due parametri che usualmente vengono ricavati, a partire dalle misure di  $Z$  e di  $R$  indipendenti, con dei metodi statistici (es. regressione lineare). In questo studio ci si è limitati ad utilizzare dei set di parametri standard o presi dalla letteratura scientifica ricavati per alcune zone geografiche prossime e climaticamente simili alla Sardegna.

Studio	a	b
Standard Marshall-Palmer [5]	200	1.6
Standard Tropical [5]	250	1.2
Standard US [5]	300	1.4
Libertino et Allamano (strat.) [3]	50	2.4
Libertino et Allamano (conv.) [3]	32	2.6
Kamil [2]	116	1.87
Alfieri et Claps [1]	300	1.5

Tav.1: Set di parametri a e b utilizzati attinenti alla relazione Z/R.

Dopodiché, questi parametri sono stati inseriti nel software Rainbow®5 in modo da stimare la piovosità a partire dalla riflettività misurata col radar. Successivamente, tramite dei codici scritti in python3, bash ed SQL, si è confrontato le stime di piovosità radar con le misure di piovosità delle stazioni meteorologiche elaborando i cumulati in 12 ore.

I punti geografici presi in considerazione corrispondono alle seguenti stazioni: Alghero, Bauladu, Baunei, Bosa marina, Cagliari, Flumini uri a San Vito, Guspini Santa Maria Neapolis, Iglesias, La Maddalena, Loiri (Monte Pedrosu), Mandas, Nuraminis, Oristano, Orosei, Oschiri, Ozieri, Porto Torres Andriolu, Pula, Sanluri, San Vito, Sassari, Sedilo, Sinnai, Tertenia. La seguente immagine (Fig.1) esplicita meglio l'ubicazione delle stazioni.

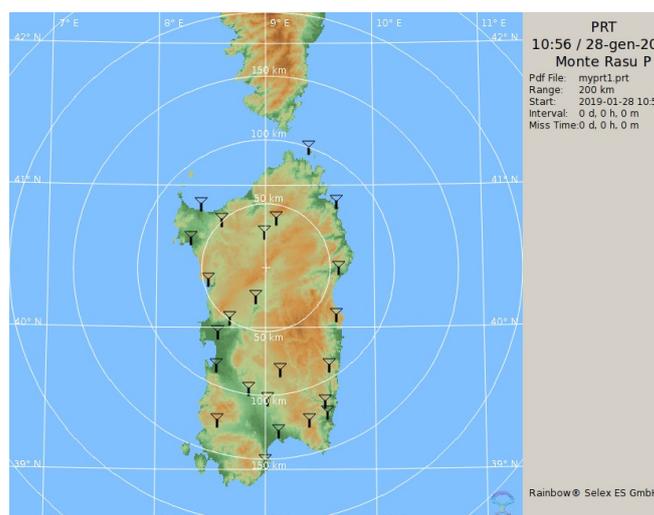


Fig.1: Ubicazione delle stazioni meteorologiche utilizzate per il confronto.

Gli eventi meteorologici utilizzati (corrispondenti approssimativamente all'arco temporale di un anno) sono i seguenti:

Evento	Periodo	Presenza fulminazioni
1	20171105 00:00 – 20171105 23:59	si
2	20171215 00:00 – 20171215 23:59	no
3	20171226 12:00 – 20171227 18:00	no
4	20180320 00:00 – 20180322 15:00	no
5	20180324 15:00 – 20180325 23:59	no
6	20180408 15:00 – 20180409 12:00	no
7	20180501 09:00 – 20180507 23:59	si
8	20180514 12:00 – 20180515 23:59	no
9	20180607 06:00 – 20180607 20:00	no
10	20180624 00:00 – 20180625 18:00	si
11	20180819 00:00 - 20180824 23:59	si
12	20180919 00:00 – 20180921 23:59	si
13	20181004 09:00 – 20181005 23:59	no
14	20181010 12:00 – 20181012 23:59	si
15	20181015 18:00 – 20181019 23:59	si
16	20181029 14:00 – 20181030 14:00	si
17	20181031 16:00 – 20181031 23:59	si

Tav.2: Eventi meteorologici utilizzati.

### 3. RISULTATI

Iniziamo ad analizzare i risultati dei confronti per questi 7 set di parametri utilizzando tutto il set di dati che, come detto precedentemente, abbraccia approssimativamente un anno. Il confronto è stato eseguito prendendo in considerazione i cumulati in 12 ore. Inoltre, il “mean bias error” è stato ottenuto prendendo tutti quegli istanti in cui i cumulati in 12 ore erano maggiori a 5 mm e facendo la media della differenza, in valore assoluto, tra le stime radar e le misure delle stazioni meteorologiche.

<b>Studio</b>	<b>Mean Bias (senza filtro)</b>	<b>Mean Bias (con filtro)</b>
Standard Marshall-Palmer	8.9	8.0
Standard Tropical parameters	9.0	8.4
Standard US parameters	9.7	8.8
Libertino et Allamano (strat)	7.1	6.7
Libertino et Allamano (conv)	6.9	6.7
Kamil	8.0	7.3
Alfieri et Claps	9.8	8.8

Tav.3: Mean Bias ottenuto con i diversi set di parametri con e senza filtro di pre-processing.

Con questa tabella si capisce che l'applicazione del filtro migliora le stime radar dei cumulati per cui, in seguito, per l'analisi stagionale, si farà riferimento solo ai dati trattati col filtro. Nel caso di Libertino et Allamano si ha una relazione diversa per gli eventi convettivi (tipicamente estivi) e per quelli stratiformi (tipicamente invernali). Nella seguente tabella di farà un distinzione stagionali

<b>Studio</b>	<b>11/2017-01/2018 (4)</b>	<b>02/2018-04/2018 (7)</b>	<b>05/2018-07/2018 (10)</b>	<b>08/2018-10/2018 (20)</b>
Standard Marshall-Palmer	4.9	7.3	8.1	8.3
Standard Tropical parameters	5.2	7.7	8.0	9.2
Standard US parameters	5.3	8.1	9.3	8.7
Libertino et Allamano (strat)	4.1	5.6	5.7	7.8
Libertino et Allamano (conv)	4.2	5.6	5.5	7.9
Kamil	4.4	6.4	6.7	8.0
Alfieri et Claps	5.4	8.2	9.5	8.6

Tav.4: Mean Bias stagionale ottenuto con i diversi set di parametri e utilizzando preprocessing, tra parentesi viene indicato il numero di eventi che rientra nell'intervallo temporale preso in considerazione.

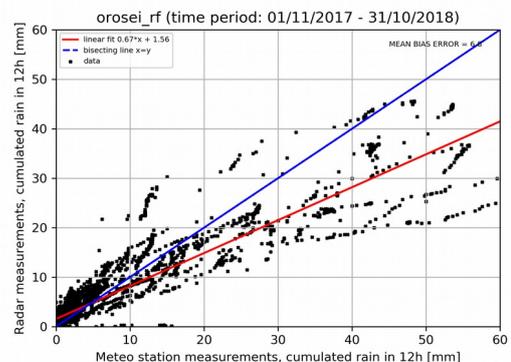
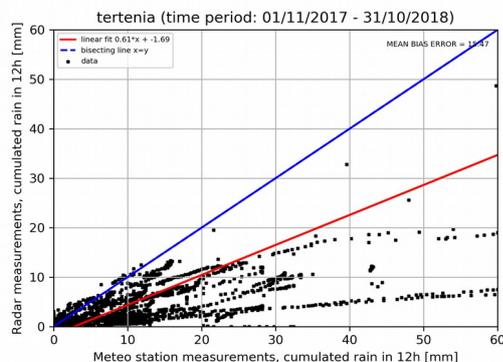
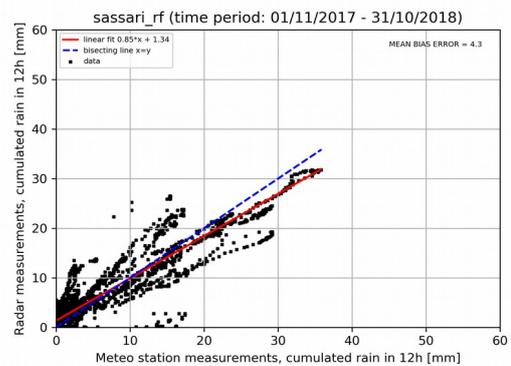
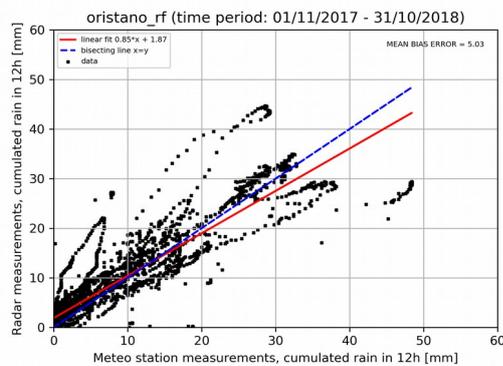
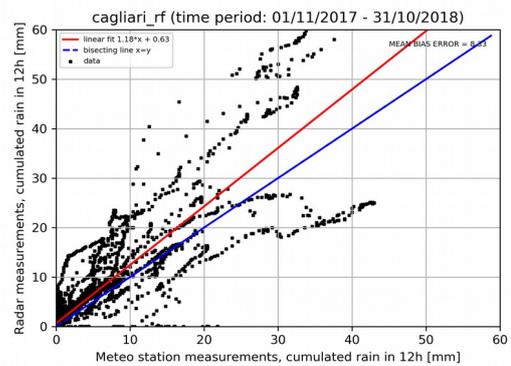
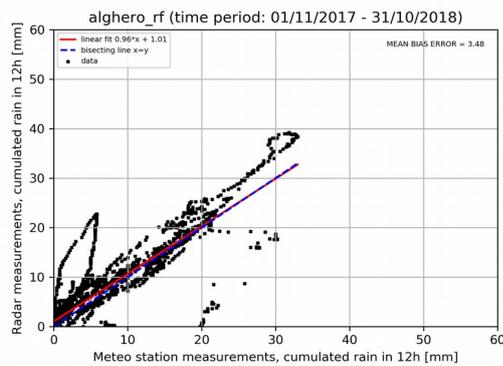
Prendiamo il set di parametri che mediamente ha restituito i risultati migliori, ovvero Libertino et Allamano (strat) e diversifichiamo i risultati su base geografica, ovvero indichiamo il “mean bias” per ogni singola stazione ottenuto per tutto il set di dati.

Stazione	Mean Bias L&A (strat)
alghero_rf (50-100Km)	3.5
bauladu_rf (50-100Km)	4.6
baunei_rf (50-100Km)*	9.9
bosa_marina_rf (0-50km)	6.5
cagliari_rf (100-150km)	8.3
flumini_uri_a_san_vito (100-150km)*	10.7
guspini_santa_maria_neapolis (50-100km)	5.0
iglesias_rf (100-150km)	7.5
la_maddalena_guardiaveccchia (50-100km)	3.7
loiri_c.ra_monte_pedrosu (50-100km)	7.2
mandas_rf (50-100km)	4.4
nuraminis_rf (100-150km)	4.7
oristano_rf (50-100km)	5.0
orosei_rf (50-100km)	6.8
oschiri_rf (0-50km)	4.6
ozieri_c.ra_fraigas (0-50km)	5.4
porto_torres_andriolu (50-100km)	4.9
pula_rf (150-200km)	8.1
sanluri_strovina (100-150km)	6.8
san_vito_san_priamo (100-150km)*	9.8
sassari_rf (50-100Km)	4.3
sedilo_rf (0-50km)	5.3
sinnai_campuomu (100-150km)*	8.1
tertenia (50-100km)*	15.5

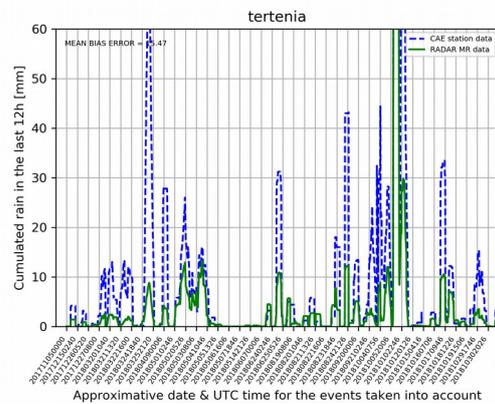
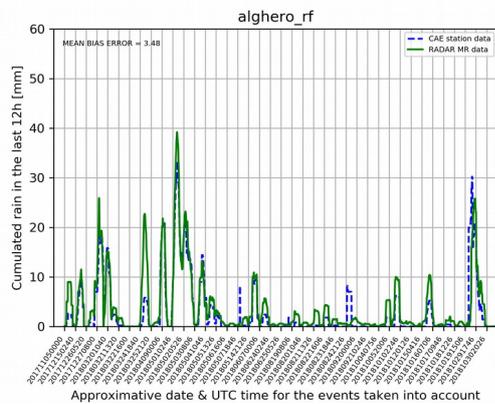
Tav.5: Mean Bias, per ogni singola stazione, per tutto il set di dati ed utilizzando il filtro di pre-processing. Le distanze dal radar sono evidenziate tramite codice colore; l'asterisco indica quelle stazioni oscurate verosimilmente dal Massiccio del Gennargentu.

Le stazioni evidenziate in verde sono quelle che distano tra i 0-50 km, quelle arancioni tra i 50-100 km, quelle in rosso tra i 100-150km, quelle in viola tra i 150-200km. Le stazioni seguite da un asterisco sono quelle collocate soprattutto sulla costa sud-orientale della Sardegna. In questo caso, si è confermato, che il segnale radar viene significativamente ostruito dal Massiccio del Gennargentu e quindi le stime di piovosità per questi punti sono fortemente degradate.

A titolo d'esempio, di seguito vengono riportati degli scatter-plots attinenti ad alcuni punti geografici. Le stime radar dei cumulati di precipitazione sono stati ottenuti tramite i parametri Libertino & Allamano (strat).



Si può notare che le stime radar per Alghero sono relativamente accurate mentre quelle per Tertenia presentano un mean bias molto elevato. L'ostruzione del segnale radar dovuta al massiccio del Gennargentu fa sì che tali stime radar per Tertenia (pur essendo ad una distanza dal radar paragonabile a quella di Alghero) siano meno correlate alle misure delle stazioni meteorologiche, questo lo si può capire ancora meglio dai time-plots (in cui sono stati inseriti gli eventi senza tener conto degli intervalli di tempo che intercorrono tra un evento e l'altro) che seguono:



#### 4. CONCLUSIONI

In primo luogo, i risultati mostrano che il filtro di preprocessing, utilizzato in questo studio, migliora l'accuratezza delle stime radar, ci sono anche altri filtri insiti nel software Rainbow@5 che in seguito andrebbero sperimentati. In secondo luogo, si è visto che i diversi set di parametri, attinenti alla relazione Z/R, producono delle stime radar di cumuli di precipitazione caratterizzati da diversi livelli di accuratezza. Nell'analisi annuale, si è notato che il set di parametri più accurato, per il radar dell'ARPAS di Monte Rasu, non sembrerebbe essere quello Marshall-Palmer ma quello proposto da Libertino et Allamano. In origine questo set di parametri è stato ottenuto per il Piemonte, e presenta dei parametri diversi a seconda che si tratti di eventi stratiformi o convettivi. Nell'attuale studio di sensibilità, si è notato che entrambi i set di parametri proposti da L&A forniscono dei buoni risultati. In particolare, la relazione convettiva è la migliore durante i mesi estivi mentre quella stratiforme è la migliore durante le altre stagioni. Lo studio delle singole stazioni, quindi la diversificazione geografica dei risultati, ha confermato che più ci si allontana dal radar, soprattutto se si superano i 100 km, e più il mean bias complessivo tende ad aumentare rapidamente. Ciò è dovuto probabilmente al fatto che con la distanza, una porzione maggiore del segnale viene assorbita. Inoltre, a causa della curvatura terrestre, il segnale, allontanandosi dalla sorgente, sonda porzioni d'atmosfera ad altezze sempre maggiori, dunque viene stimata meno accuratamente la piovosità in corrispondenza di quel punto. Infine si è notato che per alcune zone della Sardegna sud-orientale (es. Tertenia), l'accuratezza delle stime radar subisce una forte diminuzione in quanto, verosimilmente, il Massiccio del Gennargentu ostruisce significativamente il segnale. In futuro il lavoro proposto in questa relazione tecnica potrebbe essere esteso ad una serie storica più ampia, in modo che il confronto abbia una valenza statistica maggiore. Inoltre si potrebbe eseguire la calibrazione della relazione Z/R per il radar di Monte Rasu.

## 5. BIBLIOGRAFIA

[1] Alfieri, L., Claps., P., et al.: "Time-dependent Z-R relationships for estimating rainfall fields from radar measurements", Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 149-158, 2010.

[2] Kamil, S. A., Medhat., H. S.: "Determination of Radar Z-R Relationship For Libya – Tripoli City", WCE, 1, 2009.

[3] Libertino, A., Allamano., P., et al.: "Radar Estimation of Intense Rainfall Rates through Adaptive Calibration of the Z-R Relation", Atmosphere, 6, 1559-1577, 2015.

[4] SardegnaArpa, Radar: <http://www.sar.sardegna.it/documentazione/strumenti/radar.asp>, 05/02/2019.

[5] Selex ES: "Manuale di formazione Rainbow® 5", Progetto 203ITC, Giugno 2017.

[6] Stazioni di monitoraggio: <http://www.sardegnaedoc.it/idrografico/temporeale>, 30/04/2019.