WATER RIGHT FOUNDATION · Acquifera · Water Harvesting Lab · Università degli Studi Firenze DAGRI · Università degli Studi Firenze DICEA · Università degli Studi Firenze DIDA

Con il patrocinio di:

Publiacqua · Centre for Microclimate Management · International Association of Hydrogeologists Italian Chapter · Burdon Groundwater Network for International Development of the International Association of Hydrogeologists · Associazione Italiana di Ingegneria Agraria · Associazione Italiana Ingegneri Ambiente e Territorio

I sistemi di ricarica della falda in condizioni controllate per l'approvvigionamento idrico nel bacino del Mediterraneo

Gestione sostenibile delle risorse idriche sotterranee per le zone aride

Aula Magna, Scuola di Agraria, Piazzale delle Cascine
Firenze – 14 Maggio 2019

Rudy Rossetto
Scuola Superiore Sant'Anna - Italy
r.rossetto@sssup.it

REWAT sustainable water management in the lower Cornia Valley · Life · Istituto di Scienze della Vita · Scuola Superiore Sant'Anna

GROUNDWATER
a hidden resource

Managed Aquifer Recharge/1

La **ricarica intenzionale di un acquifero** è un processo per cui il volume di acqua ordinariamente immagazzinato nel sottosuolo è incrementato ad un tasso superiore alla ricarica naturale.

Viene sfruttata la **naturale funzione di serbatoio e di trasmissione del sottosuolo.**

Il fatto che questa ricarica sia "intenzionale/controllata" (*managed*) ha l'obiettivo di assicurare una **adeguata protezione** della salute umana e dell'ambiente.

Il controllo la differenzia da sistemi in cui la ricarica è cosiddetta "**non-intenzionale**" (es.: ricarica derivante da irrigazione in eccesso).

Managed Aquifer Recharge/2

Tecnologia non nuova ampiamente sviluppata a partire dagli anni 50 del secolo scorso.

Diffusa in USA, Israele, Australia, Spagna (http://www.dina-mar.es/)

Mario Canavari
Manuale di Geologia Tecnica, 1928
Cap X – Ravvenamento e produzione…

Impianti di ricarica

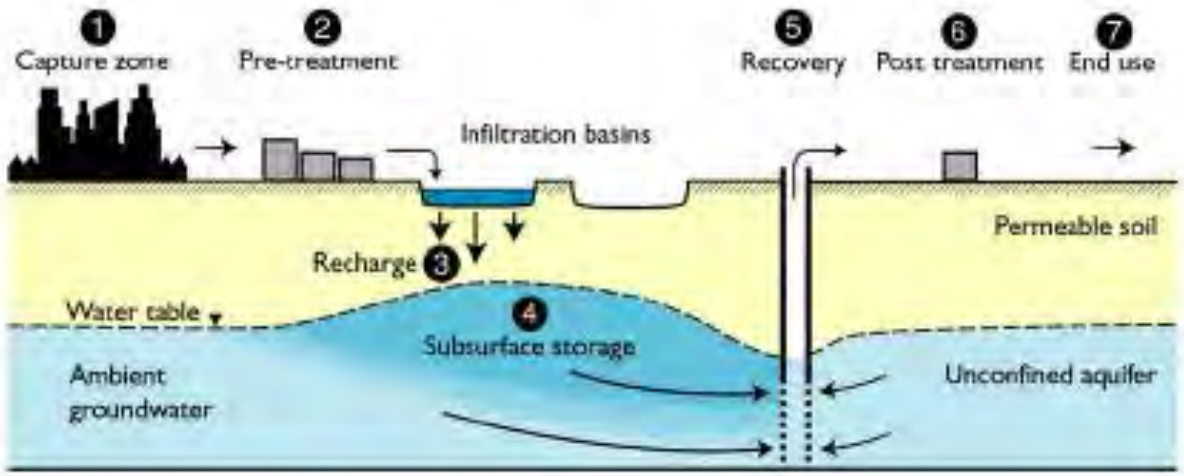
Interventi di geoingegneria ambientale in cui si ricaricano gli acquiferi con aliquote di acqua provenienti da corsi d'acqua, invasi – o acque non convenzionali.

Successivi potenziali utilizzi:

- Immagazzinamento di acqua per vari utilizzi in periodi di criticità;
- Contrastare l'abbassamento creato da emungimenti;
- Controllo di fenomeni di subsidenza;
- Contrasto a fenomeni di intrusione salina;
- Vivificazione di ecosistemi terrestri dipendenti dalle acque sotterranee …

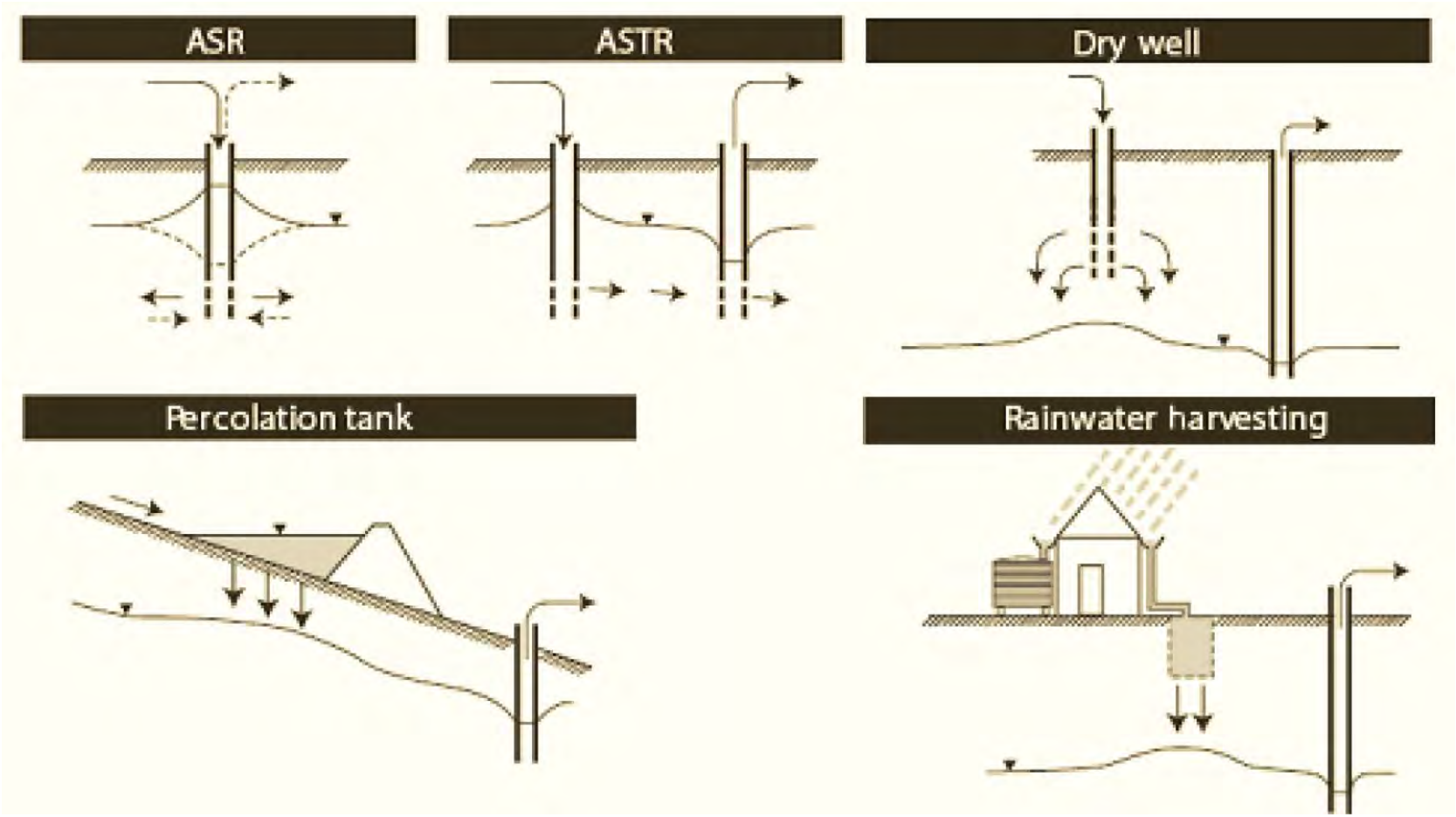
Componenti di un impianto MAR

1) Zona di cattura
2) (eventuale) pre-trattamento
3) Sistema di ricarica
4) Acquifero
5) Sistema di emungimento/recupero
6) Post-trattamento
7) Utilizzatori finali



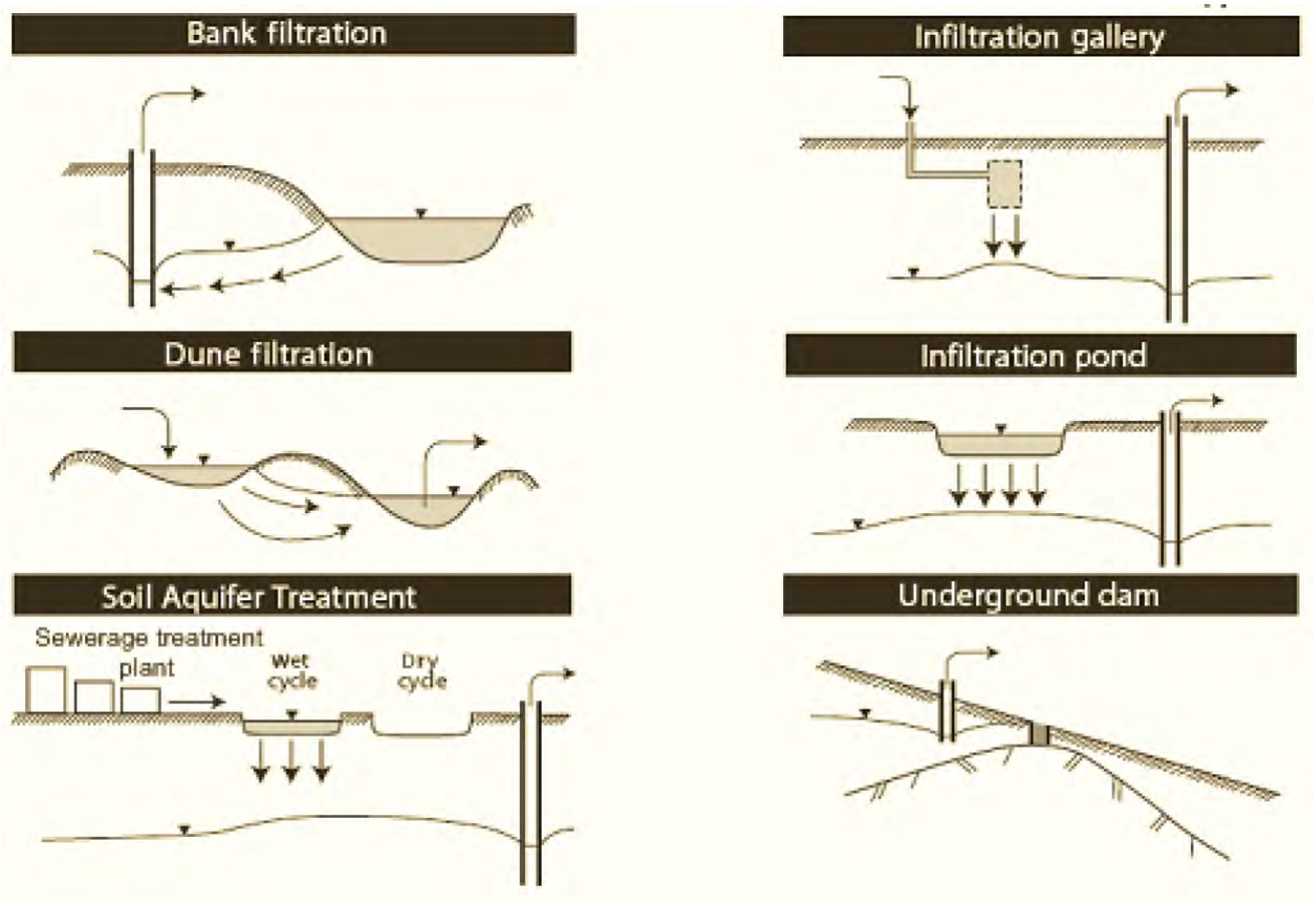
Da: AUSTRALIAN GUIDELINES FOR WATER RECYCLING: MANAGING HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS (PHASE 2)
Managed Aquifer Recharge
(Natural Resource Management Ministerial Council + Environment Protection and Heritage Council +National Health and Medical Research Council 2009)

Tipologie di impianti MAR/1



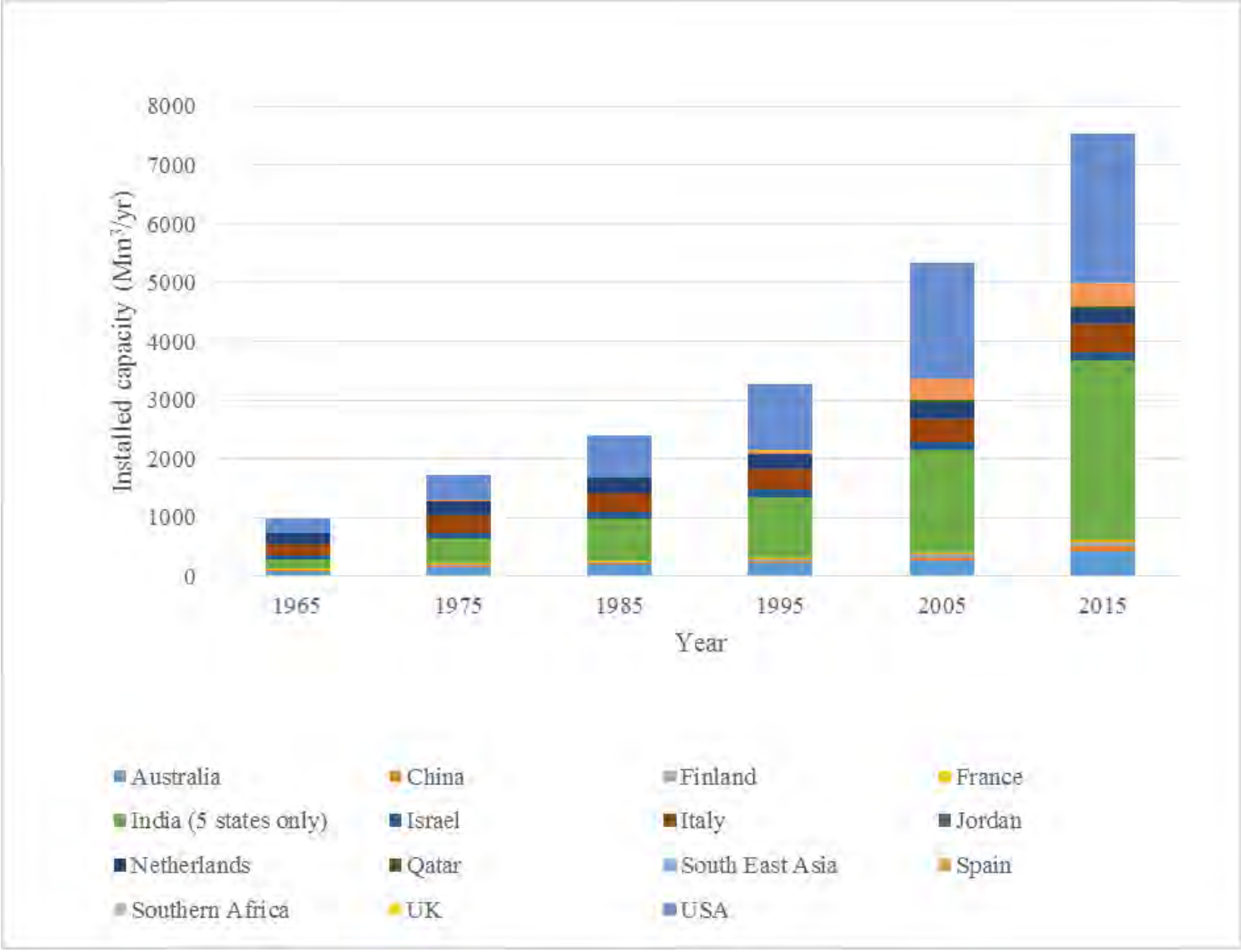
Da: AUSTRALIAN GUIDELINES FOR WATER RECYCLING: MANAGING HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS (PHASE 2)
Managed Aquifer Recharge
(Natural Resource Management Ministerial Council + Environment Protection and Heritage Council +National Health and Medical Research Council 2009)

Tipologie di impianti MAR/2



Da: AUSTRALIAN GUIDELINES FOR WATER RECYCLING: MANAGING HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS (PHASE 2)
Managed Aquifer Recharge
(Natural Resource Management Ministerial Council + Environment Protection and Heritage Council +National Health and Medical Research Council 2009)

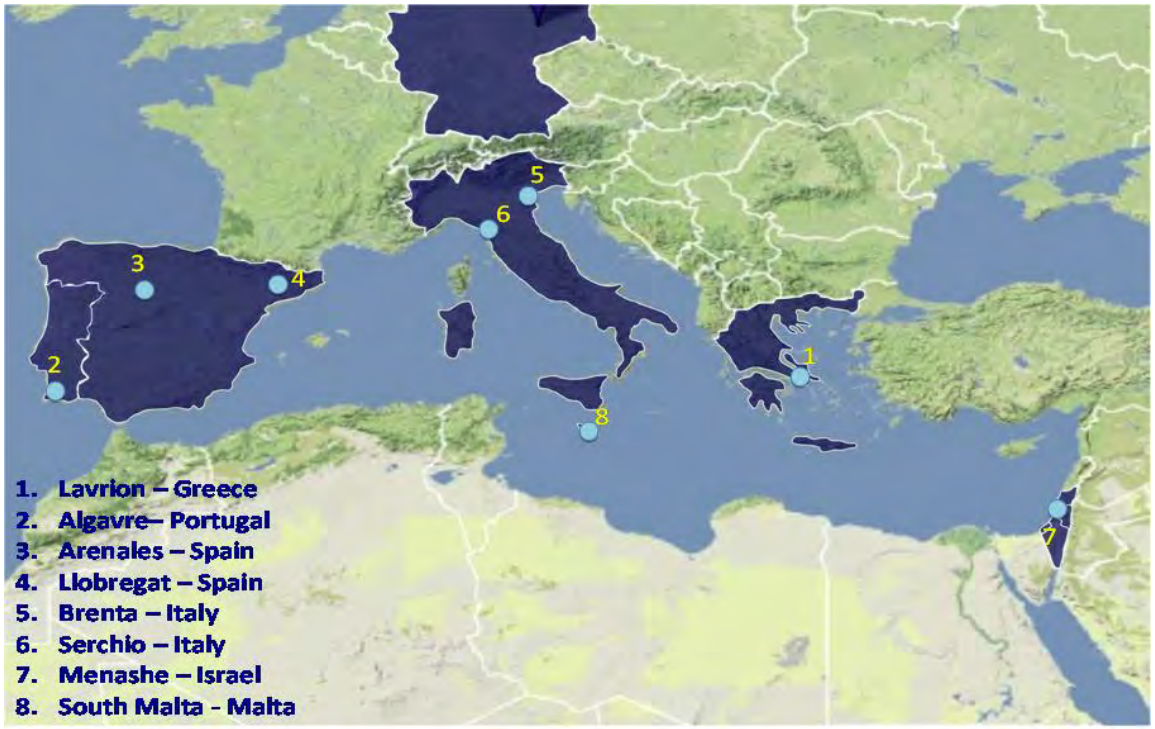
Incremento dei sistemi MAR (1960/2015)



Paesi in tabella: circa 40% del consumo globale di acque sotterranee
MAR in 2015 :Approx 2% di 400 km3 di acque sotterranee utilizzate nei paesi riportati
Da DILLON et al., 2018

EU FP7 MARSOL

Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought



MARSOL

Lavrion Technological & Cultural Park, Lavrion, GR

⇒Soil-Aquifer-Treatment (SAT)

Campina de Faro, Algarve, PT

⇒ River Water Infiltration basins and wells

Arenales, Segovia, and Valladolid, Castilla and Leon, ES

⇒ River Water Infiltration ponds, artificial wetlands, and wells

Llobregat River infiltration basins, Catalonia, ES

⇒ River Water Infiltration ponds

River Brenta Catchment, Vicenza, IT

⇒ Forested Infiltration area for aquifer storage and recovery (ASR)

Serchio River well field, Tuscany, IT

⇒ River bank Infiltration

Menashe infiltration Basin, Hadera, IL

⇒ Aquifer Storage and Recovery (ASR) of desalinated water

South Malta Coastal Aquifer, MT

⇒ Seawater intrusion barrier

Fig. 1.2: Construction of pilot infiltration basins at Sant Vicenç del Horts near Barcelona.

Rudy Rossetto – r.rossetto@sssup.it

MARSOL

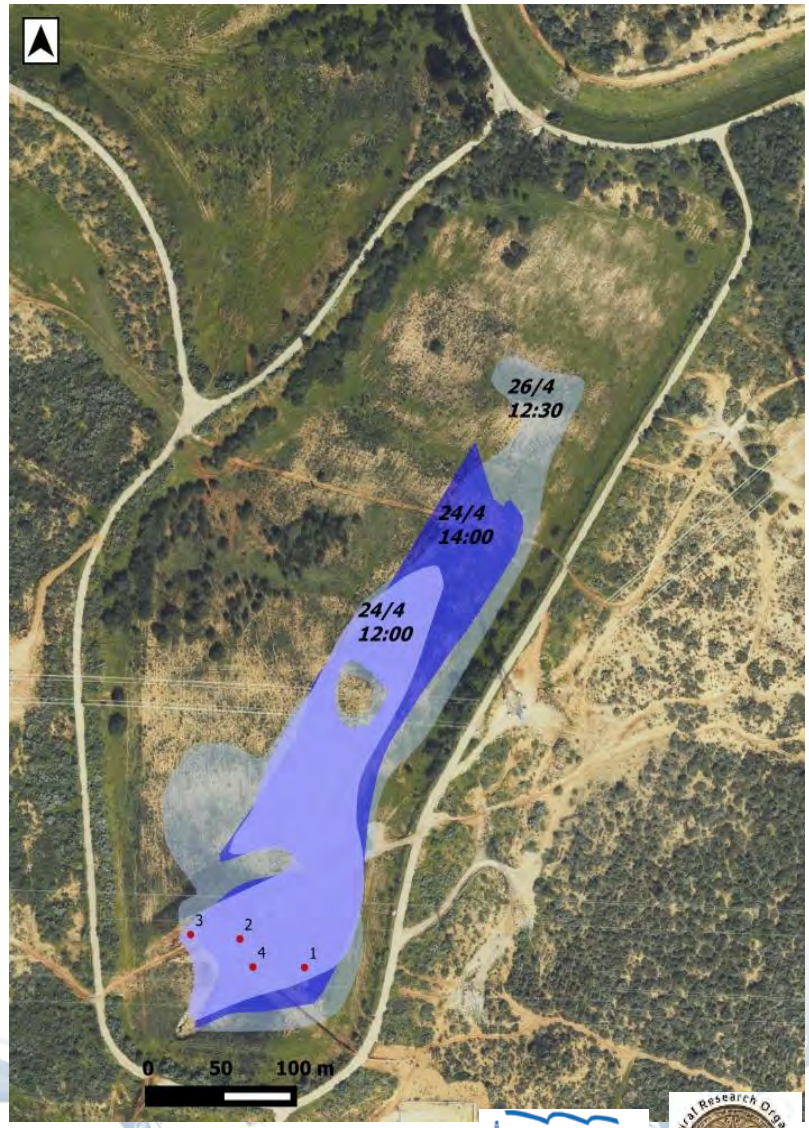
Utilizzo di acque desalinizzata– Israele (D.Kurtzman, Y.Guttman et al.)

La produzione di acqua desalinizzata è continua durante tutto l'anno (per contratto)

→ Periodi con produzione in eccesso rispetto alla domanda

Immagazzinamento stagionale negli acquiferi costieri per mezzo di bacini di infiltrazione e pozzi di ricarica

Evento di ricarica

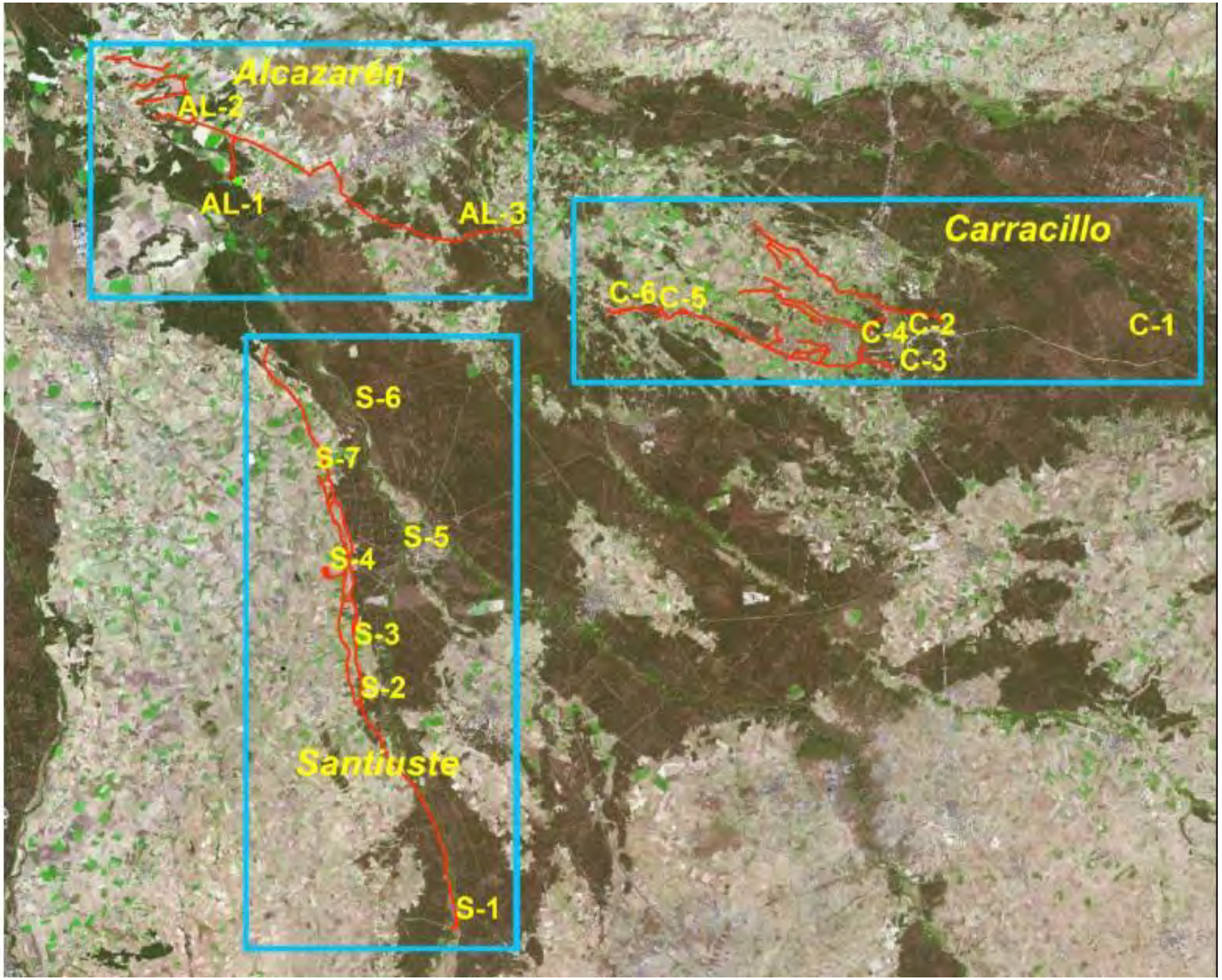


Sistema *Soil-Aquifer Treatment (SAT)* – Shafdan, Israele

Cicli intermittenti di allagamento e prosciugamento dei bacini, passaggio degli effluenti attraverso la zona insatura, e successivo pompaggio delle acque così trattate per mezzo di pozzi posizionati nell'intorno dei bacini di infiltrazione

Scopi irrigui senza limitazioni d'uso (irrigazione del deserto del Negev) ed ambientali

MAR in Los Arenales (Spagna)



Courtesy of TRAGSA, 2015

Santiuste

(a servizio di 850 Ha irrigui)

Derivazione dal Fiume Voltoya (max 8.5 hm^3/anno)

Courtesy of TRAGSA, 2015

Santiuste – Sistema misto

Testa del sistema di ricarica e bacino di infiltrazione

Courtesy of TRAGSA, 2015

IMPIANTI SPERIMENTALI RICARICA ARTIFICIALE IN ITALIA

Vicenza:
7 dry wells
4 FIA's
Infiltration Pond
Infiltration Trench
Infiltration Channel
Infiltration Field

Padova:
FIA
IRBF

Treviso:
Infiltration Pond

Pordenone:
SAT

Udine:
Dry well
Infiltration Pond

Milano:
2 Infiltration Ponds

1969

Ferrara:
Infiltration Pond

Rimini:
2 ASR's
2 Infiltration Ponds
IRBF

Ravenna:
Infiltration Pond

Prato:
IRBF

Pesaro Urbino:
ASR

Lucca:
IRBF

Livorno:
River scarification

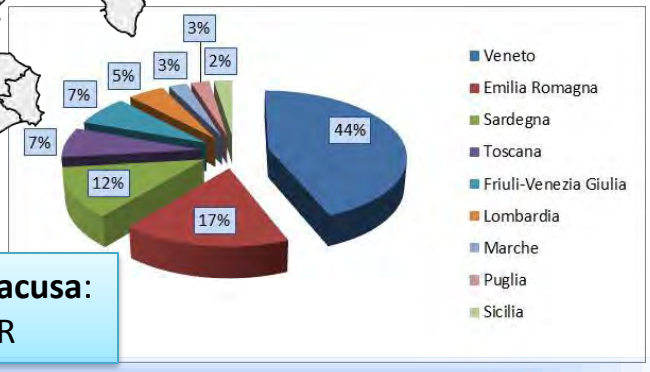
'60-'90

Bari:
ASTR

Carbonia – Iglesias:
ASR

Cagliari:
2 ASR's
Infiltration Trench
Infiltration Pond

Siracusa:
ASR



Credits: Silvia Di Bartolo – Alessio Barbagli

Dal 2010 al 2016/1

Progetti co-finanziati da EC in programma LIFE

- **TRUST** (*Tool for regional - scale assessment of groundwater storage improvement in adaptation to climate change*, LIFE07 ENV/IT/000475; Marsala 2014);

- **AQUOR** (*Implementation of a water saving and artificial recharging participated strategy for the quantitative groundwater layer rebalance of the upper Vicenza's plain* - LIFE 2010 ENV/IT/380; Mezzalira et al. 2014);

- **WARBO** (*Water re-born - artificial recharge: innovative technologies for the sustainable management of water resources*, LIFE10 ENV/IT/000394; 2014).

Dal 2010 al 2016/2

Da un'agricoltura che impatta la risorsa acqua ad una agricoltura che ne permette la conservazione e ne migliora la qualità

Forrested Infiltration Areas

DM 100/2016

Regolamento recante criteri per il rilascio dell'autorizzazione al ravvenamento o all'accrescimento artificiale dei corpi idrici sotterranei al fine del raggiungimento dell'obiettivo di qualità, ai sensi dell'art. 104, comma 4-bis, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e successive modificazioni

13-6-2016 GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA *Serie generale* - n. **136**

LEGGI ED ALTRI ATTI NORMATIVI

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

DECRETO 2 maggio 2016, n. **100**.

Regolamento recante criteri per il rilascio dell'autorizzazione al ravvenamento o all'accrescimento artificiale dei corpi idrici sotterranei al fine del raggiungimento dell'obiettivo di qualità, ai sensi dell'articolo 104, comma 4-*bis*, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

IL MINISTRO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO
E DEL MARE

Acquisita l'intesa della Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano repertorio n. 232/CSR nella seduta del 17 dicembre 2015;

Udito il parere del Consiglio di Stato n. 388/2016 espresso dalla Sezione consultiva per gli atti normativi nell'adunanza del 28 gennaio 2016;

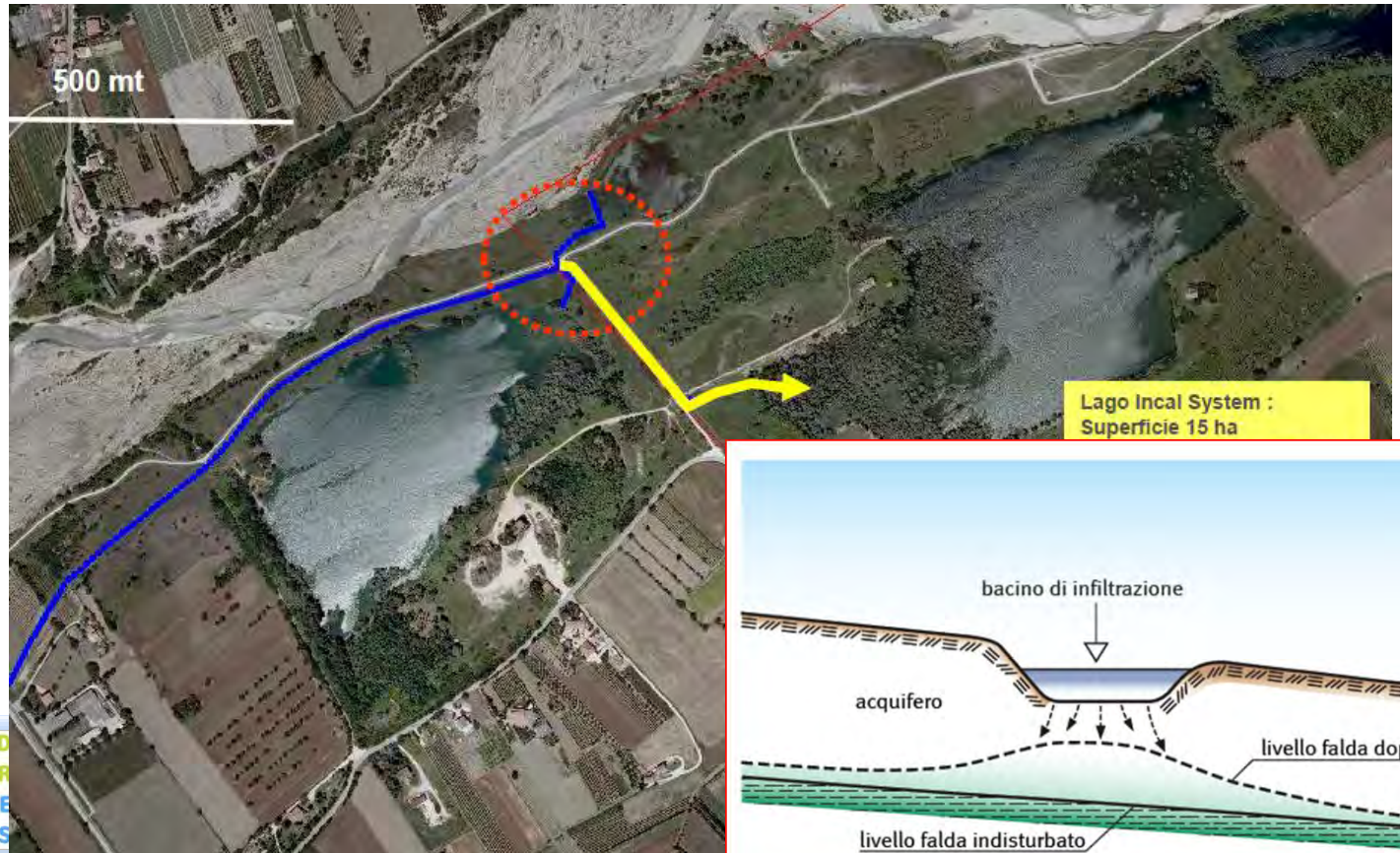
Vista la comunicazione al Presidente del Consiglio dei ministri, ai sensi dell'articolo 17, comma 3, della legge 23 agosto 1988, n. 400, effettuata con nota 7680 del 6 aprile 2016;

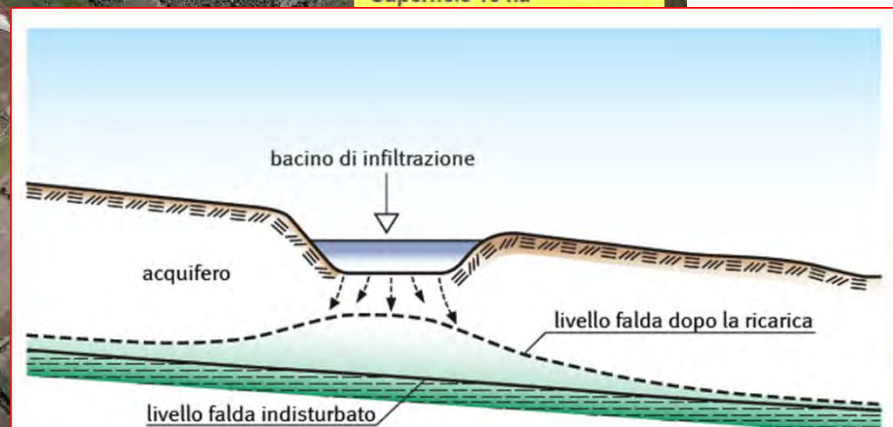
ADOTTA
il seguente regolamento:

Ricarica in condizione controllate delle conoide alluvionale del fiume Marecchia (Rimini)

Nel 2014, la Regione Emilia Romagna ha dato avvio ad un pilota.
In due anni di sperimentazione sono stati derivati circa 0.8 hm^3/anno
Costo opera: circa 100k €
Operativo da Febbraio 2018

From Regione Emilia Romagna





MAR SOL MANAGED AQUIFER RECHARGE SOLUTIONS

IMPIANTO DI RICARICA LIFE REWAT

Soluzione basata su processi naturali

(rainwater harvesting)

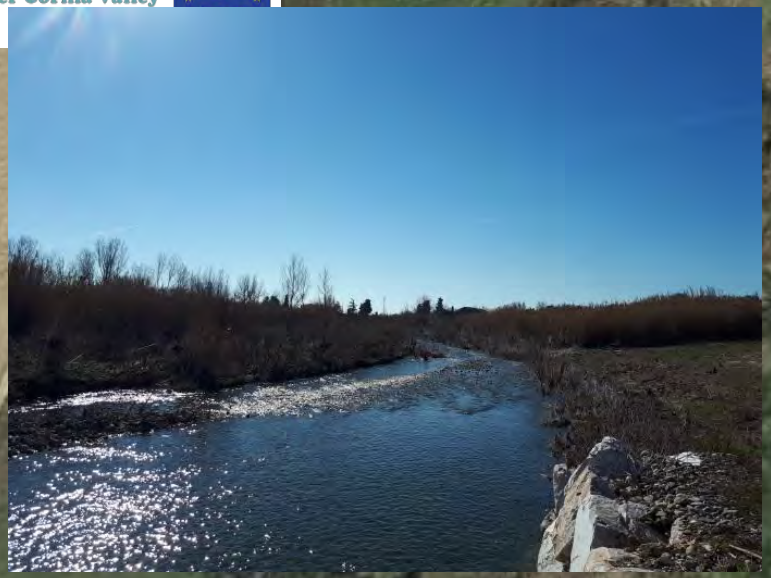
Costo 300000 €

Capacità immagazzinamento fino a 2000000 m^3

Minimo impatto ambientale

RENDERING VASCA DI SEDIMENTAZIONE E INFILTRAZIONE

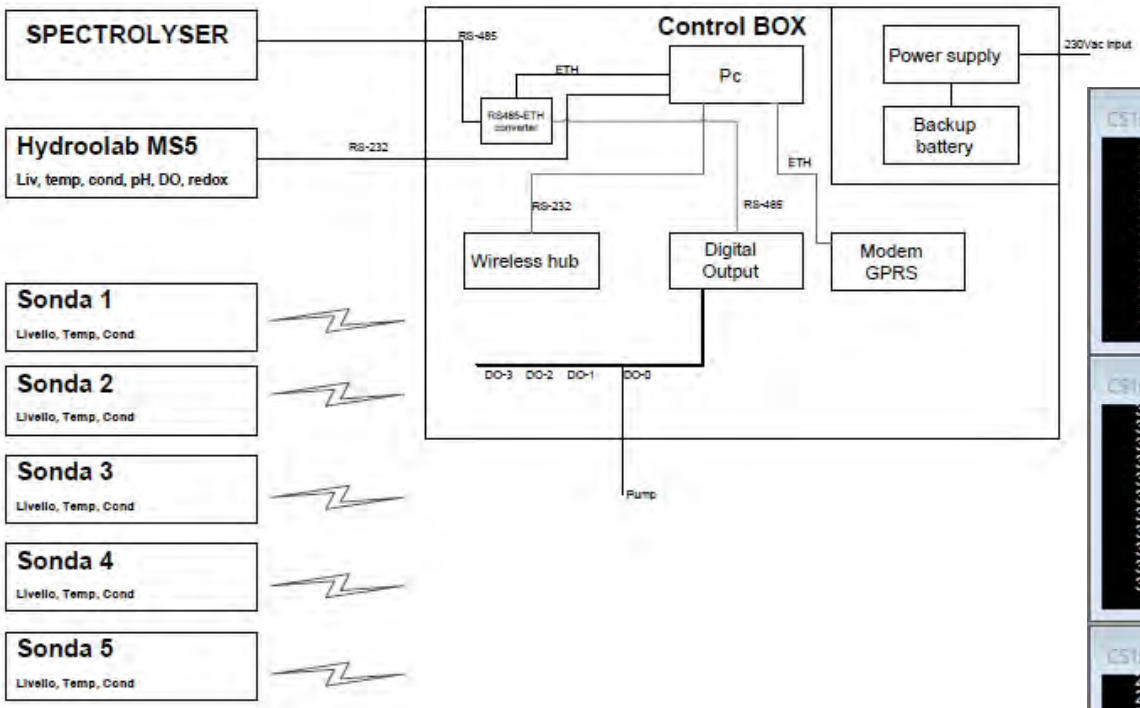
REWAT
sustainable water management
in the lower Cornia Valley

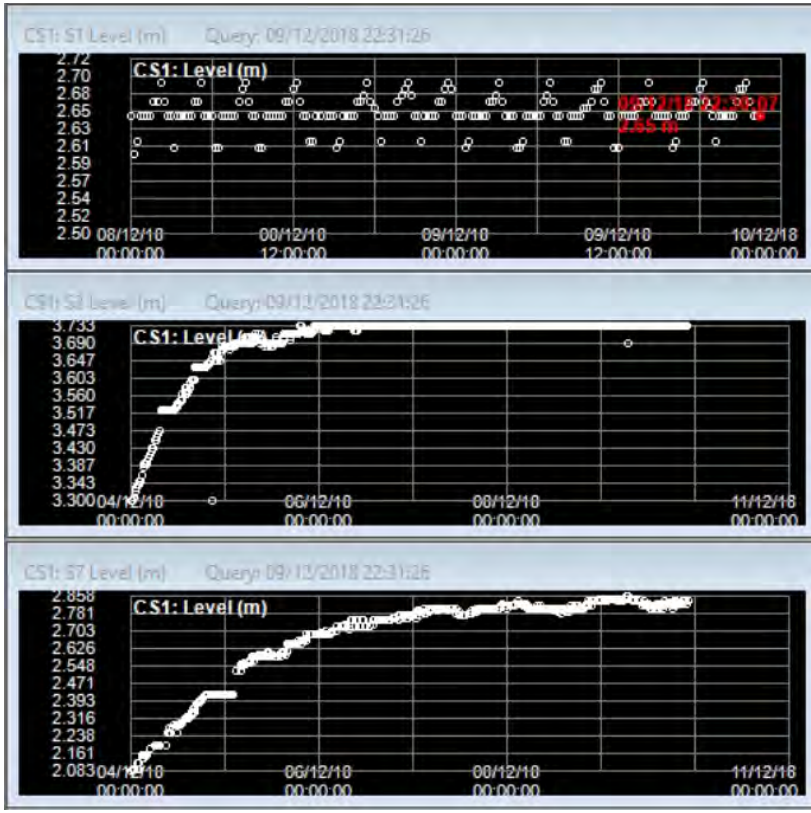


REWAT
sustainable water managemen
in the lower Cornia Valle

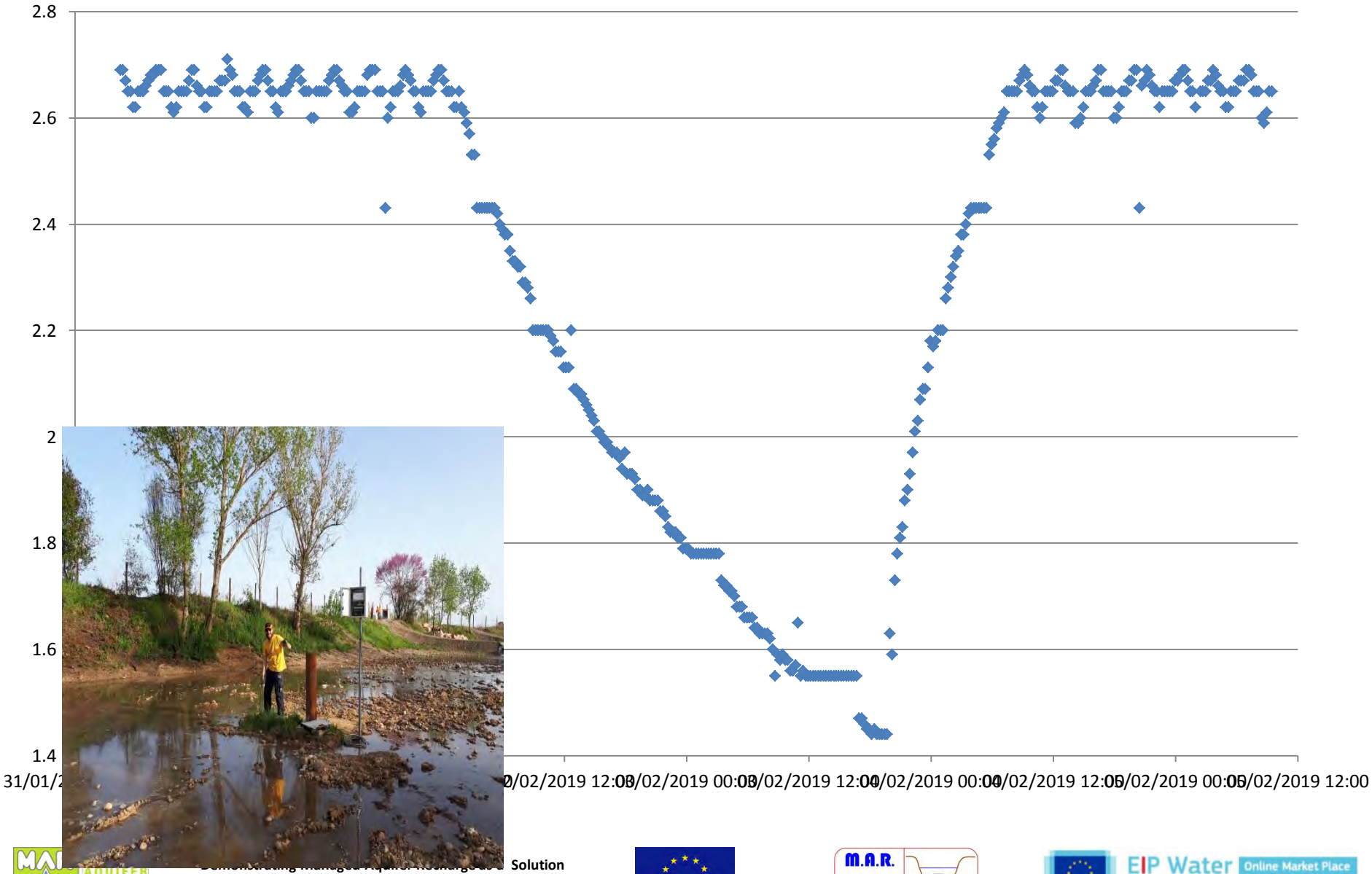
REWAT
sustainable water management
in the lower Cornia Valley
Life

Sistema di monitoraggio ad alta frequenza





Accensione e spegnimento della derivazione sono controllate in automatico sulla base delle informazioni ricevute su livelli idrometrici e qualità delle acque superficiali e sotterranee. Tutti i dati sono trasmessi in remoto.


2.8
2.6
2.4
2.2
2
1.8
1.6
1.4
31/01/2
0/02/2019 12:00
03/02/2019 00:00
03/02/2019 12:00
04/02/2019 00:00
04/02/2019 12:00
05/02/2019 00:00
05/02/2019 12:00

File Options ? 09/04/2019 09:53:05 UTC+02

RMU 1

CS1	S1 Date	09/04/2019
CS1	S1 Level	2.00 m
CS1	S1 Conductivity	489.17 µS/
CS1	S1 Temperature	20.5 °C
CS1	S1 Battery	12.11 V

RMU 4

CS1	S4 Date	09/04/2019
CS1	S4 Level	3.25 m
CS1	S4 Conductivity	658.50 µS/
CS1	S4 Temperature	13.5 °C
CS1	S4 Battery	13.05 V

RMU 7

CS1	S7 Date	09/04/2019 09:2
CS1	S7 Level	2.09 m
CS1	S7 Battery	11.83 V

Multiparametrica 1

HYD	Date	09/04/2019 09:45:2
HYD	Temp	13.59 °C
HYD	pH	7.30 phu
HYD	Cond	762 µS/cm
HYD	ORP	659 mV
HYD	Depth	1.73 m
HYD	DO	4.69 mg/l

Multiparametrica 2

SCAN	Date	09/04/2019
SCAN	Turbidity	---
SCAN	NO3-Neq	---
SCAN	TOCeq	---
SCAN	DOCeq	---
SCAN	COLORtru	---
SCAN	COLORapp	---
SCAN	UV254f	---
SCAN	Temperature	---

RMU 2

CS1	S2 Date	09/04/2019
CS1	S2 Level	3.68 m
CS1	S2 Conductivity	111.67 µS/
CS1	S2 Temperature	-132.4 °C
CS1	S2 Battery	13.11 V

RMU 5

CS1	S5 Date	09/04/2019
CS1	S5 Level	2.38 m
CS1	S5 Conductivity	[illegible]
CS1	S5 Temperature	50.0 °C
CS1	S5 Battery	12.01 V

RMU 8

Centro controllo

SUV	Date Level	09/04/2019
SUV	Level	0.46 m
SUV	Date Pump	09/04/2019
SUV	Pump Enable	OFF
SUV	Pump mode	AUTO
WDOG	Watchdog	ON

Telemetria

TELT	Uptime	31925 sec
TELT	Temp	55.0 °C
TELT	230V	ON
TELT	Pump Status	OFF
TELT	IP Address	10.41.171.97
TELT	AnalogInput	13.346 V

RMU 3

CS1	S3 Date	09/04/2019 09:4
CS1	S3 Level	1.16 m
CS1	S3 Battery	12.36 V

RMU 6

CS1	S6 Date	
CS1	S6 Level	m
CS1	S6 Battery	V

RMU 9

Station Log

```
09/04/2019 09:52:30 TELT Normal Record saved to DB (OK)
09/04/2019 09:52:30 TELT Normal Disconnect from the station (OK)
09/04/2019 09:52:31 TELT Normal Next interrogation: 09/04/2019 10:00:20 (OK)
```

Communicator Log

```
                                    89 00 02
09/04/2019 09:52:30 TELT 192.168.1.1:4001  21 1E 00 00 00 07 01 03 04
                                    00 00 00 01
```

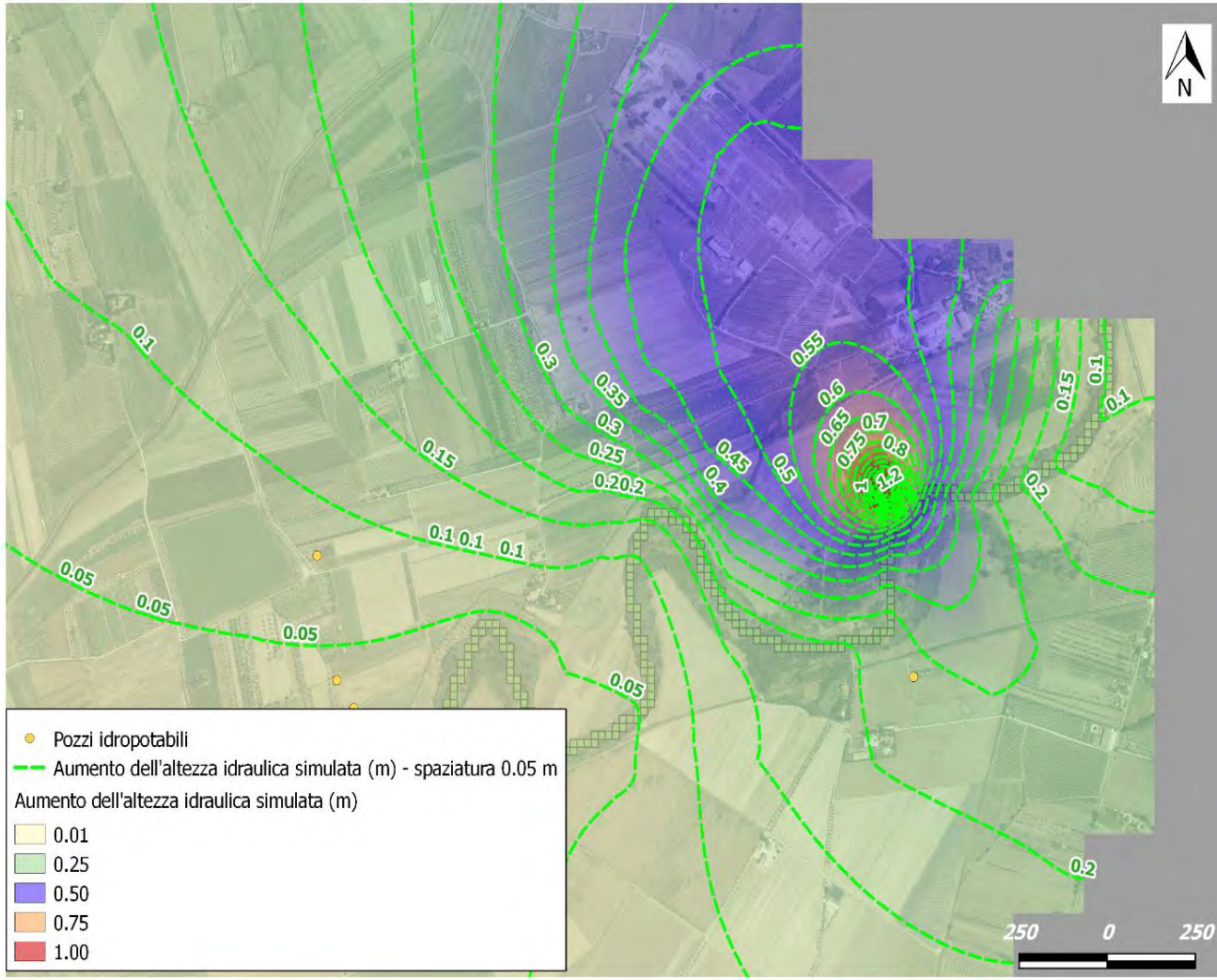
09:53
09-Apr-19

Incremento atteso del livello piezometerico

SIMULAZIONE dopo 200 giorni

0.05 m³/s ricarica

(circa 900k m³)



FREEWAT
Free and Open Source Software Tools for Water Resource Management
EU HORIZON 2020 Project

Free & open source
www.freewat.eu

MAR SOL MANAGED AQUIFER RECHARGE SOLUTIONS

Demonstrating Managed Aquifer Re
to Water Scarcity and I
An EU FP7 Proje

MAR or not MAR?

- MAR è uno degli strumenti per la pianificazione/gestione risorsa

- Costi/benefici/valore intervento/efficacia vanno valutati in dipendenza della situazione

-- **Analisi della fattibilità delle varie soluzioni prima di decidere se**

desalinizzazione/riuso/MAR …

o forse tutte le soluzioni!

Vantaggi

- Bassi costi di investimento

(+ economica tra le metodologie per fornire acqua – circa 1/1.5 €/m^3

contro 5/6 €/m^3 degli invasi);

- Maggior facilità per identificazione siti idonei;

- Nessuna (o minima) perdita di terreno;

- Potenziale utilizzo di acquiferi salinizzati (*salinised groundwater displacement*)

LIMITAZIONI

Manca una conoscenza diffusa delle potenzialità di tali sistemi, soprattutto negli enti pubblici

Mentre molta cura è comunemente posta alla progettazione degli impianti, ancora poca attenzione è data ai sistemi di monitoraggio, specialmente per quel che riguarda la qualità delle acque.
Questo fatto può trasformare gi impianti MAR da un'opportunita a minaccia.

Ulteriore ricerca è necessaria per portare ad applicazione il riuso delle acque reflue in impianti MAR (*Soil Aquifer Treatment systems*), diffusi in aree ad elevata scarsità idrica.

From AQUOR

MARSoluT

Managed Aquifer Recharge ITN

REWAT sustainable water management in the lower Cornia Valley

ESR6:

Hydroinformatics and monitoring for investigating groundwater quality changes in Managed Aquifer Recharge (MAR)

Host Institution:

Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant'anna (SSSA), Pisa, Italy

CONCLUSIONI

Gli impianti MAR possono costituire un opzione valida per incrementare l'approvvigionamento di acque sotterranee di buona qualità.

C'è un interesse crescente da parte degli enti pubblici per l'utilizzo di questa tecnica low-cost, che potrebbe muovere il mercato dell'acqua anche grazie alle potenziali interazioni con le politiche agricole.

Le attività di disseminazione e promozione delle tecniche MAR e dei risultati della ricerca scientifica, nel pubblico e nel privato, sono quindi cruciali per la realizzazione di nuovi impianti.

From Consorzio di Bonifica Alta Maremma

ISMAR 10 PAN-EUROPEAN NETWORK

…MAR IS ORGANIZED (SOMEHOW) IN EUROPE

Italian Network on MAR - INMAR

ISMAR 10

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MANAGED AQUIFER RECHARGE

Madrid, May 2019

Grazie per l'attenzione!

Tragsa
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Instituto Geológico y Minero de España

IWRA
International Water Resources Association