

Ricarica degli acquiferi in condizioni controllate: esperienze in Italia e nel mondo

Ricarica della conoide del Marecchia
Rimini 15 Aprile 2016

Rudy Rossetto

Scuola Superiore Sant'Anna - Italy

r.rossetto@sssup.it



Negli impianti MAR (Managed Aquifer Recharge) una **fonte di acqua**, da un corpo idrico superficiale, da acque di recupero (adeguatamente trattate) è utilizzata “*per ricaricare*” un **acquifero in condizioni controllate**.

Il volume di acqua ordinariamente immagazzinato nel sottosuolo è incrementato ad un tasso superiore alla ricarica naturale.

Viene sfruttata la **naturale funzione di serbatoio del sottosuolo** e utilizzata l’elevata disponibilità di acqua nei periodi in cui gli usi sono ridotti oppure derivante da altre fonti.

Il fatto che questa ricarica sia “controllata” (*managed*) assicura una **adeguata protezione** della salute umana e dell’ambiente.

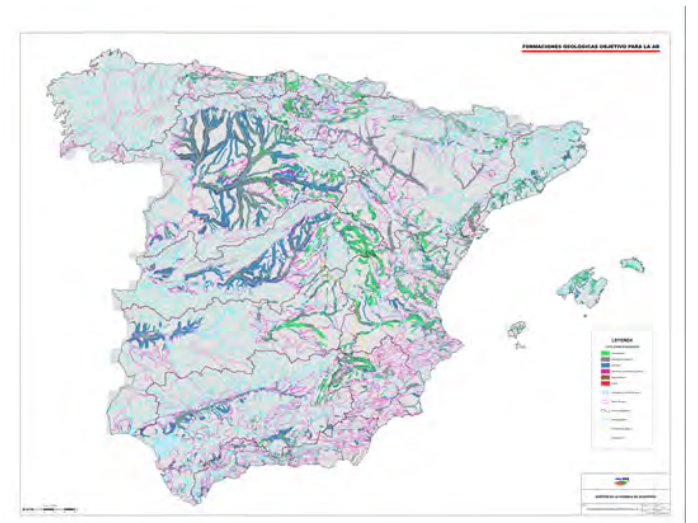
Il controllo la differenzia da impianti in cui la ricarica è cosiddetta “**non-gestita**” (es.: ricarica di subalveo indotta) o “**non-intenzionale**” (es.: ricarica derivante da irrigazione in eccesso).



Impianti di ricarica degli acquiferi

Tecnologia non nuova sviluppata a partire dagli anni 50 del secolo scorso.
(Mario Canavari - Manuale di Geologia Tecnica, 1927)

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



Impianti di ricarica degli acquiferi



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

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;
- Mantenimento di ecosistemi dipendenti dalle acque sotterranee

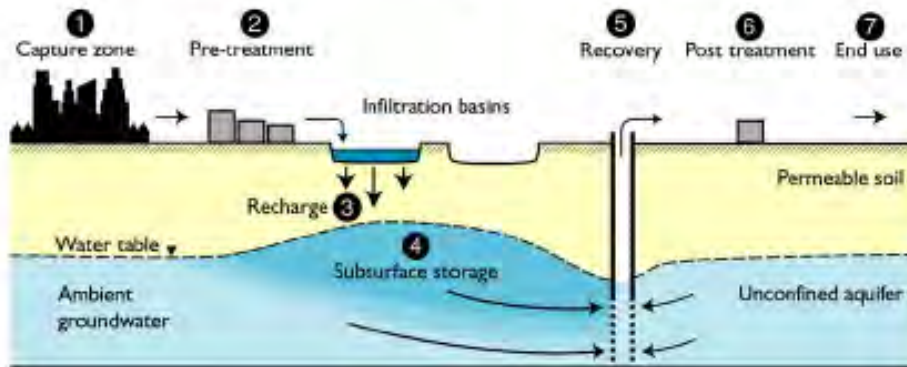
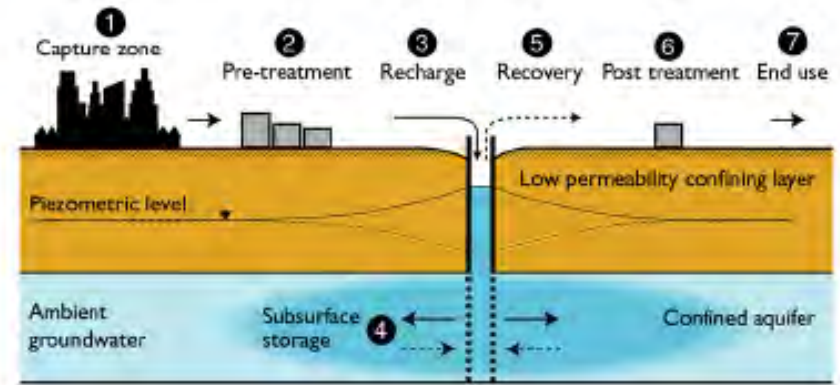


Componenti di un impianto

MAR



- 1) Zona di cattura
- 2) Impianto di 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)

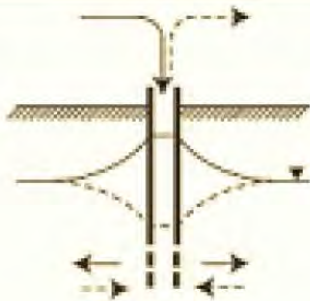
Managed Aquifer Recharge

(Natural Resource Management Ministerial Council + Environment Protection and Heritage Council + National Health and Medical Research Council 2009)

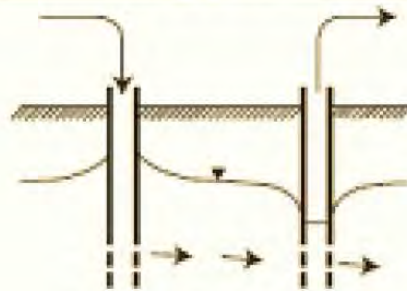
Tipologie di impianti MAR



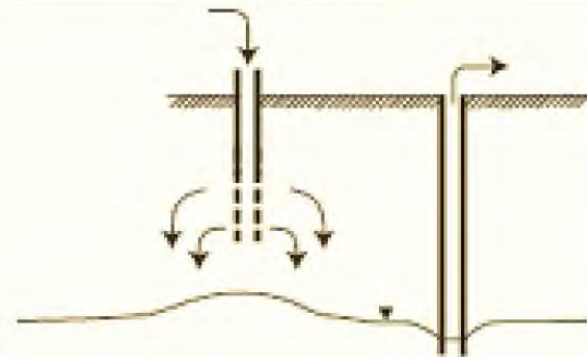
ASR



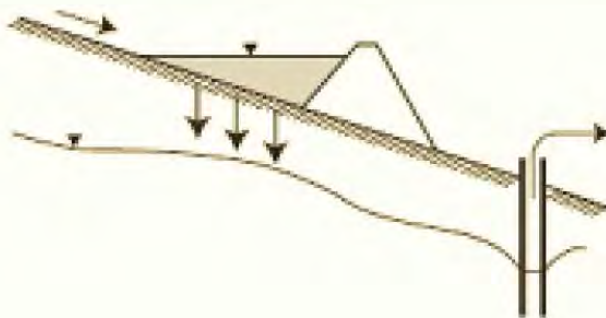
ASTR



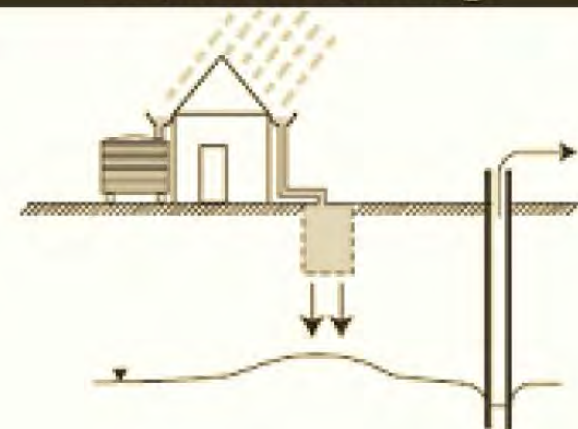
Dry well



Percolation tank



Rainwater harvesting

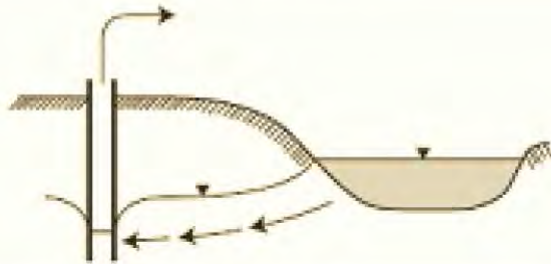


Da: AUSTRALIAN GUIDELINES FOR WATER RECYCLING: MANAGING HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS (PHASE 2)

Managed Aquifer Recharge

(Natural Resource Management Ministerial Council + Environment Protection and Heritage Council + National Health and Medical Research Council 2009)

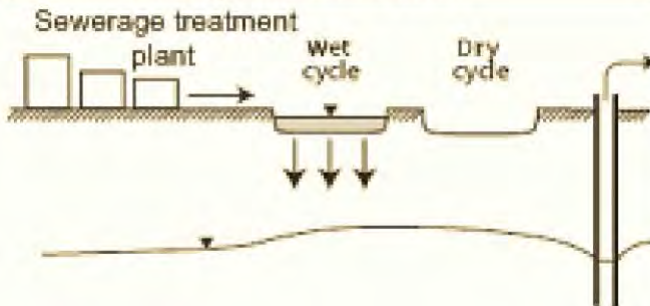
Bank filtration



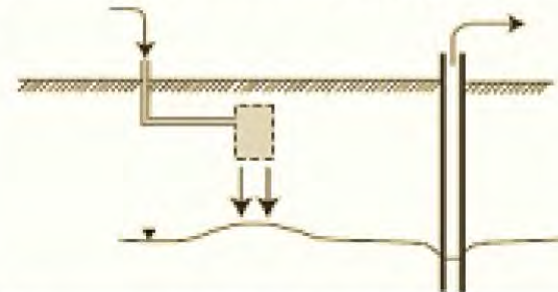
Dune filtration



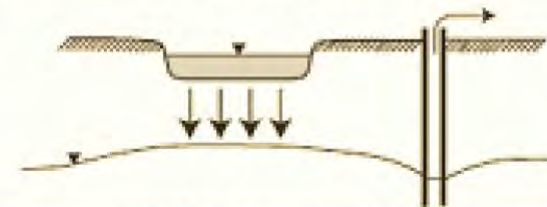
Soil Aquifer Treatment



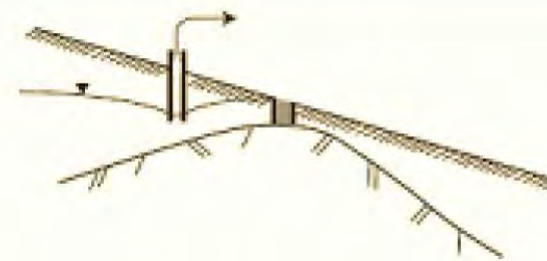
Infiltration gallery



Infiltration pond



Underground dam



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)

Vantaggi impianti MAR rispetto a invasi

- Bassi costi di investimento

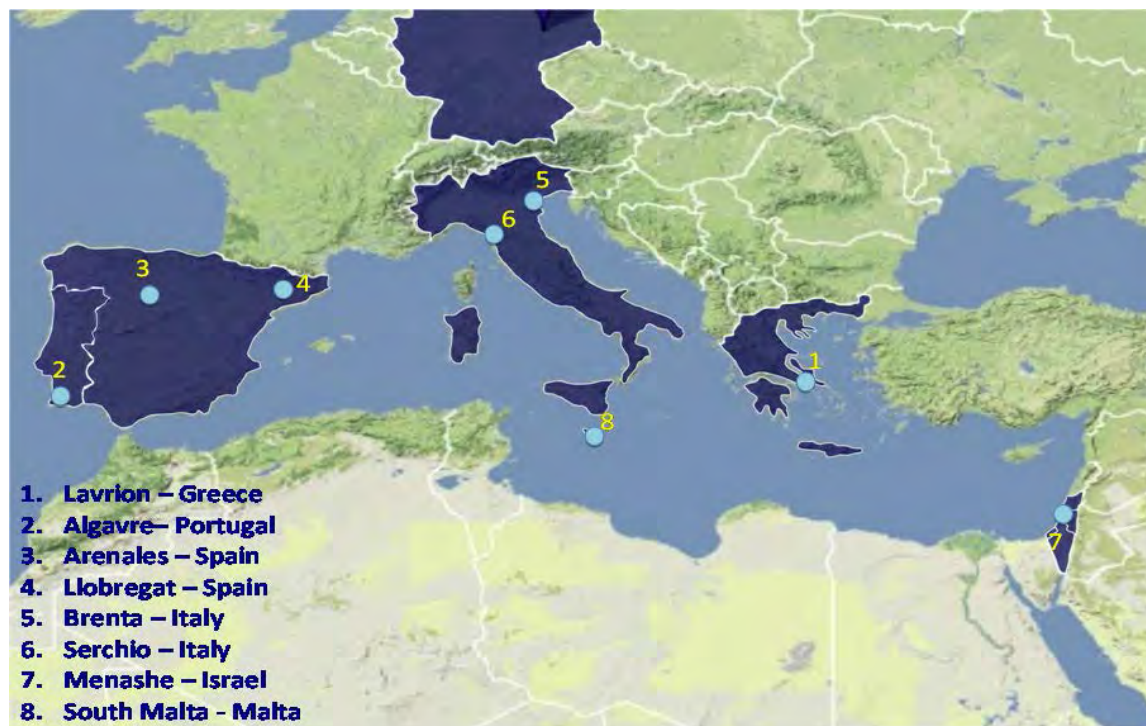
(la più economica tra le metodologie per fornire acqua – circa 1/1.5 €/m³ contro 5/6 €/m³ degli invasi);

- Maggior facilità per identificazione siti idonei;
- Nessuna (o minima) perdita di terreno;
- Potenziale utilizzo di acquiferi salinizzati (*salinised groundwater displacement*)
- Non si ha evaporazione, formazione di alghe o proliferazione di insetti;
- Minori immissioni di gas climalteranti in atmosfera

MARSOL:

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

- 21 Partners
- 36 months, starting 12/2013





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

Principali obiettivi:

- Dimostrare attraverso 8 siti sperimentali che le tecniche MAR costituiscono un sistema innovativo, sicuro e sostenibile per incrementare la disponibilità di risorsa idrica nel bacino Mediterraneo ed in altre aree soggette a scarsità
- Migliorare lo stato dell'arte delle applicazioni MAR per portarle ad un alto livello di efficienza/bassi costi di realizzazione in modo da creare opportunità di mercato per l'industria europea ed in particolare SME (**MAR to market**)
- Promuovere i vantaggi delle tecniche MAR attraverso la realizzazione di appositi programmi di formazione e disseminazione anche al fine di permettere ed accellerarne la penetrazione nel mercato.

MARSOL Field sites

Various water sources and qualities - various technologies - various objectives



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.



Desalinated sea water – Israel (Daniel Kurtzman, Yossi Guttman et al.)

3 desalination plants currently operating, by 2015 two more will start operation

- Desalination plants built under build-operate-transfer (BOT) contracts
- Less dry periods during the last years

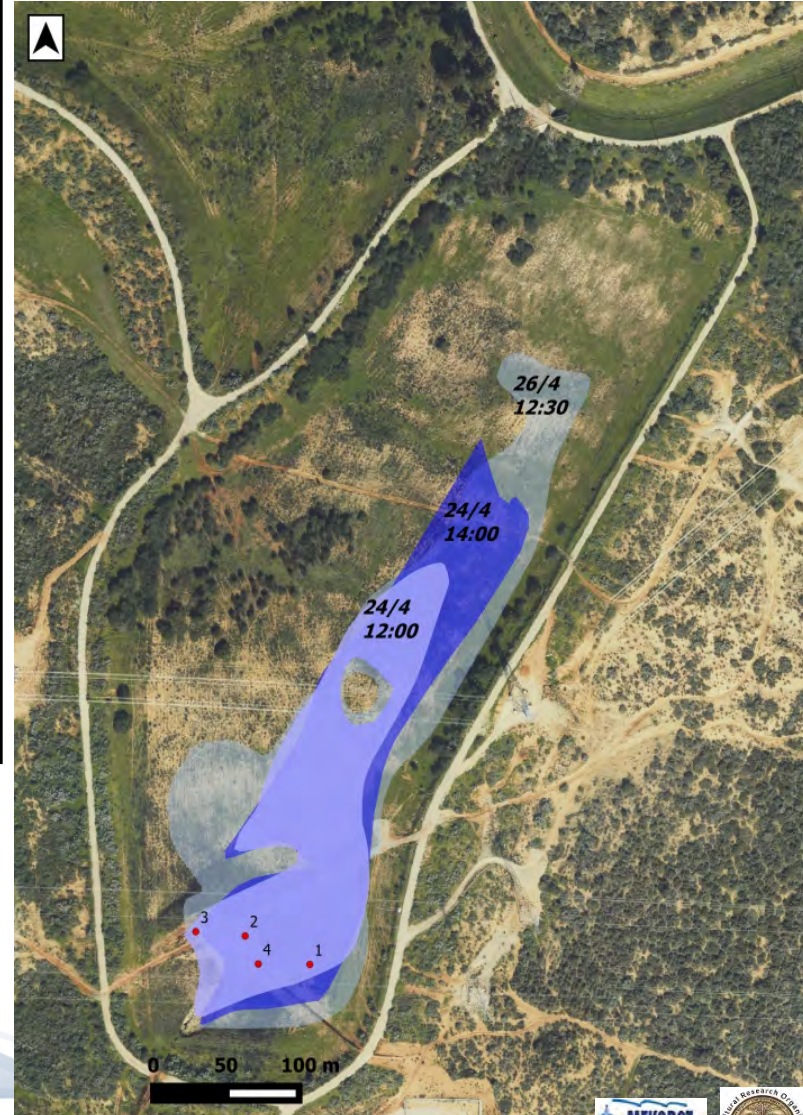
→ **Production of an increasing amount of excess water.**

Water authorities aim at seasonal storage as well as aquifer storage of large volumes of these surpluses in the adjacent coastal aquifer via artificial recharge.

Techniques include infiltration ponds and injection wells

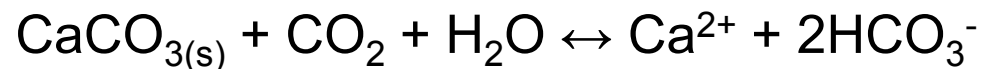


Monitoring an operational MAR event



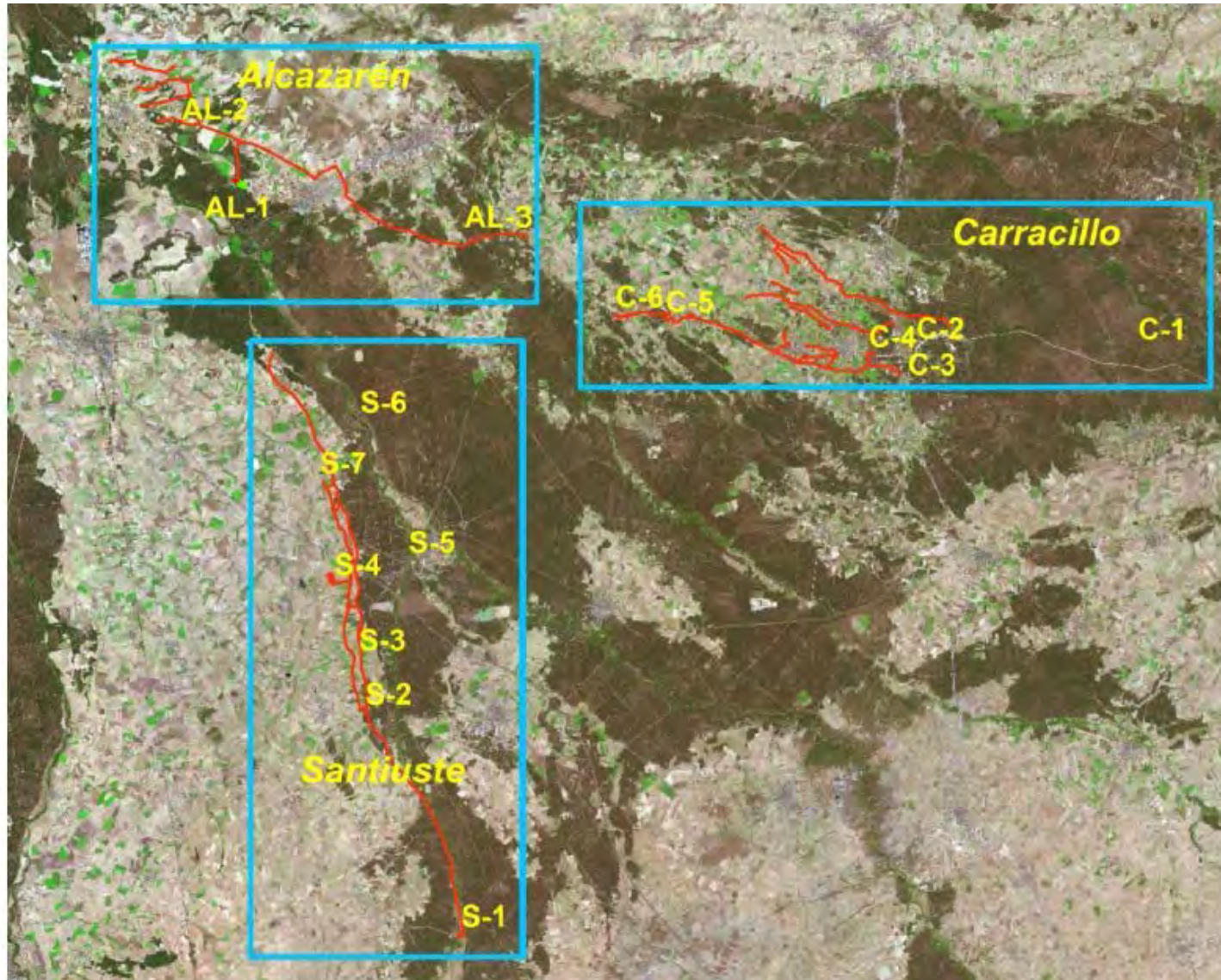
Water chemistry

Sampling	Water type and source	Cl	Na	K	Ca	Mg	HCO ₃	SO ₄	NO ₃	B
01/06/14	Groundwater production well H7	79	42	2.0	85	11.1	205	27	19	0.03
01/06/14	Groundwater production well M24	54	25	1.0	60	11.7	186	22	23	0.01
01/06/14	Groundwater production well M6	74	36	1.6	100	11.9	267	35	37	0.03
01/06/14	Groundwater production well M9	70	33	1.4	93	9.7	253	34	23	0.03
01/06/14	Groundwater production well M21	61	40	1.8	99	11.2	254	32	24	0.03
01/06/14	Groundwater production well M22	80	34	1.1	81	13.4	230	29	25	0.02
01/06/14	Groundwater production well M26	67	33	1.6	88	14.4	246	28	28	0.02
01/06/14	Groundwater production well M27	86	43	2.0	96	16.7	249	25	31	0.02
01/06/14	<u>Desalinated (Reservoir)</u>	10	11	0.5	40	0.1	107	8	<0.3	0.24
24/02/14	<u>Desalinated (MAR event)</u>	20	19	0.5	27	<1	97	17	<0.3	
05/10/14	Shallow groundwater below pond PA	15	23	0.8	48	3.6	202	16	0.5	
02/10/14	Shallow groundwater below pond PB	13	24	0.8	51	3.7	215	16	0.8	



Assuming remineralization through MAR will lead to concentrations similar to the production wells and an operational cost of 0.03 EUR/m³ for discharging and pumping, we can get remineralization at 0.01 EUR/m³ and get a little Mg²⁺ as a bonus.

MAR in Los Arenales (Spain)



Courtesy of TRAGSA, 2015

Santiuste

(so far up to 850 Ha irrigated)

Diversion at the Voltoya River



Courtesy of
TRAGSA, 2015

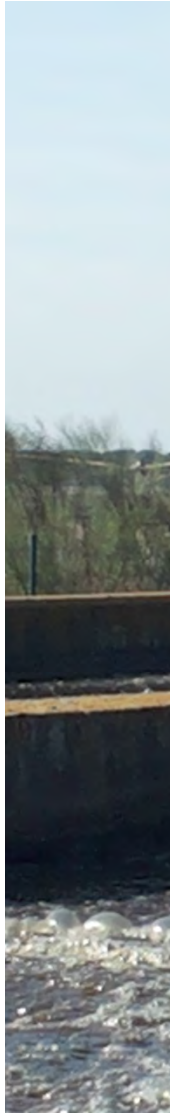
Santiuste - Header of the MAR facilities and decantation pond



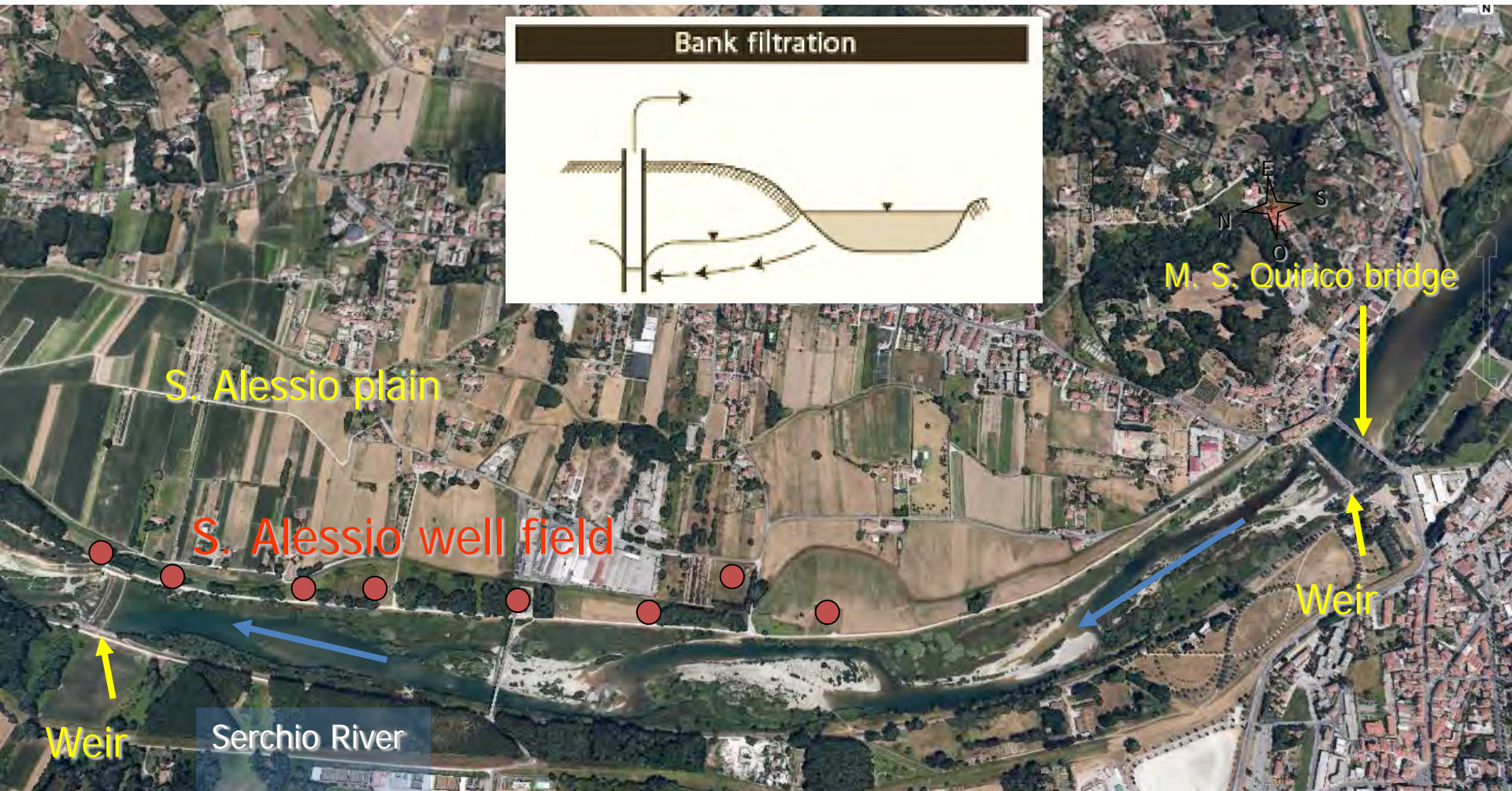
Courtesy of TRAGSA, 2015



Alcazeran SAT-MAR

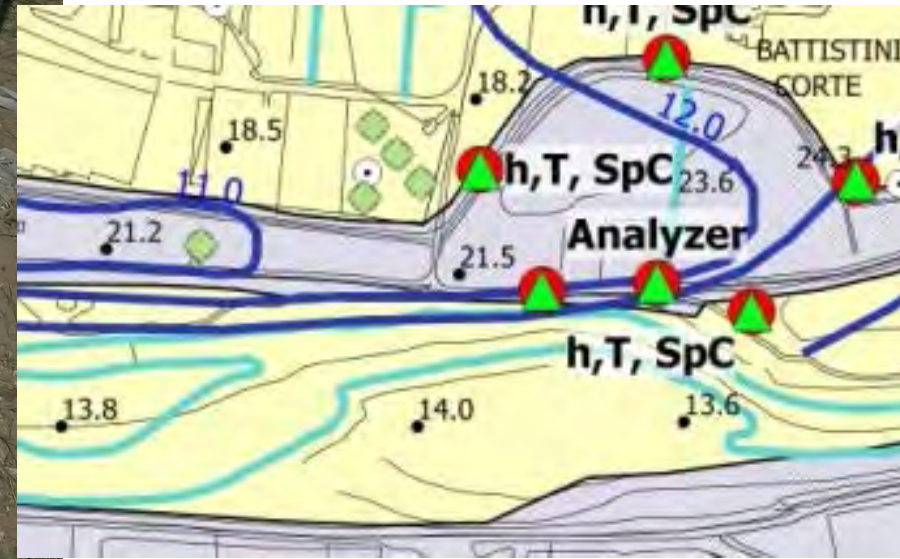


Managing induced riverbank filtration at the Serchio River well field



Along the Serchio River groundwater is pumped by enhancing riverbank filtration into a sand and gravel aquifer by artificially rising river head and setting pumping well fields along the river reach.

Task 8.1: Installing and operating the monitoring system (SSSA, Lucca, TEA)



Actions	idsgw_1	date	time	level	temperature	ph	ces
Edit Delete	4968	2015-04-22	09:26:24	8.01714	9.68442	1	489.071
Edit Delete	4969	2015-04-22	09:41:25	8.02453	9.74725	1	478.441
Edit Delete	4970	2015-04-22	09:56:26	8.06199	9.69709	1	491.116
Edit Delete	4971	2015-04-22	10:11:26	7.96673	9.76323	1	484.021
Edit Delete	4972	2015-04-22	10:26:27	8.06777	9.70175	1	492.287
Edit Delete	4973	2015-04-22	10:41:27	8.00311	9.68582	1	491.066
Edit Delete	4974	2015-04-22	10:56:28	8.06094	9.76796	1	492.797
Edit Delete	4975	2015-04-22	11:11:29	7.94177	9.75494	1	483.606
Edit Delete	4976	2015-04-22	11:26:30	7.94677	9.63806	1	478.603
Edit Delete	4977	2015-04-22	11:41:30	7.9409	9.60817	1	478.644
Edit Delete	4978	2015-04-22	11:56:30	7.94111	9.72637	1	477.618
Edit Delete	4979	2015-04-22	12:11:31	8.05931	9.7782	1	484.018
Edit Delete	4980	2015-04-22	12:26:31	8.00855	9.718	1	477.45
Edit Delete	4981	2015-04-22	12:41:33	7.99031	9.69059	1	483.874

Actions	idsgw_2	date	time	level	temperature	ph	ces
Edit Delete	42	2015-04-22	09:26:24	6.95355	11.1557	1	436.743
Edit Delete	43	2015-04-22	09:41:25	6.93345	11.24	1	425.937
Edit Delete	44	2015-04-22	09:56:26	7.05875	11.2638	1	424.809
Edit Delete	45	2015-04-22	10:11:26	6.96377	11.2878	1	430.4
Edit Delete	46	2015-04-22	10:26:27	7.02084	11.2455	1	430.012
Edit Delete	47	2015-04-22	10:41:27	6.95691	11.1726	1	435.679
Edit Delete	48	2015-04-22	10:56:28	7.00977	11.2364	1	428.885
Edit Delete	49	2015-04-22	11:11:29	6.99195	11.2129	1	431.92
Edit Delete	50	2015-04-22	11:26:30	6.98902	11.1175	1	421.518
Edit Delete	51	2015-04-22	11:41:30	6.99128	11.1176	1	425.408
Edit Delete	52	2015-04-22	11:56:30	7.06064	11.2059	1	428.455

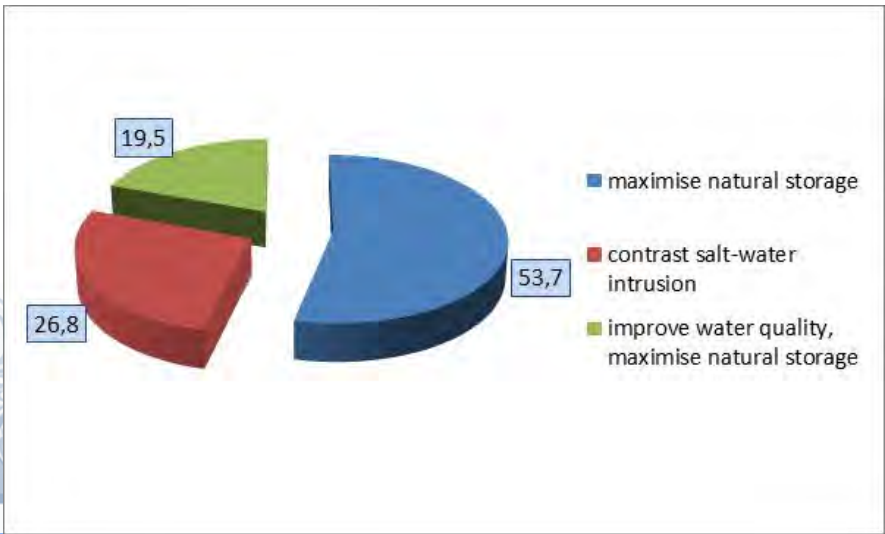
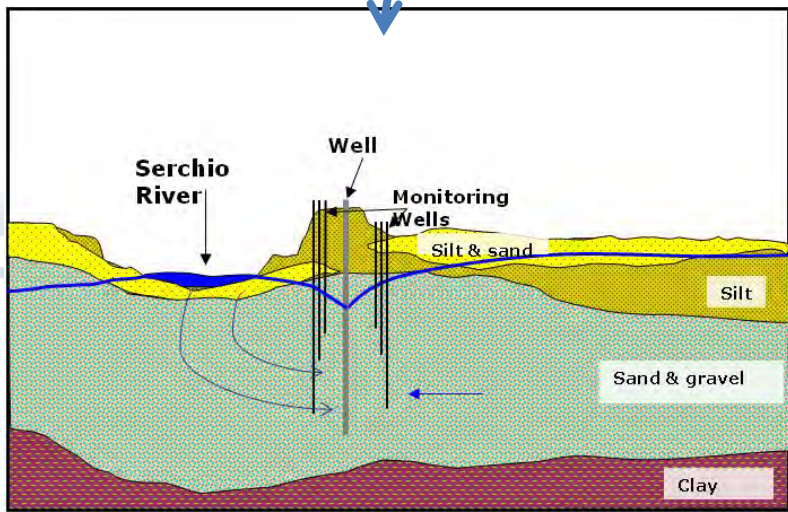
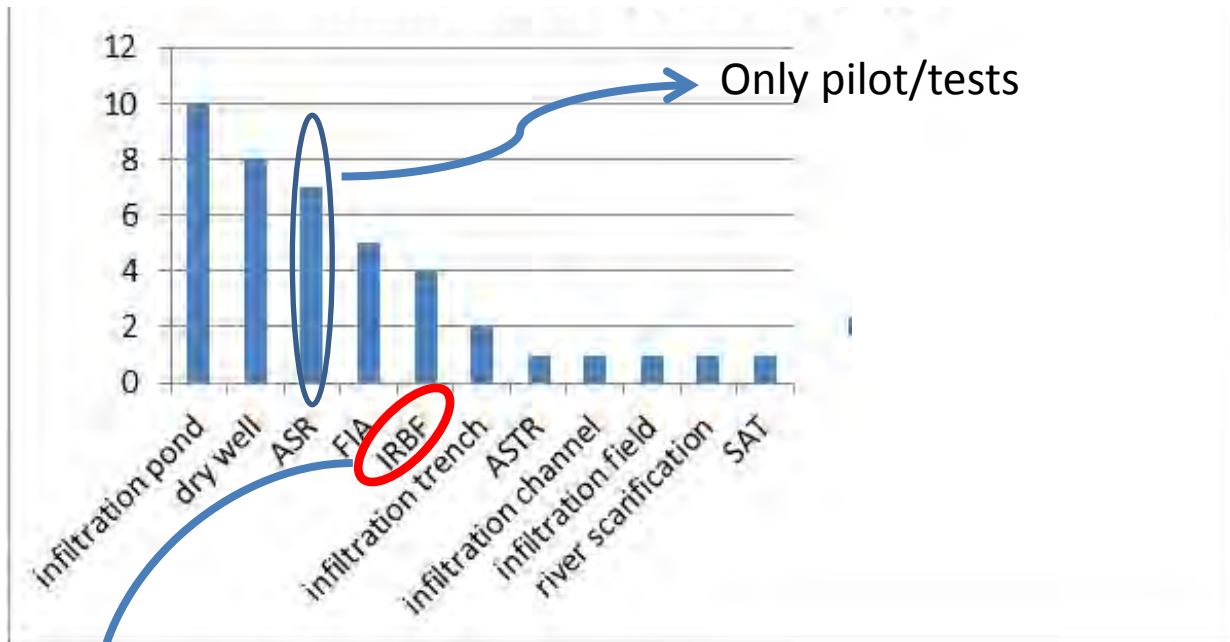
ARTIFICIAL AQUIFER RECHARGE IN ITALY

UNMONITORED



Credits: Silvia Di Bartolo – Alessio Barbagli

MAIN TYPES OF ARTIFICIAL RECHARGE



RECENT YEARS/1

Some projects on aquifer recharge were co-financed by the European Commission mainly through the LIFE program.

- **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).



From an agriculture stressing the resource to a water «saving» one Forested Infiltration Areas (Veneto, Italy)



Da
Veneto
Agricoltura

TWO NEW MAR PROJECTS

EU LIFE REWAT 2015 -2019

sustainable WATER management in the lower Cornia valley through demand REDuction, aquifer REcharge and river REstoration



REWAT
sustainable water management
in the lower Cornia Valley



PHARM - SWAP MED

Removal of PHARMmaceuticals from treated wastewaters in the Soil - Water - Plant continuum in the MEDiterranean basin



*Ministero degli Affari Esteri
e della Cooperazione Internazionale*



Ministry Of Science
Technology and Space of the
State of Israel

Norme e politiche

- La ricarica è permessa in Italia dal Settembre 2013, parte dei piani di bacino, manca ancora un regolamento di attuazione
- Finanziamenti per la creazione di impianti MAR possono essere disponibili a livello nazionale
- Manca comunque una conoscenza diffusa delle potenzialità di tali sistemi, soprattutto negli enti pubblici (ad eccezione che in ER!)

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.

Decreto in arrivo...

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

GABINETTO DEL MINISTRO

Via Cristoforo Colombo, 44 - 00147 Roma

Tel. 06/57225526-28-29 fax 06/57288490 mail: segreteria.capogab@minambiente.it

Via Cristoforo Colombo, 44 - 00147 Roma Tel. 06-57223433/28 - Fax 06-57223470

e-mail: dpr-dg@minambiente.it

Schema di decreto 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, e successive modificazioni.

PROSPETTIVE

Gli impianti MAR possono costituire un'opzione valida soprattutto in aree dove gli acquiferi presentano un bilancio compromesso.

La costruzione di dighe è oggi un'opzione poco realizzabile (condizioni economiche, accettazione popolazione, ambiente).

Gli impianti MAR possono costituire una valida alternativa.

E' di fondamentale importanza definire quali possano essere gli strumenti finanziari per sostenere queste infrastrutture. Deve essere garantita non solo la messa in opera, ma il monitoraggio (managed) e la regolare manutenzione.

Opportunità per la creazione di nuovi posti di lavoro.

MAR to MARKET

Come coinvolgere il settore produttivo nella gestione della risorsa idrica e specificamente nelle tecnologie MAR?

- E' necessaria la consapevolezza che buona parte del futuro del settore produttivo è legata alla disponibilità di acqua (sotterranea!)
- Garanzie sulla disponibilità continua e sulla rinnovabilità della risorsa;
- *Water foot-print... non più solo carbon foot-print;*
- Potenzialità per le tecnologie MAR di costituire una importante opportunità per la creazione di posti di lavoro (sviluppo sensori, monitoraggio, progettazione, etc.)
- E' inoltre necessario un'importante lavoro di disseminazione e coinvolgimento di tutti gli attori implicati nella gestione della risorsa idrica (amministratori, gestori, governo nazionale e locale, utilizzatori finali).

LIMITAZIONI

Per un MAR sono necessari acquifero e fonte di alimentazione.

La mancanza di uno schema normativo limita gli impianti MAR a scala dimostrativa/pilota.

Mentre molta cura è posta alla progettazione degli impianti MAR, ancora poca attenzione è data ai sistemi di monitoraggio, specialmente per quel che riguarda la qualità delle acque.

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.



CONCLUSIONI

La maggioranza degli impianti di ricarica in Italia sono:
non controllati – scarsamente monitorati.

C'è un interesse crescente da parte degli istituti di ricerca e enti pubblici per l'utilizzo di questa tecnica low-cost.

Lo schema normativo è adesso estremamente necessario.

Importanti attività di formazione per professionisti e tecnici di enti pubblici (ma anche di amministratori) e di comunicazione per la popolazione possono costituire il punto di svolta per l'applicazione delle tecniche MAR.



IMPATTO

3 Ottobre 2014 300 persone hanno partecipato ad un workshop sulla applicazione della ricarica in Italia.

Italian Network on MAR - INMAR

LA RICARICA DELLE FALDE IN CONDIZIONI CONTROLLATE: L'ESPERIENZA ITALIANA NEL CONTESTO EUROPEO
3 ottobre 2014 presso Piacenza EXPO sala A

La definizione *ricarica in condizioni controllate di un acquifero* (Managed Aquifer Recharge - MAR) raggruppa una serie di tecniche attraverso le quali si giunge ad un incremento del tasso di ricarica naturale di un acquifero. Gli impianti MAR sono quindi interventi di geingegneria ambientale in cui si ricaricano gli acquiferi con aliquote di acqua provenienti da corsi d'acqua, invasi o acque non convenzionali. Potenziali utilizzi delle acque ricaricate consistono: i) nell'incremento delle riserve di acqua per utilizzo in periodi di criticità per utilizzi idropotabili, irrigui, industriali; ii) nel contrastare deficit di bilancio causati da elevati consumi antropici; iii) nel controllare fenomeni di subsidenza; iv) nel contenere fenomeni di intrusione salina; v) nella conservazione della biodiversità degli agro-ecosistemi delle zone umide

partner



patrocinio



9.30 - Messaggio di saluto dell'Assessore Paola Gazzolo (Assessorato Sicurezza Territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione Civile - Regione Emilia Romagna)

I PROGETTI EUROPEI

Chairman: Marco Petitta
Presidente IAH - Sezione Italiana

9.45 - Rudy Rossetto, Enrico Bonari

¹Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa

Il futuro della ricarica delle falde in condizioni controllate in Italia: il progetto europeo FPVII MARSOL e la EIP on Water MAR to Market

10.00 - Matteo Bonfanti, Francesca Capone

Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa

Una preliminare analisi del quadro normativo regolante i programmi di ricarica degli acquiferi in condizioni controllate in Europa: le Direttive Europee e la loro implementazione in nove legislazioni nazionali

10.15 - João Paulo Lobo Ferreira^{1,2}, Teresa E. Leitão²

¹responsabile progetto:EIP on water - MAR to Market; ²National Laboratory for Civil Engineering, Lisbona-Portogallo

Demonstrating managed aquifer recharge as a solution for climate change adaptation: results from EU FPVI GABARDINE project and ASEMWATERNET coordination action in the Algarve region, Portugal

10.45 - 11.15 :COFFEE BREAK

11.15 - Giancarlo Gusmaroli¹, T. Muraro²

¹Studio Ecoingegno, ²Provincia di Vicenza

Progetto LIFE AQUOR: verso una strategia di riequilibrio quantitativo delle acque sotterranee dell'alta pianura vicentina attraverso la ricarica delle falde e il risparmio idrico

11.30 - Alessandro Affatato¹, Daniel Nieto¹, Nasser Abu Zeid¹, Giovanni Paiero²

¹OGS, ²Università di Udine

Progetto Life Warbo: efficacia di azioni di ricarica artificiale

11.45 - Vincenzo Marsala

SGI Studio Galli Ingegneria SPA

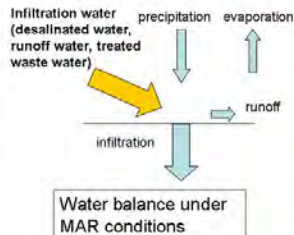
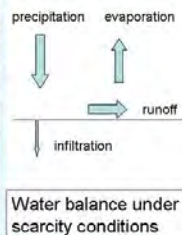


MARSOL: Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

Laura Foglia¹, Christoph Schueth¹, Andreas Kallioras², Lobo Ferreira³, Fernandez Escalante Enrique⁴, Xavier Sanchez-Vila⁵, Rudy Rossetto⁶, Daniel Kurtzman⁷

¹Technische Universitaet Darmstadt, Germany; ²Institute of Communications and Computer Systems (ICCS), Greece; ³Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Portugal; ⁴Empresa de Transformación Agraria (Tragsa), Spain; ⁵Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) - BarcelonaTech, Spain; ⁶Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna (SSSA), Italy; ⁷Agricultural Research Organization (ARO) - Volcani Center, Israel

The Mediterranean region is suffering under increasing water scarcity, which is further increased by climate change, high population density and extremely high water consumption by agriculture, tourism etc. Not only quantity but also quality is of increasing importance e.g. due to intensive use of fertilizers or potential seawater intrusion. On the other hand, large water quantities are lost to the Mediterranean Sea as surface runoff and river discharge, discharge of treated and untreated wastewater, or as discharge of excess water from various sources during periods of low demand. This water can be used in principle for the controlled (re-) filling of exploited aquifers by artificial infiltration = Managed Aquifer Recharge (MAR)



- 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



Holistic approach:

Different recharge techniques:

Key MAR objectives:

- Replenishing of over-exploited aquifers
- Preventing sea-water intrusion (Lavrion)
- Improving the ecological and chemical quality of water (Llobregat, Brenta)
- Soil-Aquifer Treatment (SAT) (Lavrion)
- Soil-Aquifer Storage and Recovery (ASR) (Brenta)

Arenales, Brenta, Serchio)
(South Malta)

Grazie per l'attenzione!

21 Partners
36 months, starting 12/2011
Total budget ~ 8.0 million
EC contribution ~ 5.2 million

- Scenario development
- Production of a Decision Support System
- Development of guidelines and policies
- Increase of public participation within Public Private Partnership (PPP) schemes
- Market analysis on the potential market exploitation solutions

- Promote the advantages of MAR by tailored training and dissemination programs to enable and accelerate market penetration
- Deliver a key technology to face the challenge of increasing water scarcity in southern Europe, the Mediterranean and other regions of the world.

