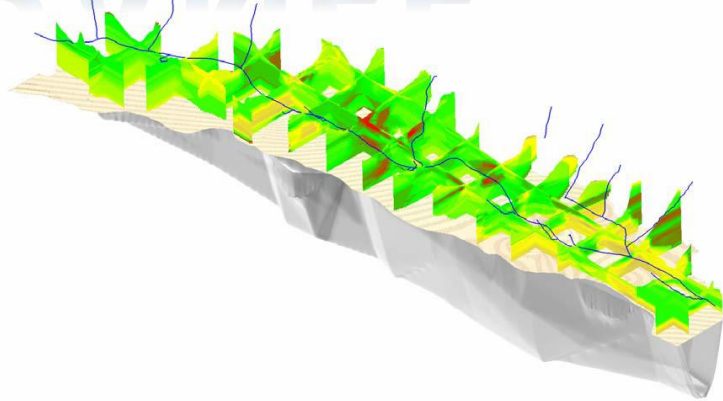
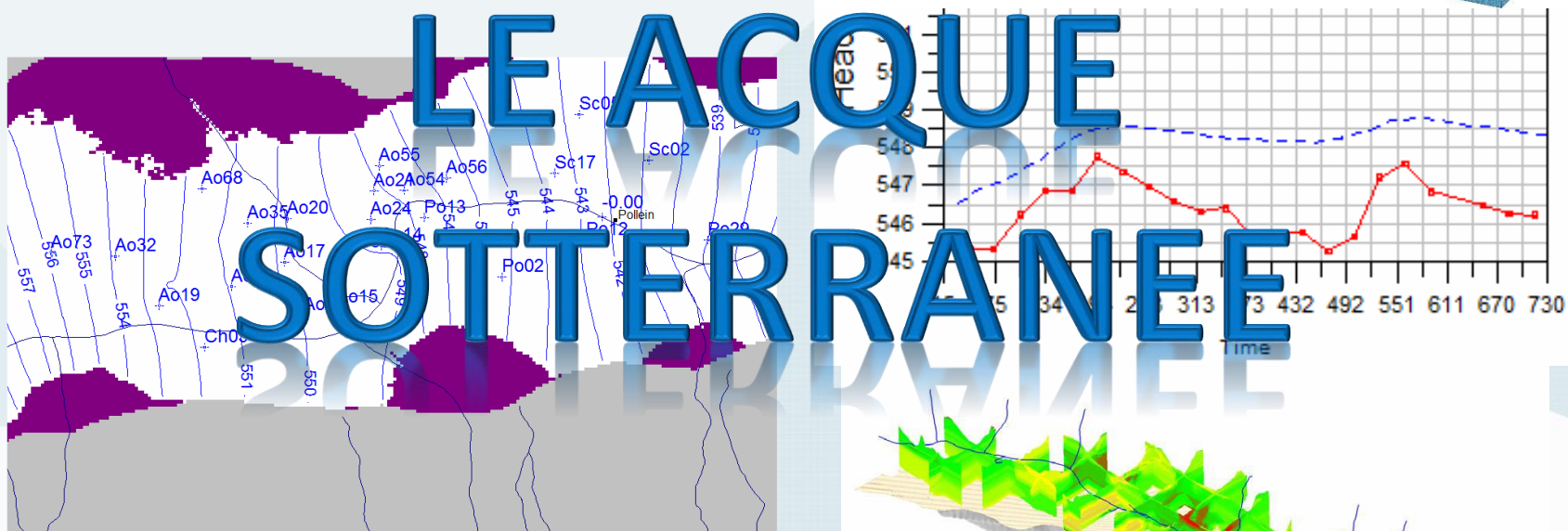
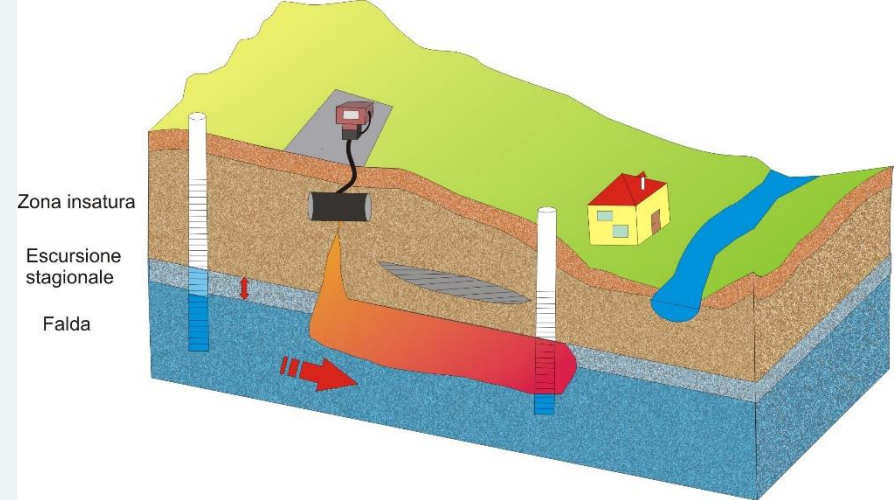
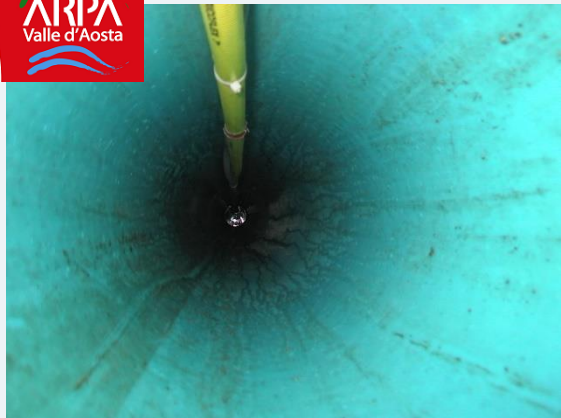
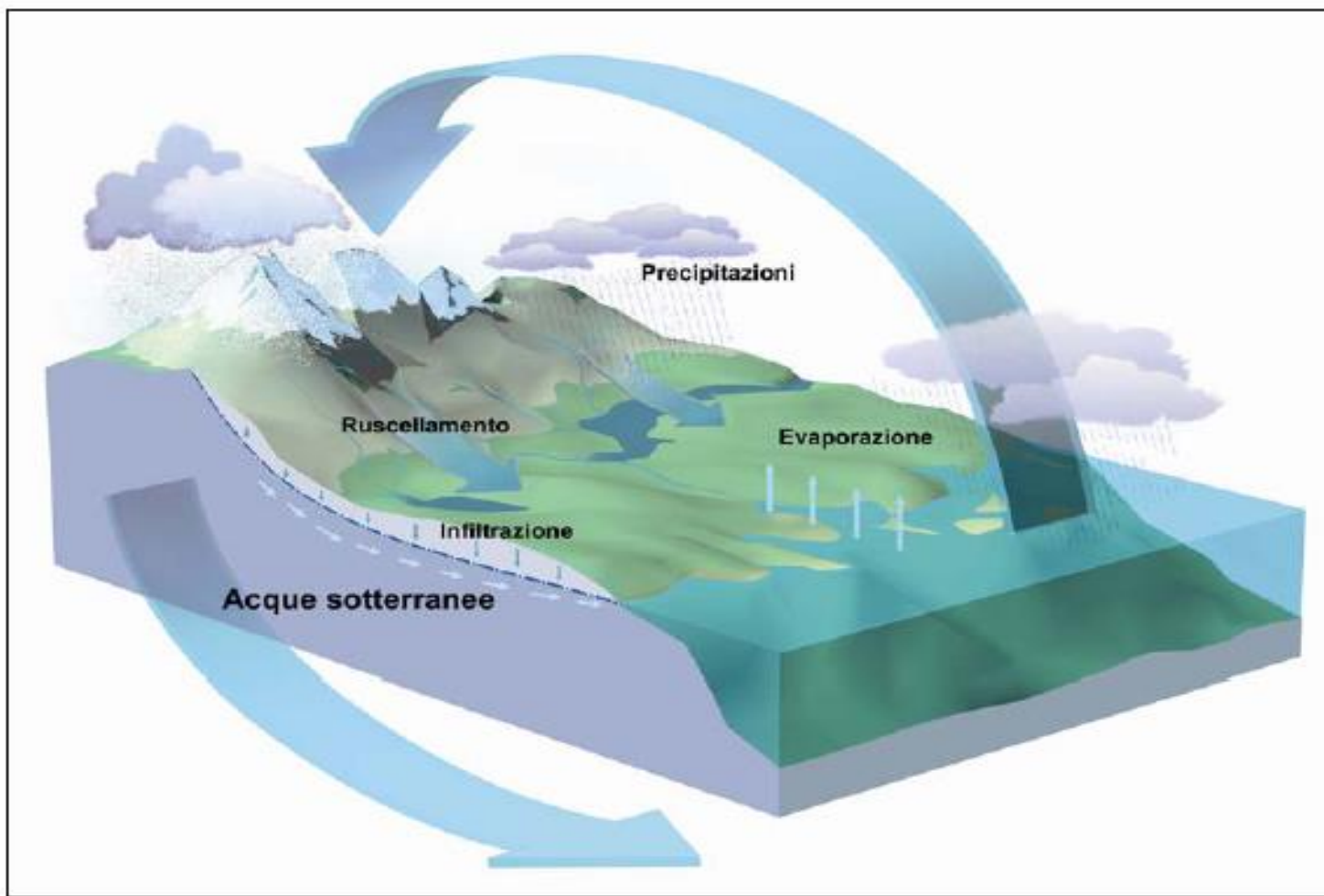




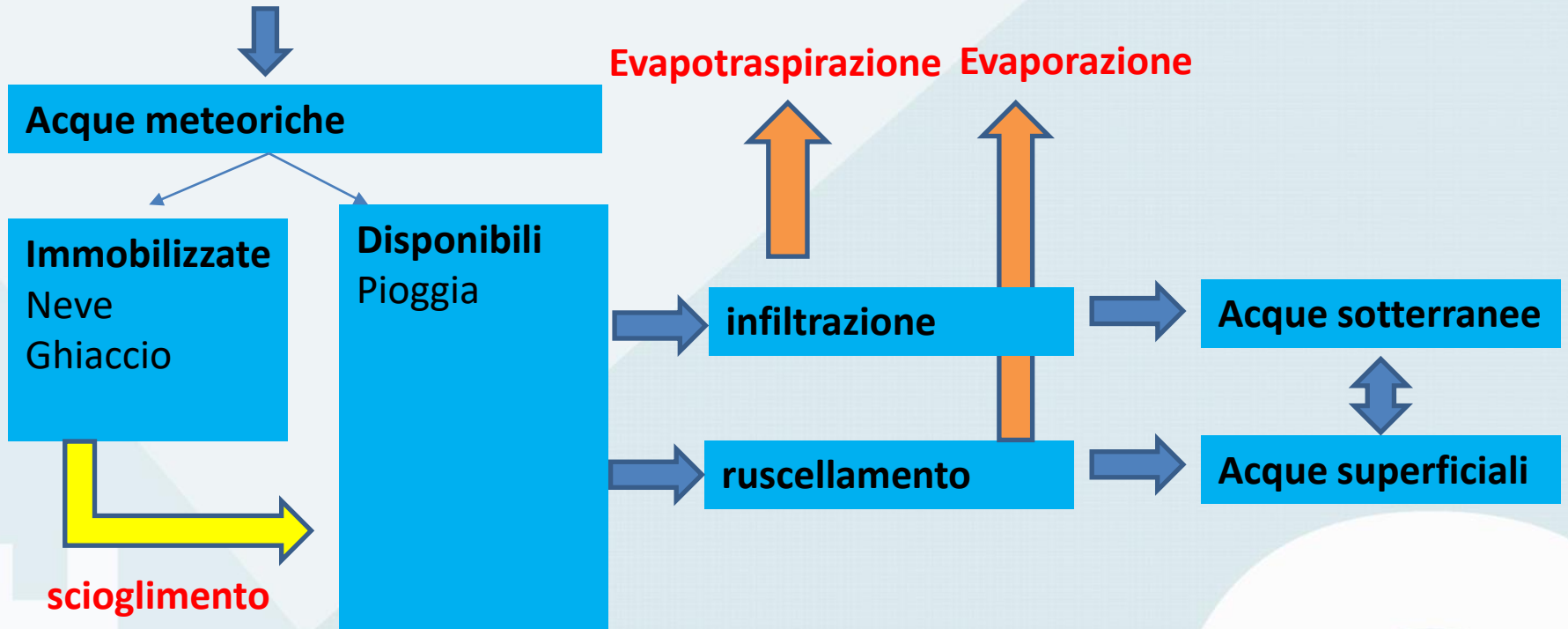
Didattica ARPA VDA

Pietro Capodaglio– ARPA Valle d'Aosta

IL CICLO IDROLOGICO



Alimentazione



Le acque «dolci» sono suddivise in:

METEORICHE

pioggia, neve, grandine,
nebbia ...(origine di tutte le altre
forme di acque dolci)

SUPERFICIALI

sono direttamente accessibili
e visibili ai nostri occhi

fiumi, torrenti, laghi

SOTTERRANEE

sono nascoste e si muovono nel
sottosuolo

falde e sorgenti

GHIACCIO

stoccato nelle di alta montagna, zone
artiche e soprattutto antartiche

ghiacciai, calotte
glaciali

Unica risorsa interconnessa

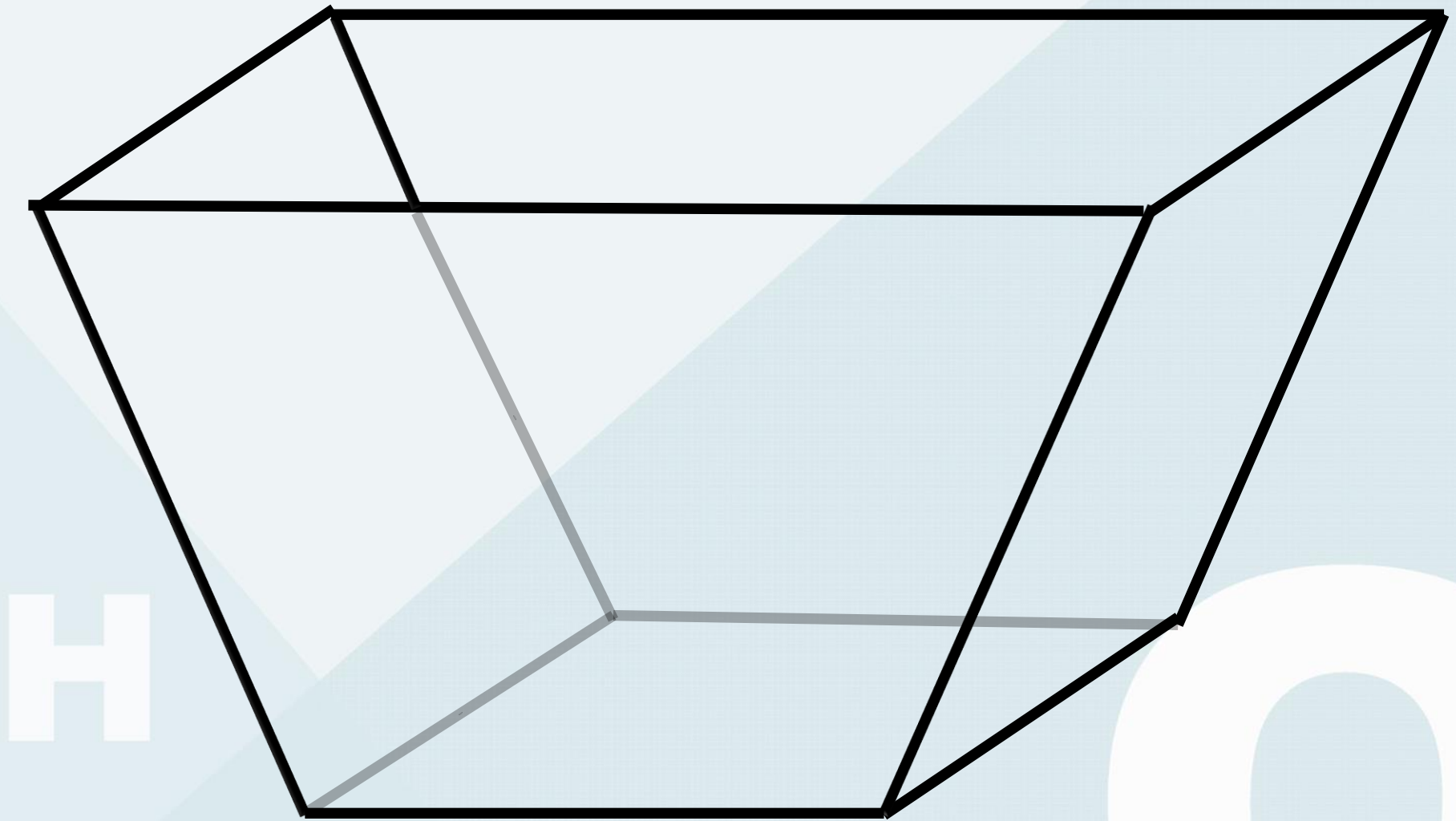
seppur regolata da velocità di flusso e meccanismi di
alimentazione diversi

B
I
O
L
O
G
I
A

I
D
R
O
L
O
G
I
A

I
D
R
O
G
E
O
L
O
G
I
A

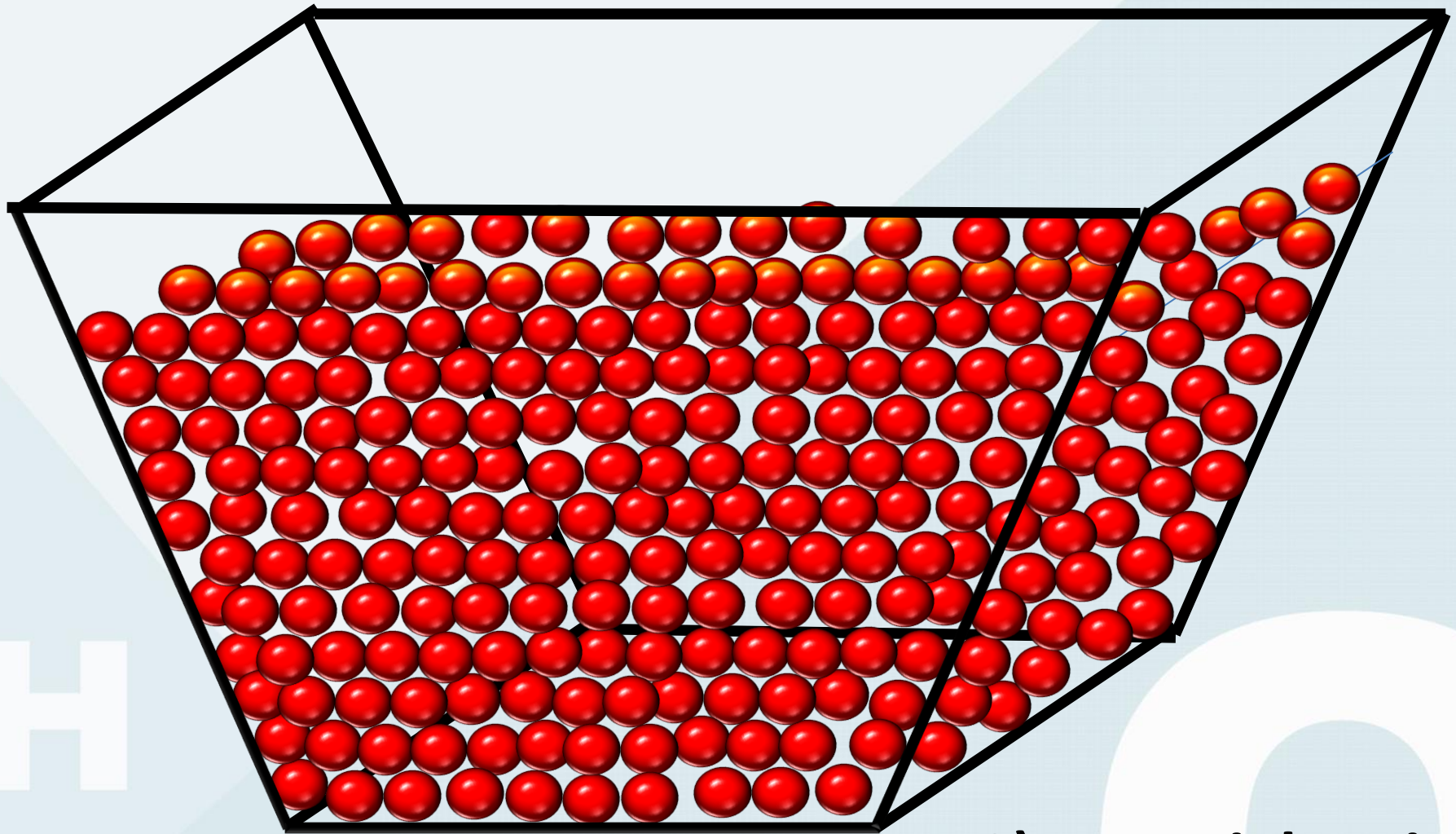
C
L
I
M
A
T
O
L
O
G
I
A



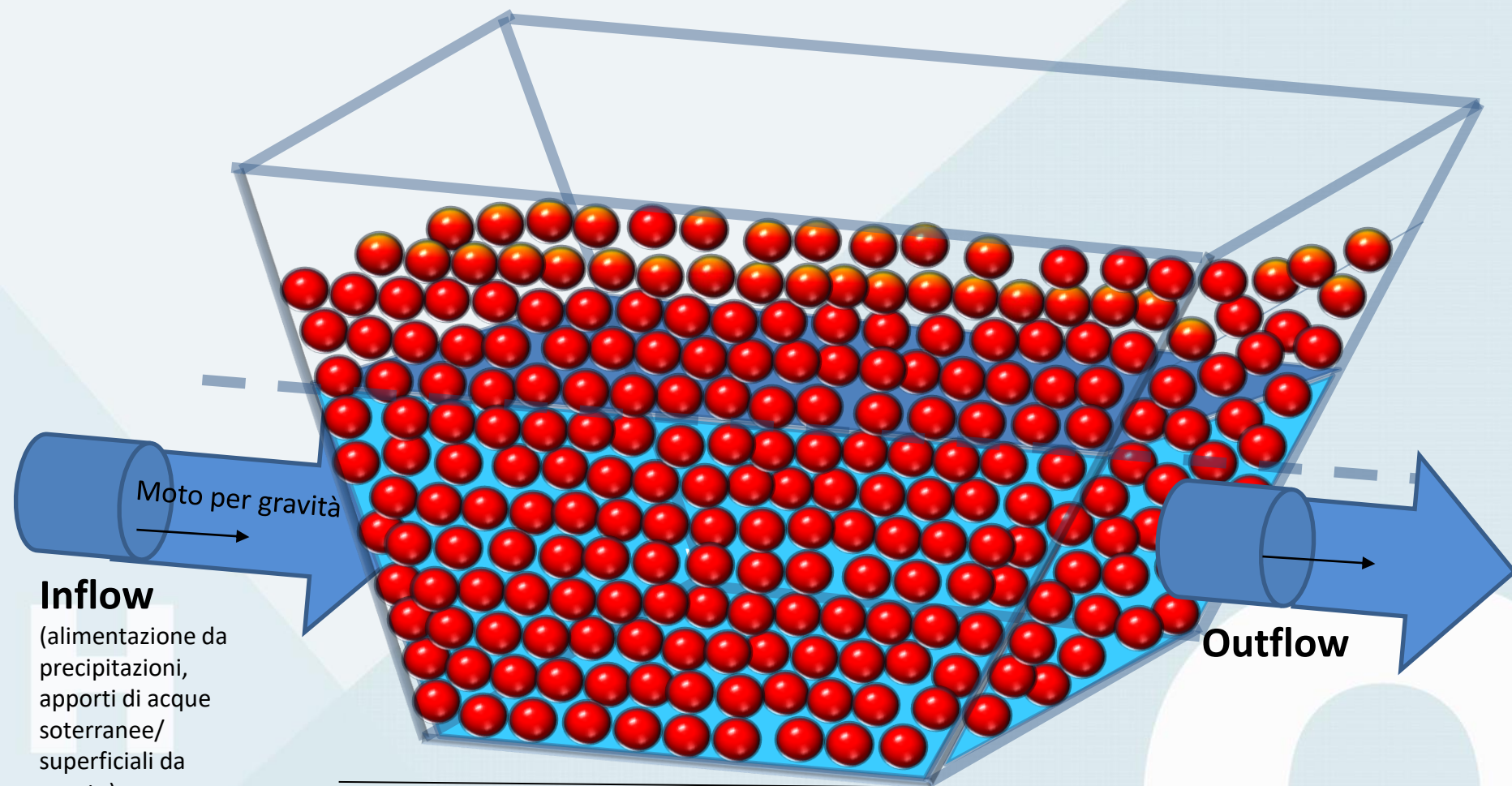
H

2

1) Contenitore



2) Materiale sciolto
contenitore + materiale sciolto = serbatoio

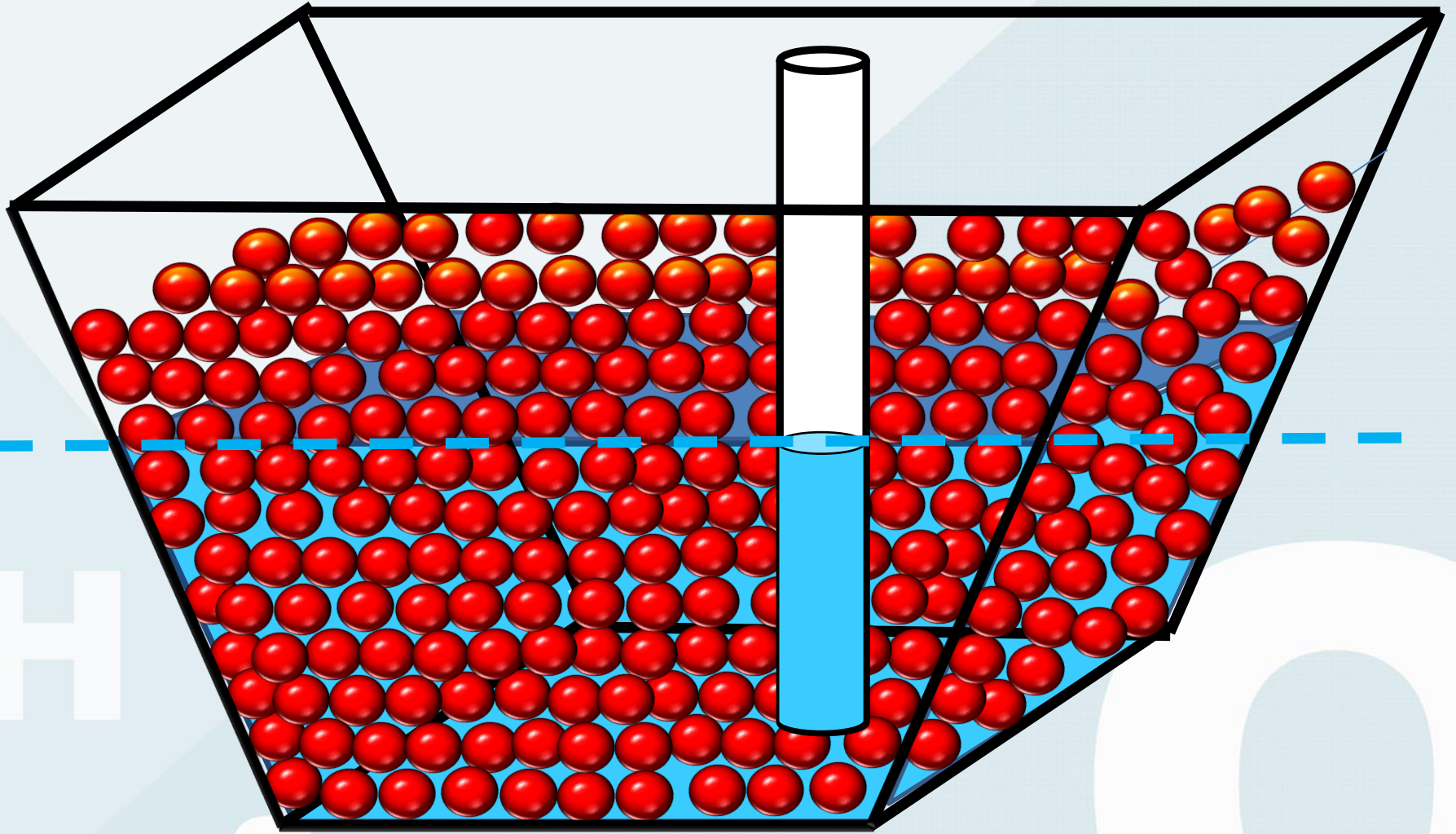


Inflow

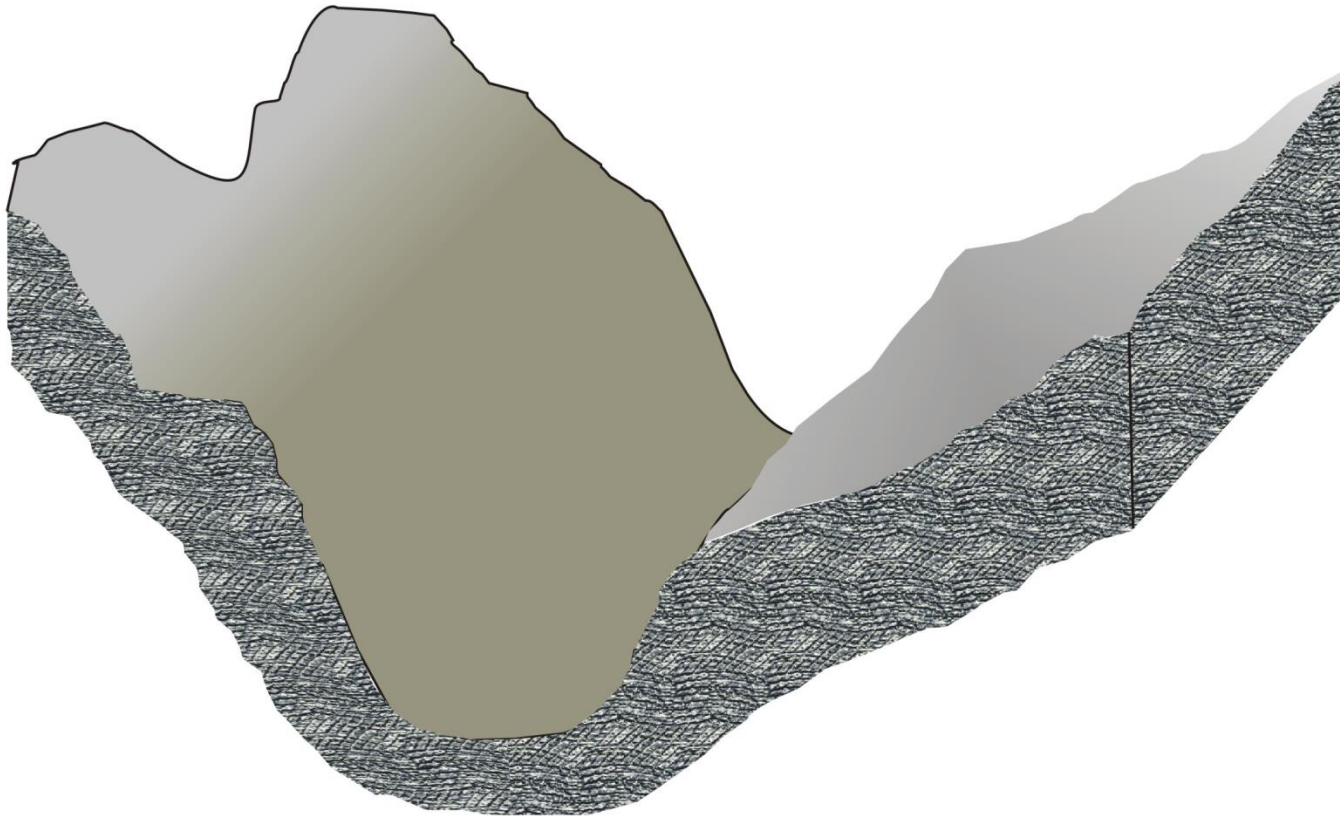
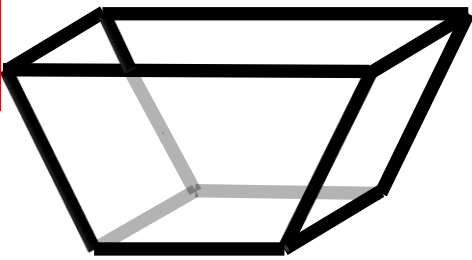
(alimentazione da precipitazioni, apporti di acque sotterranee/ superficiali da monte)

Outflow

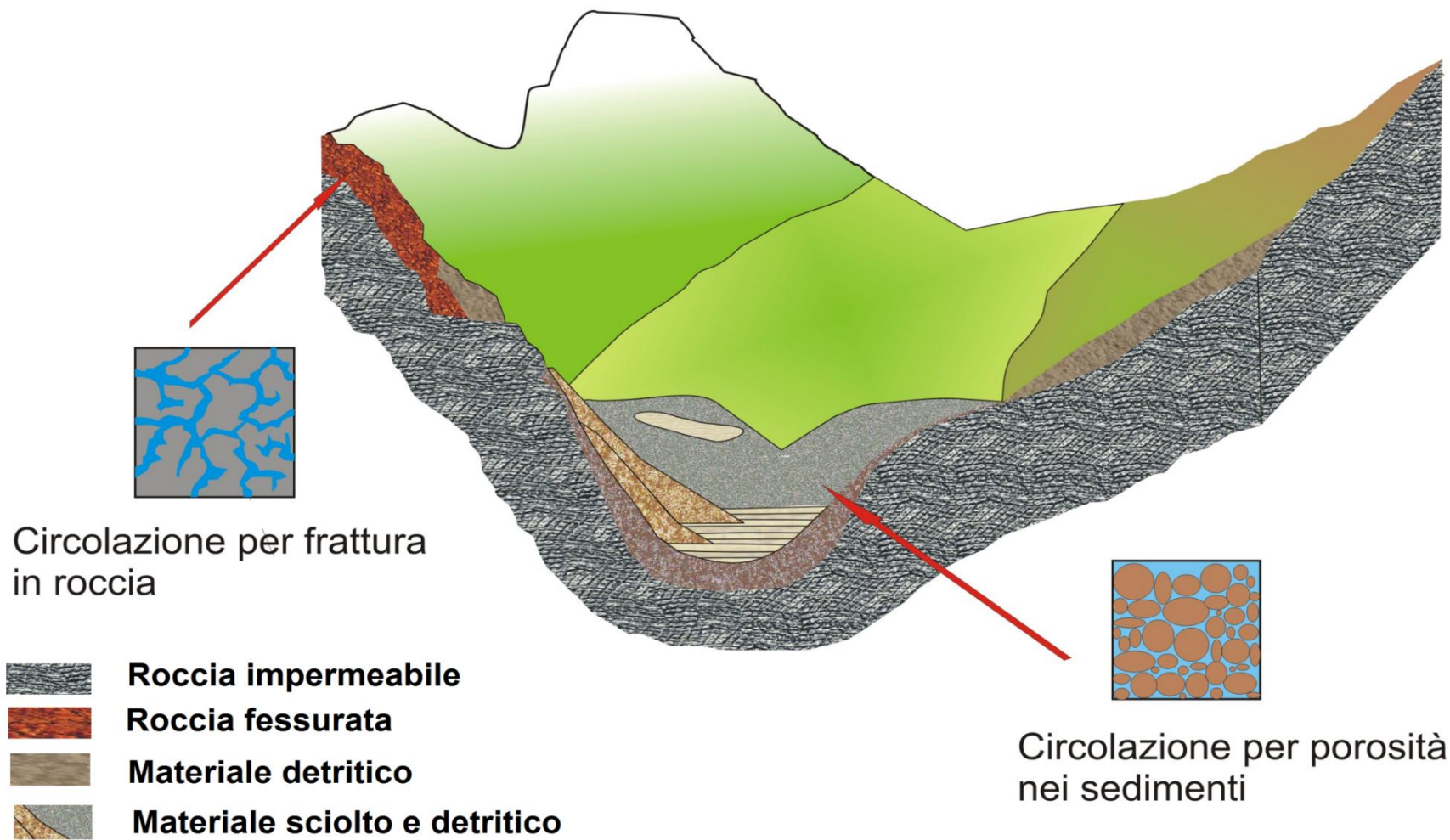
2



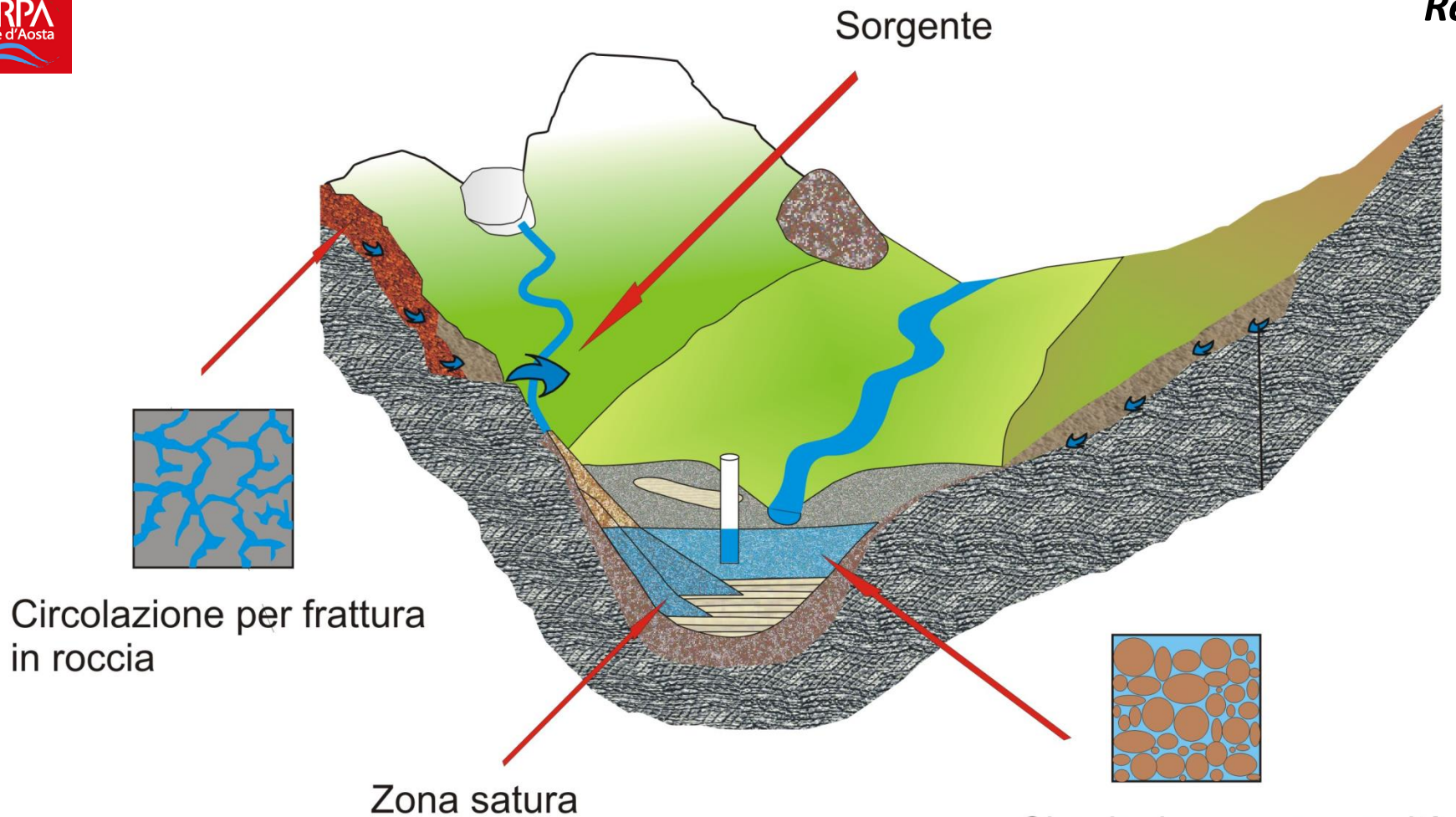
captazione - pozzo



1) Contenitore: ad es, una valle alpina....



contenitore + materiale sciolto = serbatoio



Circolazione per frattura
in roccia

Zona satura

Circolazione per porosità
nei sedimenti



Roccia impermeabile

Roccia fessurata

Materiale detritico

Materiale sciolto e detritico

Acqua sotterranea

serbatoio + acqua = acquifero

Affioramento della
falda freatica a
seguito di scavi
superficiali in terreni
alluvionali



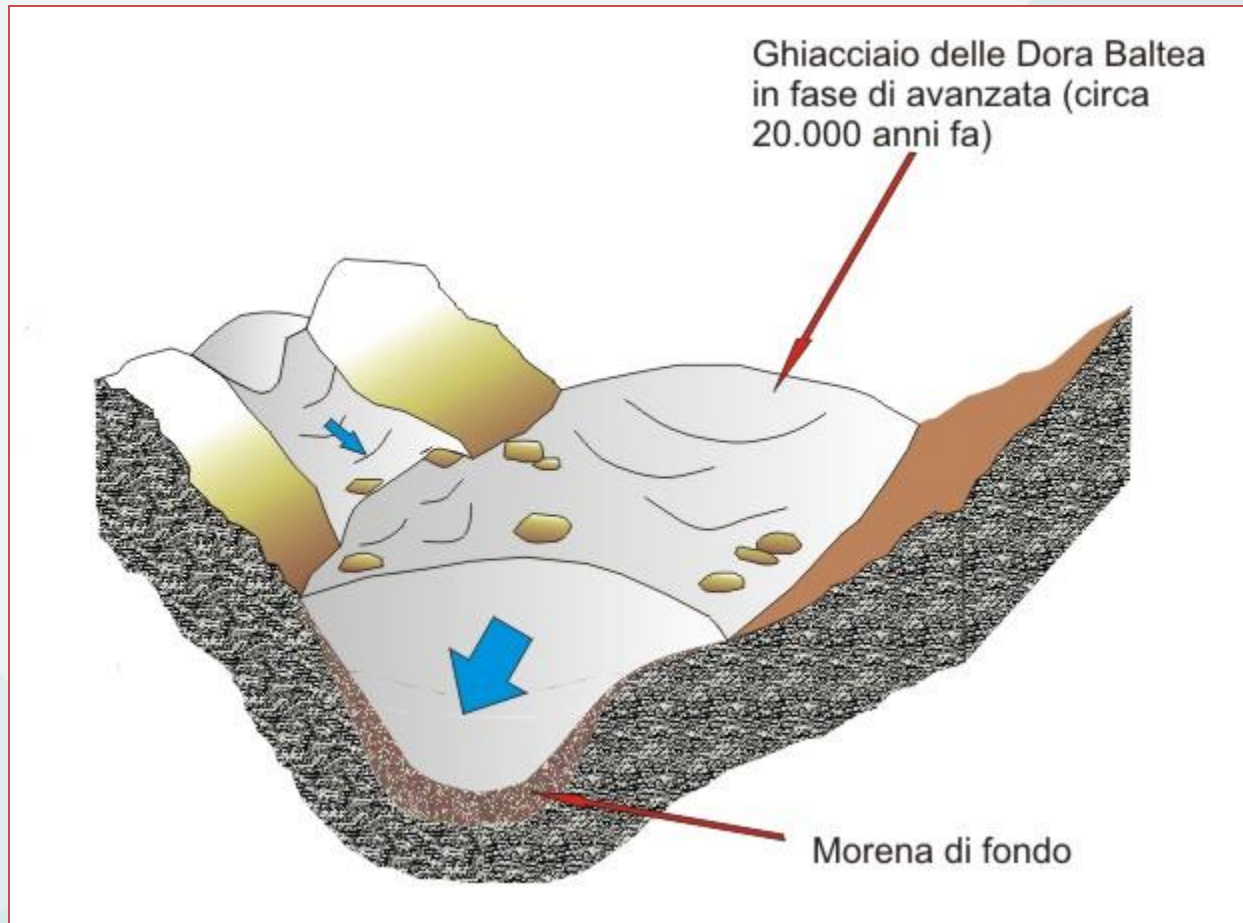
H

2

La storia geologica degli acquiferi in Valle d'Aosta inizia durante l'ultima glaciazione...



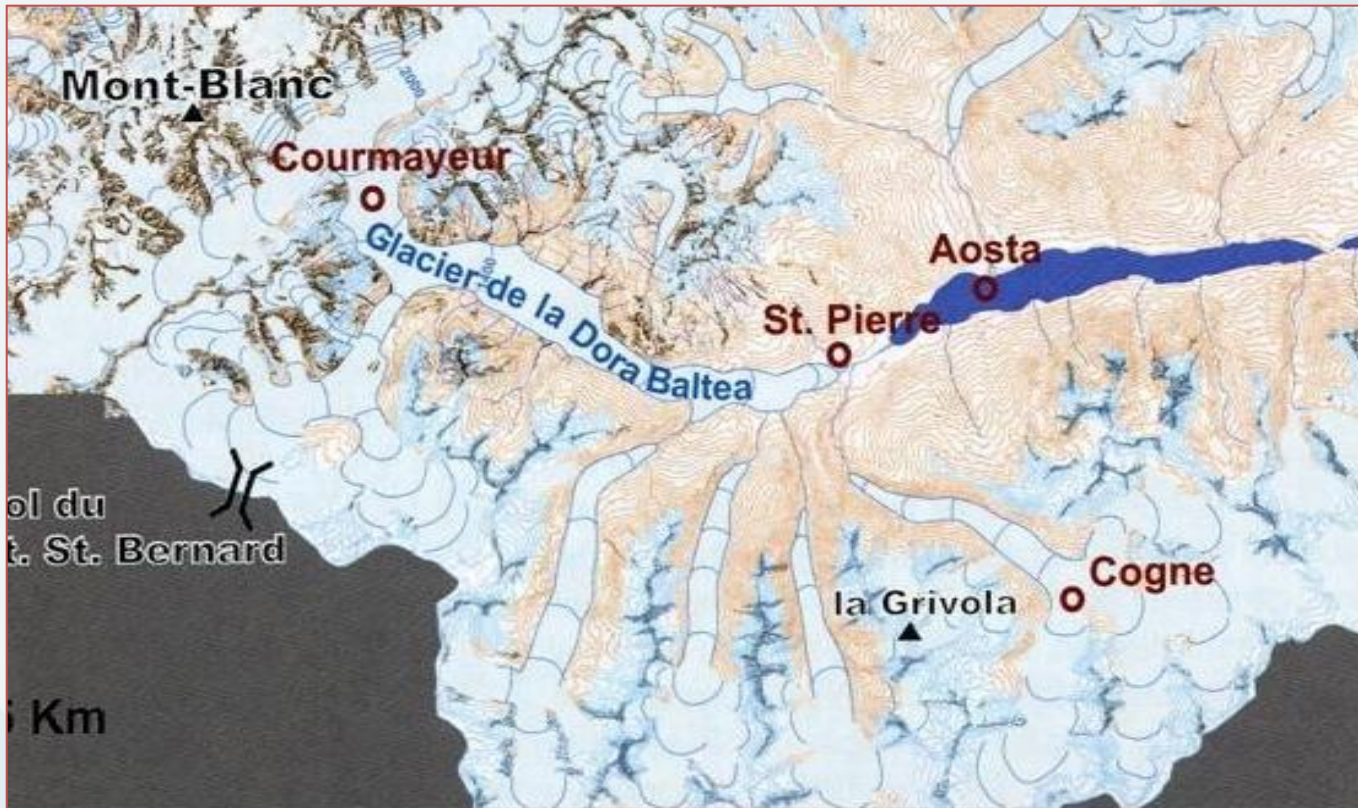
20.000 anni fa: la massima espansione glaciale.....



...il fondovalle era coperto completamente da una spessa coltre glaciale...

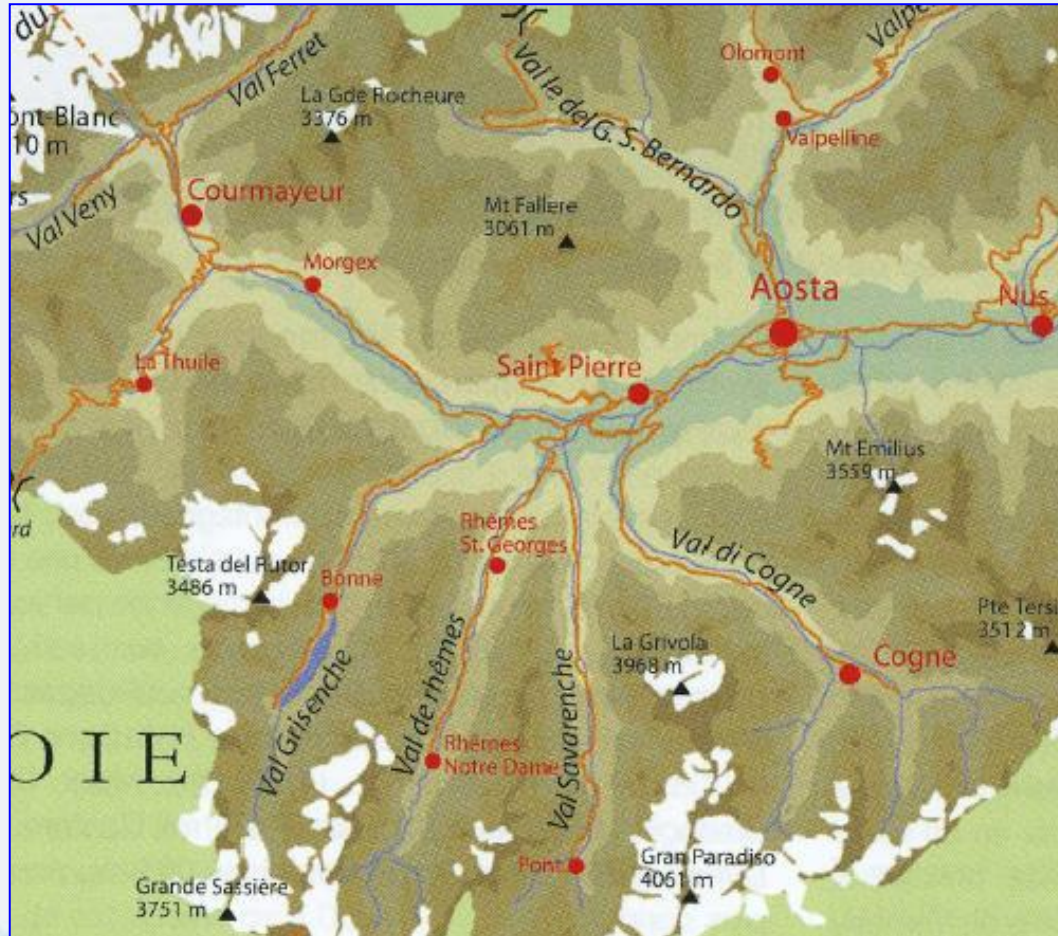


...15000 anni fa: il ghiacciaio comincia a ritirarsi.....

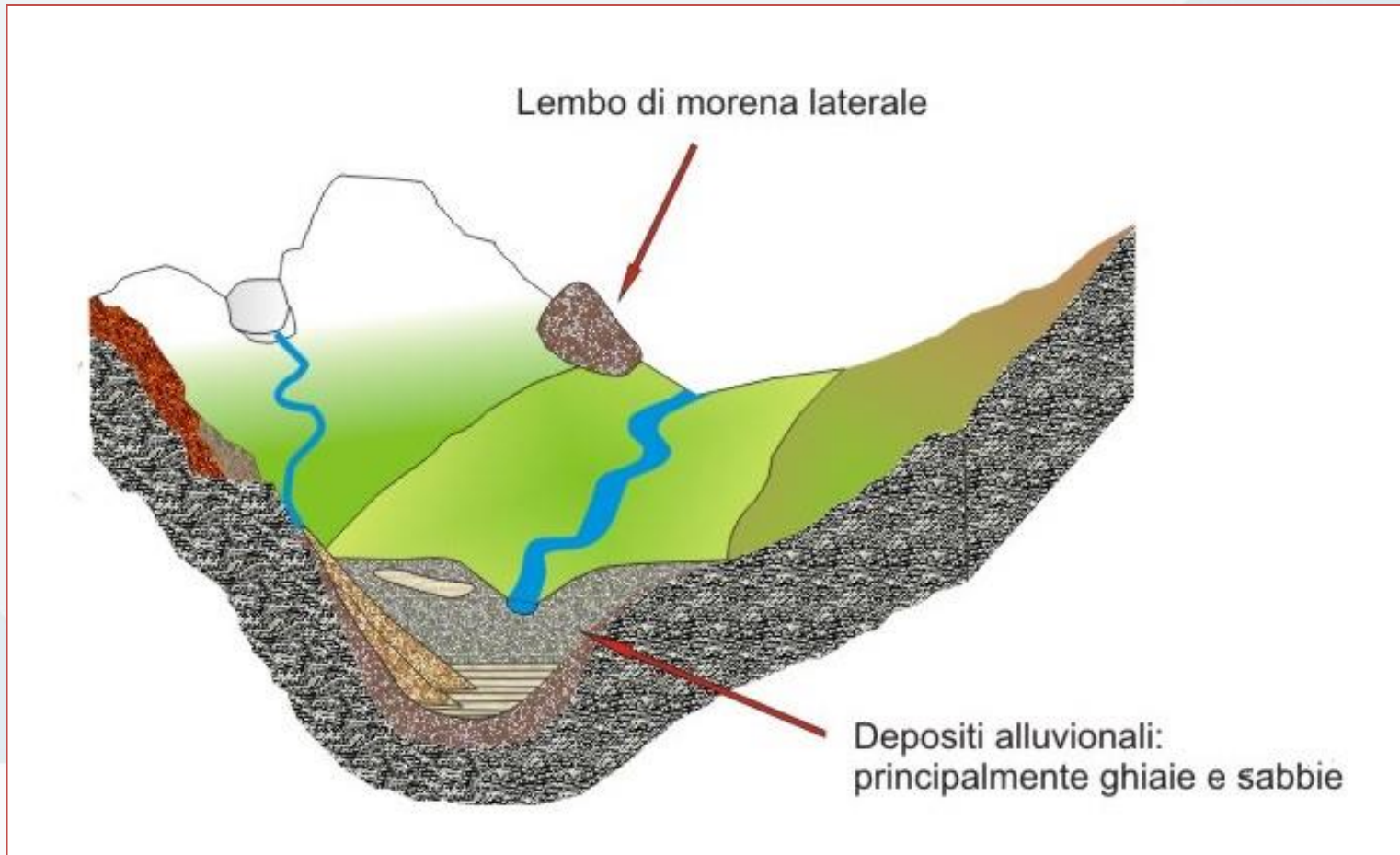


....il ritiro continua.....

2



...sino alla situazione attuale



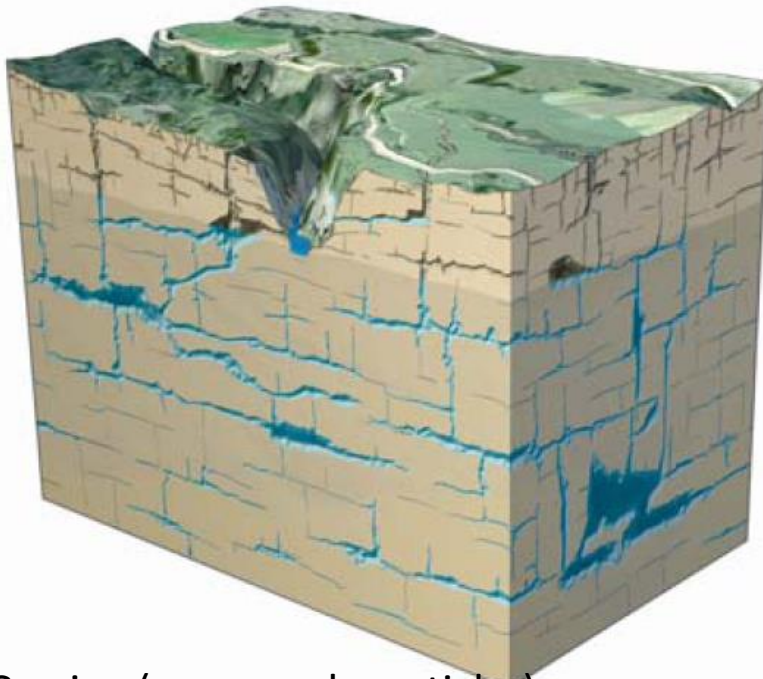
Oggi: il ghiacciaio ha lasciato una valle ad “U”.

Il corso d’acqua principale ha deposto sull’intero fondovalle uno spessore notevole di sedimenti alluvionali sabbioso-ghiaiosi

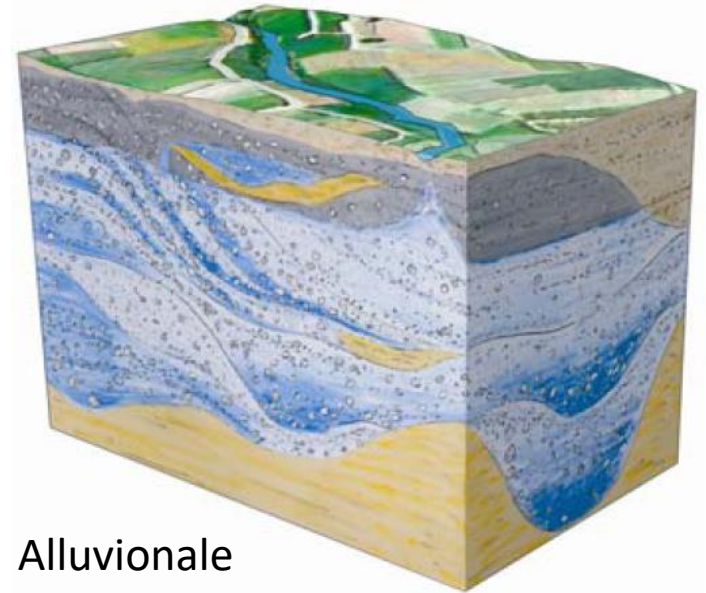
Condizioni per l'esistenza delle acque sotterranee:

1. **Alimentazione** —————→ è funzione del clima
(precipitazioni, ghiacciai,..)
2. **permeabilità e porosità** —————→ è funzione della geologia
(capacità di contenere e veicolare l'acqua) dei materiali che costituiscono il sottosuolo

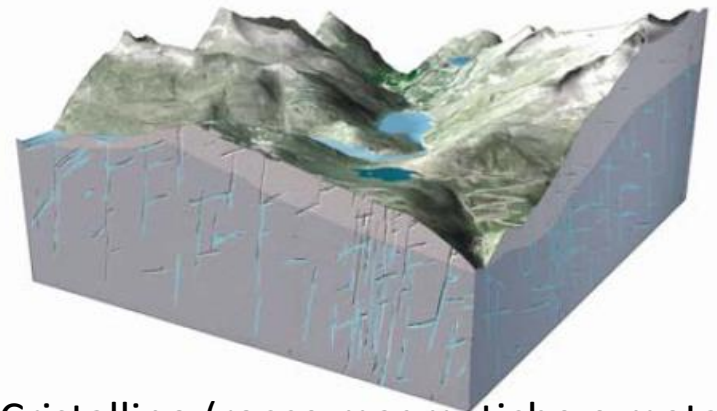
Principali ambienti idrogeologici



Carsico (rocce carbonatiche)



Alluvionale

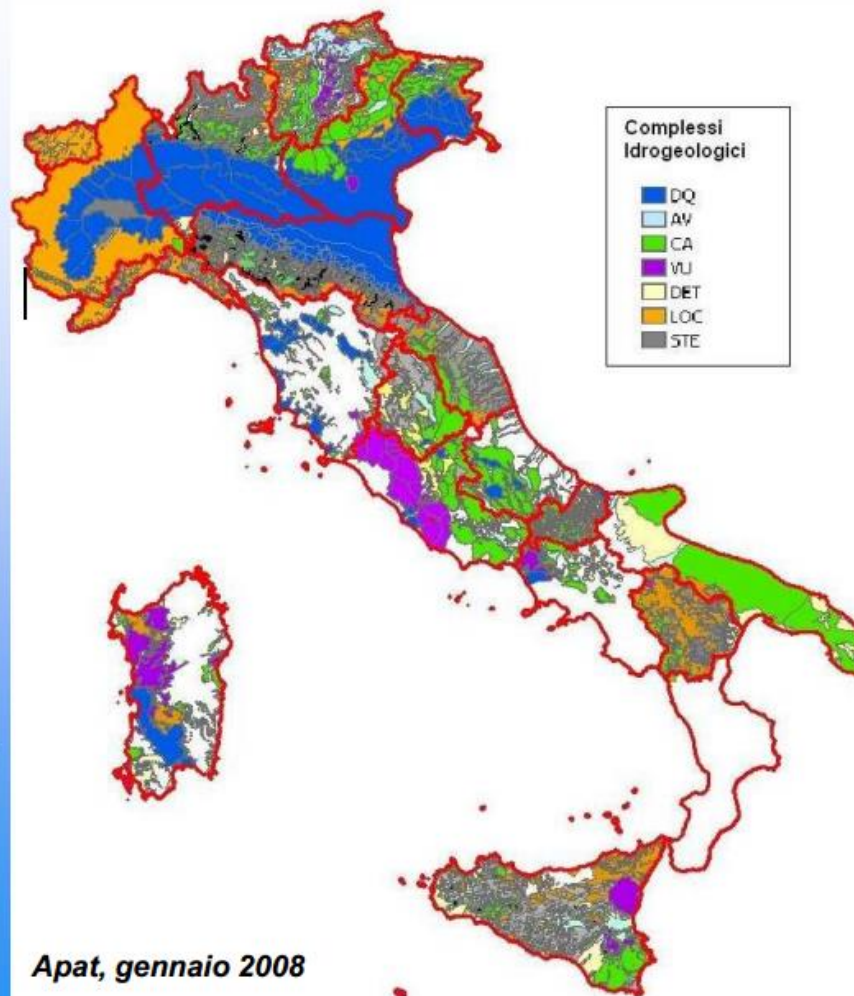


Cristallino (rocce magmatiche e metamorfiche)

Ambienti idrogeologici in Italia

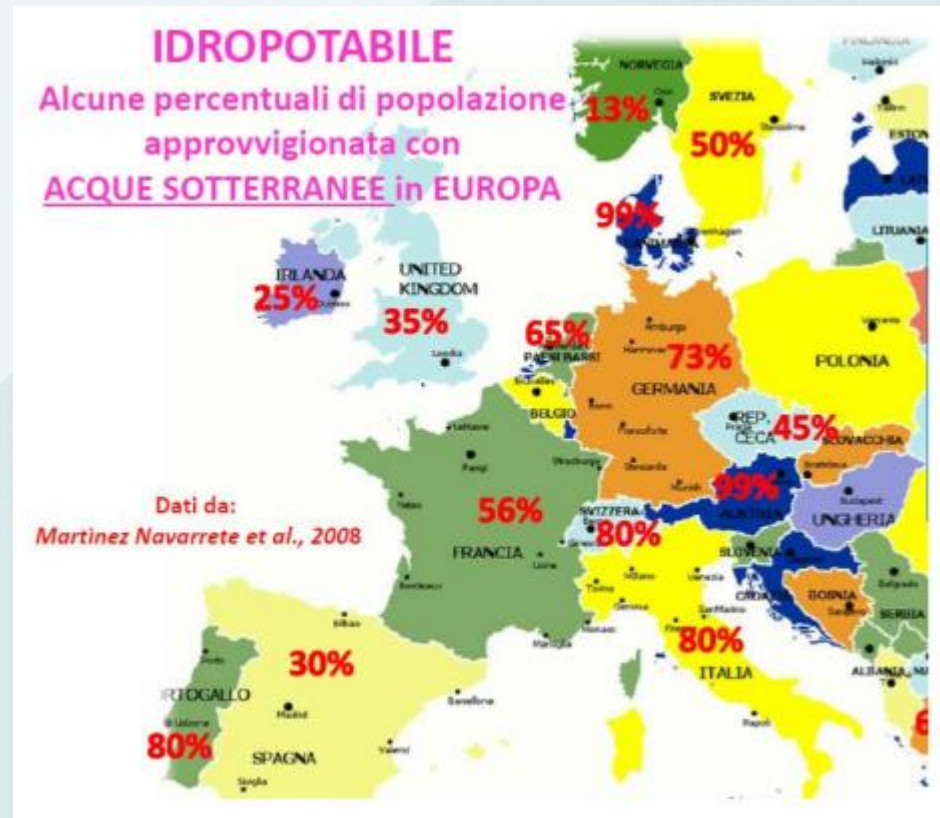
Complessi idrogeologici (Tabella 1 All.1 D.Lgs. 30/2009) (Fried, Mouton e Mangano, 1982)

<u>Acronimo</u>	<u>Complessi idrogeologici</u>
DQ	Alluvioni delle depressioni quaternarie
AV	Alluvioni vallive
CA	Calcari
VU	Vulcaniti
DET	Formazioni detritiche degli altipiani plio-quaternarie
LOC	Acquiferi locali
STE	Formazioni sterili

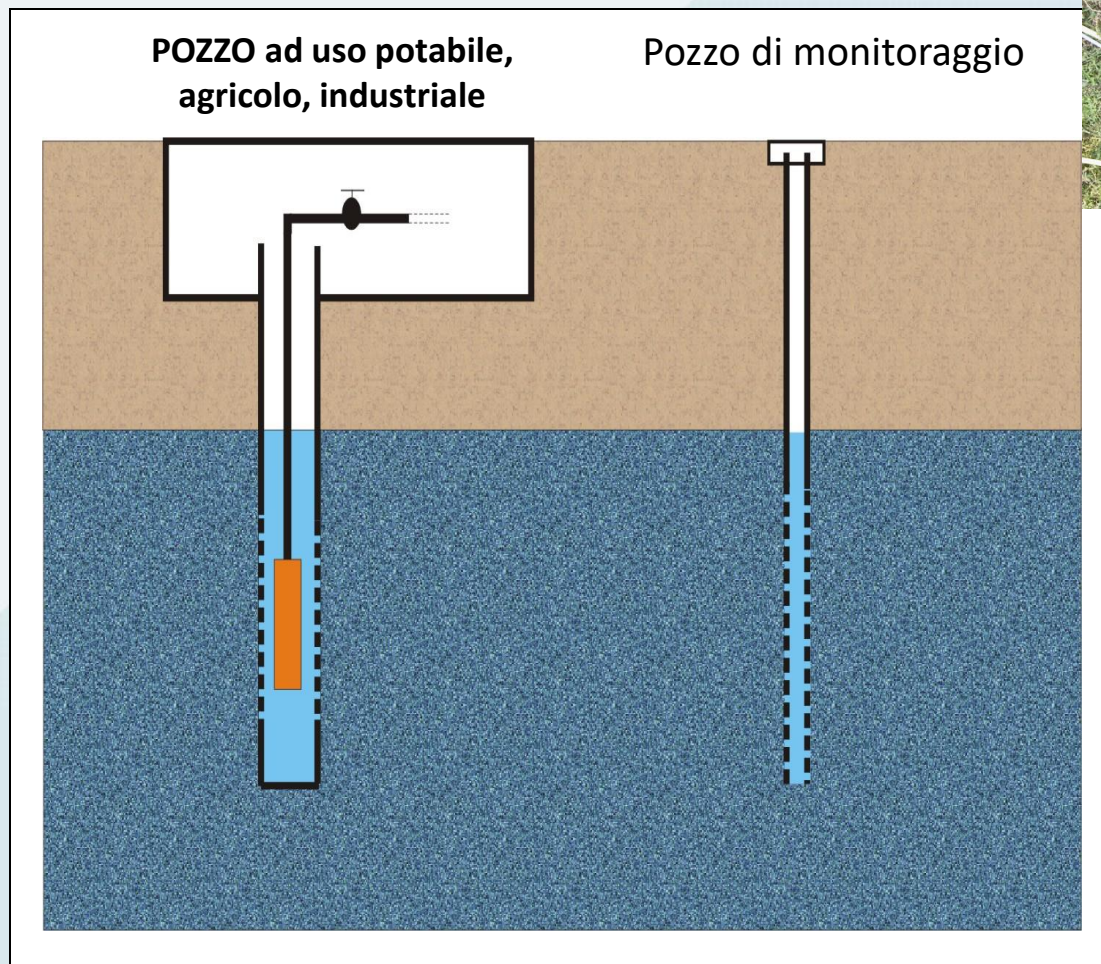


Importanza delle acque sotterranee: sono una risorsa....

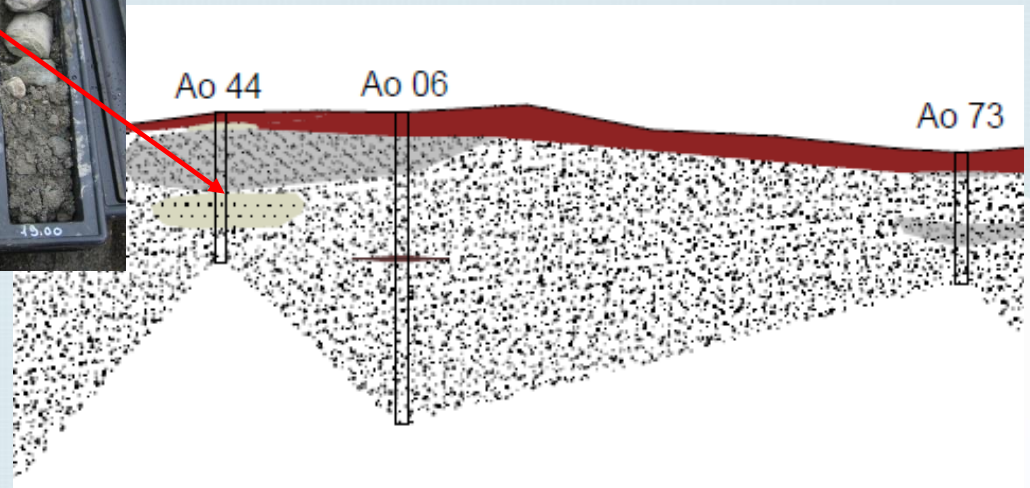
- ✓ pregiata
- ✓ protetta naturalmente dagli inquinamenti provenienti dalla superficie
- ✓ massicciamente utilizzata per tutti gli usi (pozzi ad uso potabile – industriale - agricolo)
- ✓ abbondante e disponibile in tutte le stagioni



Come si studiano le acque sotterranee: indagini DIRETTE



In fase di perforazione è possibile studiare e ricostruire la litologia del terreno attraversato (stratigrafia)



Indagini non scientifiche: la raddomanzia.....



Acquifero libero



Livello piezometrico

Livello dell'acqua «libera» all'interno del punto di misura Rappresenta il carico idraulico della falda – è alla base del movimento dell'acqua nel sottosuolo

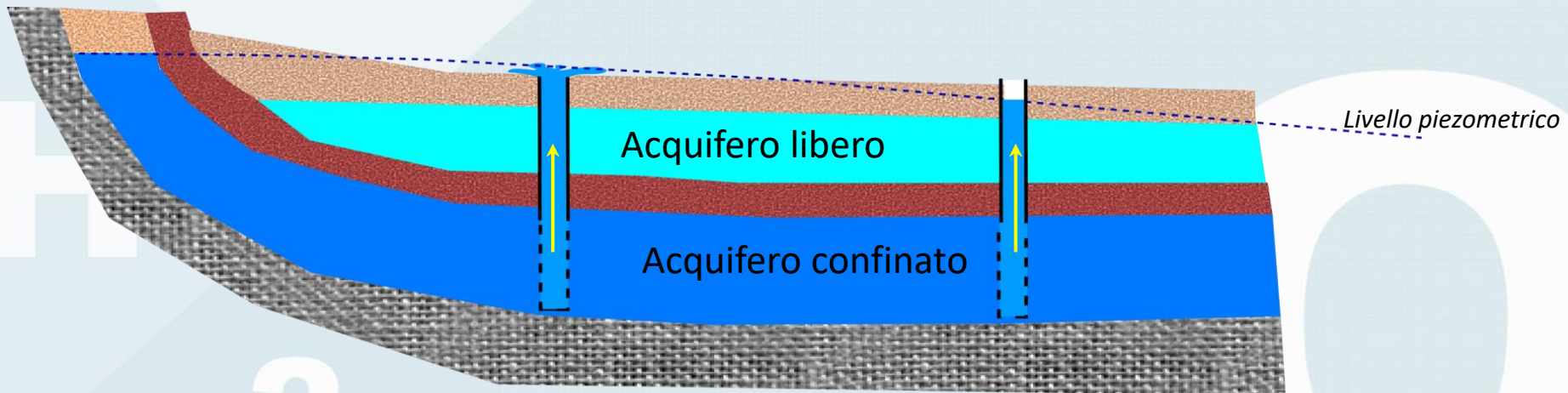
- Delimitato solo inferiormente da un livello impermeabile
- La falda superiormente libera può muoversi in verticale in funzione delle condizioni di alimentazione (escursione)
- Nei pozzi o piezometri il livello dell'acqua corrisponde all'altezza della falda libera nel terreno

Acquifero confinato

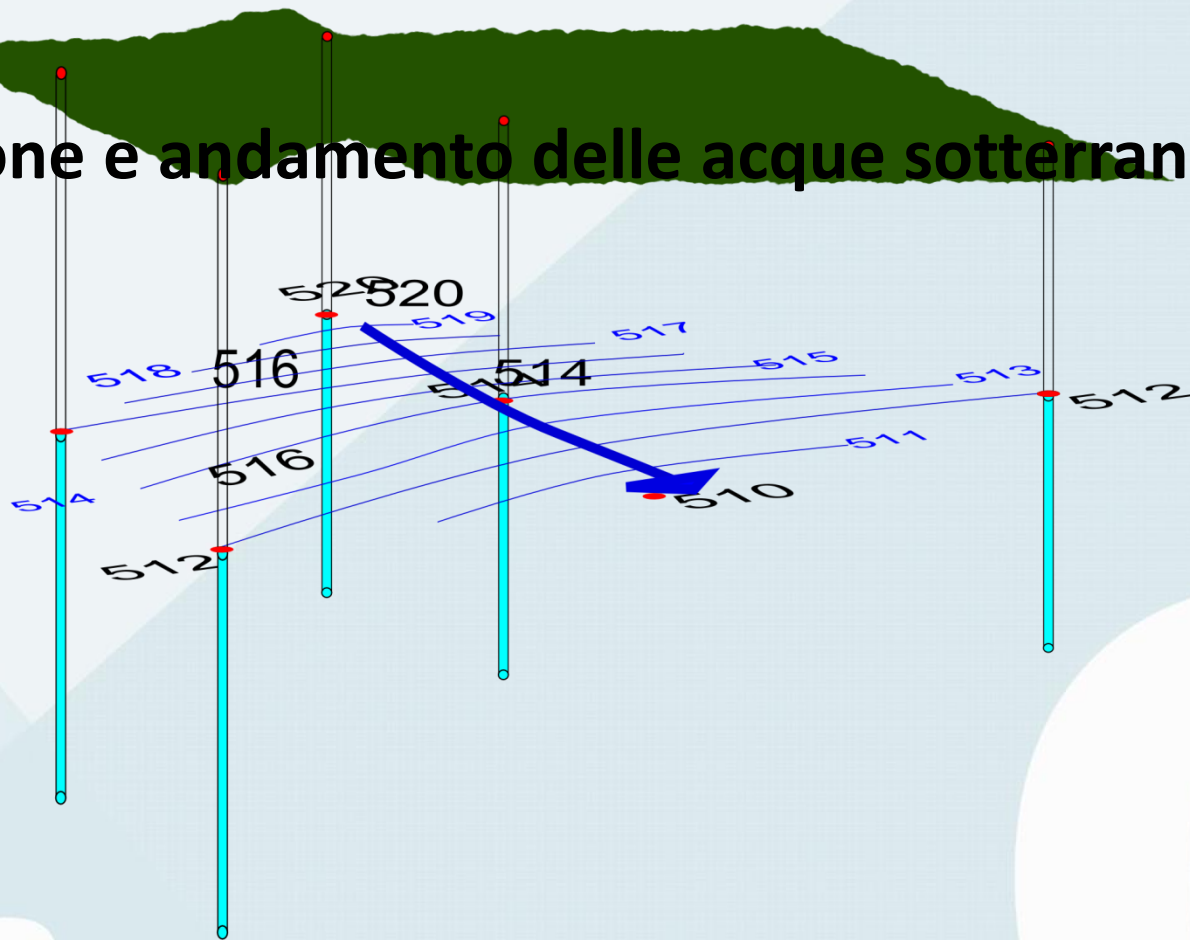
- Delimitato superiormente ed inferiormente da un livelli impermeabili
- subisce una pressione (geostatica) dall'alto verso il basso pari alla colonna di terreno sovrastante.



L'acqua al suo interno è in pressione e se "libera" raggiunge quote maggiori al tetto impermeabile superiore

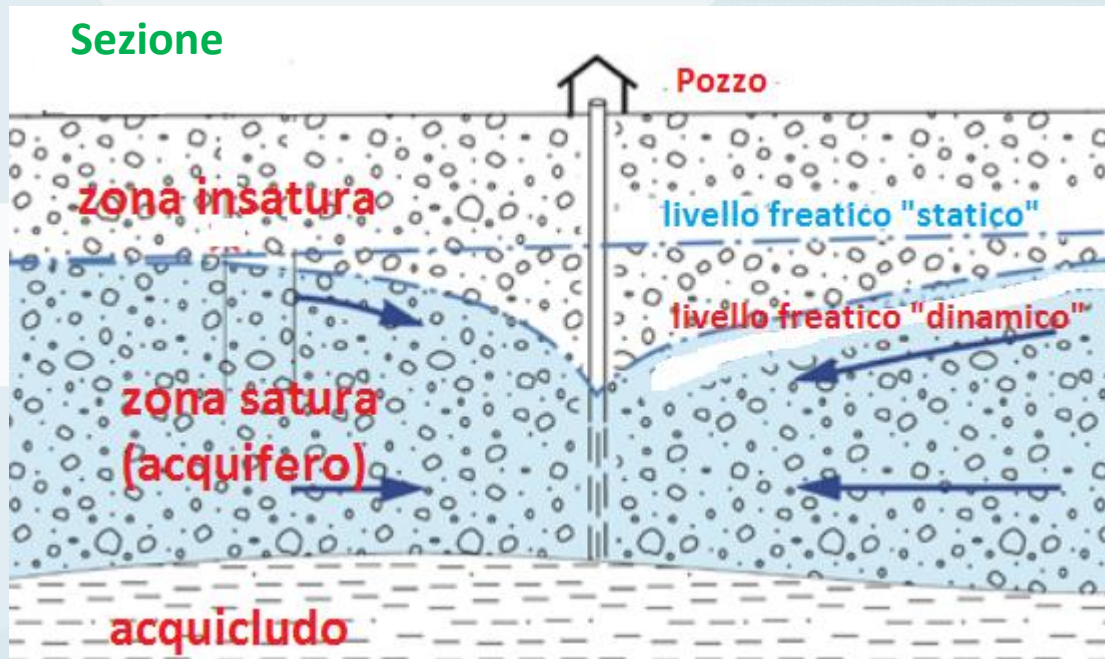
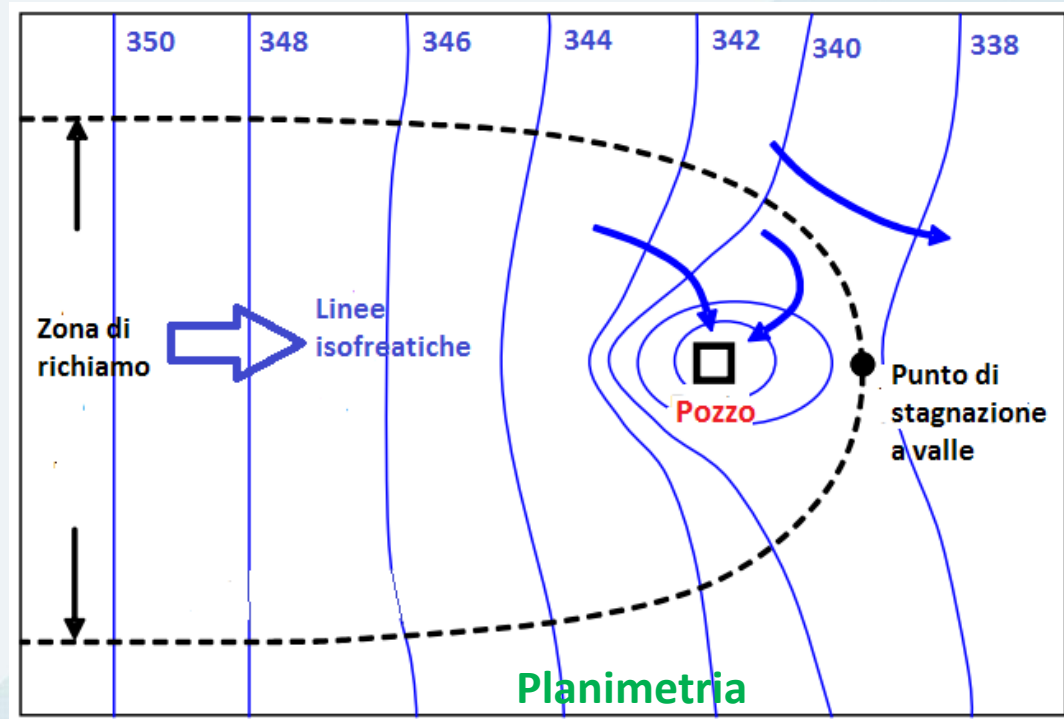


Direzione e andamento delle acque sotterranee



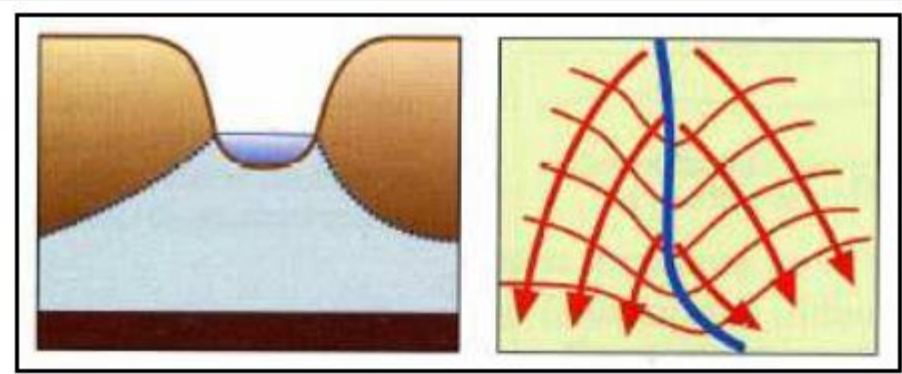
Come un fiume, le acque sotterranee hanno una loro direzione e velocità (bassa).
La superficie del corpo idrico sotterraneo è un piano, debolmente inclinato da monte verso valle

Effetto di un pozzo in esercizio sulla morfologia della falda



Le linee isofreatiche risultano deformate vicino al pozzo

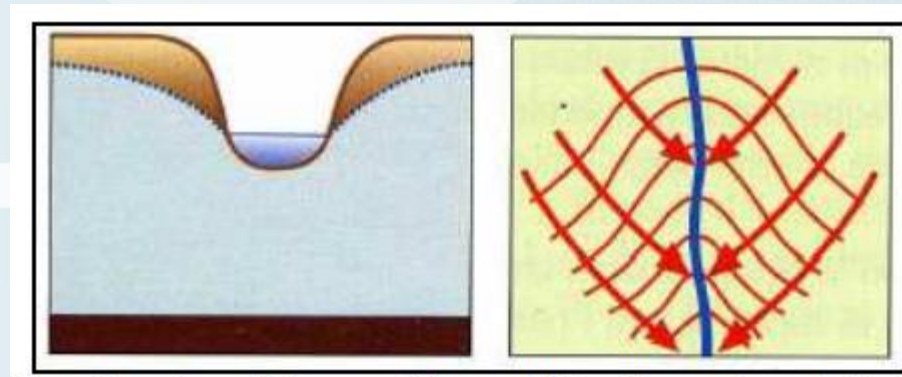
Rapporti fiume/falda



Sezione

In carta

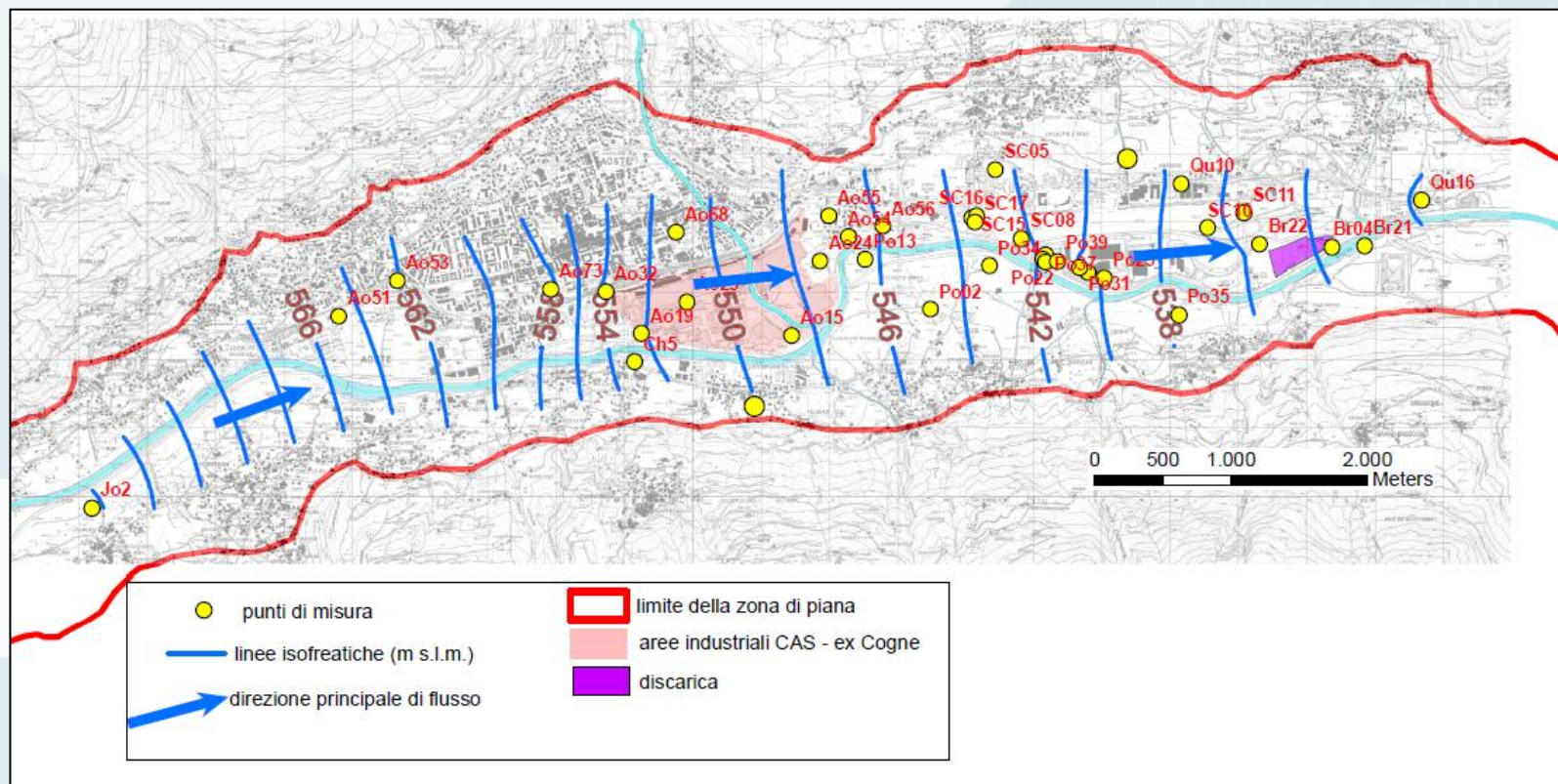
Il fiume alimenta la falda....



.....e viceversa

Rapporti variabili, nello stesso punto, nei periodi di piena/magra

Carta piezometrica della piana di Aosta



Chimismo delle acque

- Acqua meteorica assimilabile a acqua distillata
- Durante il passaggio nell'atmosfera si arricchisce in CO₂, che in acqua diventa acido carbonico
- Penetrando nel terreno, l'acqua (a causa dell'acido carbonico) aggredisce (azione solvente) le rocce
- Le rocce più attaccabili sono quelle carbonatiche: i Carbonati di Ca e Mg diventano Bicarbonati solubili di Ca e Mg
- Quindi, i principali componenti di un'acqua naturale sono solitamente Ca, Mg e Bicarbonato

H

2

O

Geochimica delle acque

Le acque sono in equilibrio chimico-fisico con la matrice che le ospita. Le acque assumono quindi le caratteristiche chimiche delle rocce circostanti.

Mineralizzazione : progressiva messa in soluzione ed accumulo nell'acqua di elementi e molecole (stato ionico e colloidale) provenienti dal terreno e dalle rocce

Principali macrodescrittori geochimici:

Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} , K^{+} ,
 Cl^{-} , SO_4^{--} , HCO_3^{-} , NO_3^{-}
 SiO_2

*Espressi in
 mg/l (ppm)*

alcune rocce cedono altri loro elementi caratteristici come alcuni metalli :

Al , Cu , Fe , Mn , Cr

*Espressi in
 $\mu\text{g/l}$ (ppb)*

Le condizioni di pH e ossigenazione sono fondamentali nel regolare l'equilibrio degli elementi presenti nelle acque di falda

Esempio di risultati analitici

Geochimica delle acque

Codice ARPA			SP6	Jo2	Ao51	Ao73	Ao61	Ao68	Ao77	Ch5	Ao15	Ao19	Ao23
tipologia			piezometro	piezometro	piezometro	piezometro	piezometro	piezometro	piezometro	piezometro	piezometro	piezometro	piezometro
data prelievo - 2015			3/6	3/6	3/6	8/6	4/6	3/6	4/6	4/6	8/6	8/6	3/6
	U. di M.	Limiti D.Lgs.152/06											
pH			7,13	7,73	7,18	7,66	7,27	6,87	7,36	7,45	7,59	7,54	6,95
temperatura	°C		13,2	11,5	12,5	11,8	15,1	13,8	12,6	11,9	12,9	12,4	13,5
conduttività	µS/cm	2500*	685	408	545	462	813	791	654	757	737	665	695
ossigeno	mg/l		7,67	9,15	5,5	11,44	9,67	7,95	6,76	8,31	8,33	8,53	8,76
Bicarbonati	mg/l		217,7	133,4	190,1	191,6	285	197,3	233,7	200,6	224,4	255,5	222,5
Cianuri Liberi	µg/l	50*	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Durezza	mg/l		368,31	200,35	274,6	212,51	383,81	387,08	242,5	429,53	329,16	319,42	304,68
Ammonio	mg/l	0,5*	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,04	< 0,02
Calcio	mg/l		37,4	65,91	87,13	68,6	122,04	118,14	78,83	134,56	101,89	96,9	93,47
Cloruri	mg/l	250*	17,39	12,85	13,49	18,23	52,7	48,54	19,61	10,87	55,01	36,88	45,51
Fluoruri	µg/l	1500	< 70	129	111	108	93	105	122	156	335	161	249
Magnesio	mg/l		30,37	8,68	13,84	10	19,19	22,35	11,08	22,7	18,14	18,8	17,3
Nitrati	mg/l	50**	8,95	3,52	6,81	5,28	15,9	15,77	7,37	5,4	10,53	7,04	12,89
Nitriti	mg/l	0,5*	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Potassio	mg/l		2,22	1,96	1,85	1,83	2,58	2,98	2,63	1,91	3,27	2,49	2,25
Sodio	mg/l	200**	8,55	8,68	9,39	9,21	23,44	18,43	18,97	6,81	27,7	16,88	26,15
Solfati	mg/l	250	114,11	65,93	75,33	62,23	100,2	115,91	69,82	252,74	116,85	85,55	107,41
Alluminio	µg/l	200	< 4,76	< 4,76	< 4,76	< 4,76	< 4,76	< 4,76	10,06	< 4,76	< 4,76	< 4,76	12,57
Antimonio	µg/l	5	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20
Argento	µg/l	10	< 0,52	< 0,52	< 0,52	< 0,52	< 0,52	< 0,52	< 0,52	< 0,52	< 0,52	< 0,52	< 0,52
Arsenico	µg/l	10	< 2,96	< 2,96	< 2,96	< 2,96	< 2,96	< 2,96	< 2,96	< 2,96	< 2,96	< 2,96	< 2,96
Bario	µg/l		8,92	23,47	16,6	25,96	25,51	24,09	19,61	6,3	34,66	34,66	31,76
Cadmio	µg/l	5	< 2,96	< 0,56	< 0,56	< 0,56	< 0,56	< 0,56	< 0,56	< 0,56	< 0,56	< 0,56	< 0,56
Cromo	µg/l	50	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	1,06	< 0,17	4,64	1,61	10,83	2,79	177,1
CromoVI	µg/l	5	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	1,42	< 1,12	9,76	2,05	165,3
Ferro	µg/l	200	< 1,64	< 1,64	< 1,64	< 1,64	< 1,64	< 1,64	164,5	< 1,64	< 1,64	< 1,64	< 1,64
Manganese	µg/l	50	< 0,62	< 0,62	< 0,62	< 0,62	< 0,62	< 0,62	182,74	< 0,62	< 0,62	< 0,62	< 0,62
Mercurio	µg/l	1	< 0,36	< 0,36	< 0,36	< 0,36	< 0,36	< 0,36	< 0,36	< 0,36	< 0,36	< 0,36	< 0,36
Nichel	µg/l	20	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	5,73	< 0,5	0,79	< 0,5	< 0,5
Piombo	µg/l	10	< 0,87	< 0,87	< 0,87	< 0,87	< 0,87	< 0,87	< 0,87	< 0,87	< 0,87	< 0,87	< 0,87
Rame	µg/l	1000	< 0,49	< 0,49	< 0,49	< 0,49	< 0,49	< 0,49	7,29	< 0,49	< 0,49	< 0,49	< 0,49
Selenio	µg/l	10	2,41	< 0,92	< 0,92	< 0,92	2,91	3,51	< 0,92	< 0,92	4,11	< 0,92	< 0,92
Vanadio	µg/l	50*	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	1,56	< 0,09	< 0,09	2,33	< 0,09	< 0,09	< 0,09
Zinco	µg/l	3000	< 12,37	< 12,37	< 12,37	< 12,37	< 12,37	< 12,37	< 12,37	2,22	< 12,37	< 12,37	< 12,37
SOLVENTI CLORURATI													
Diclorometano	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,1-dicloroetilene	µg/l		< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Cloroformio	µg/l	0,15	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
1,1,1-tricloroetano	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tricloroetilene	µg/l	1,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tetracloroetilene	µg/l	1,1	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1	< 0,1	3,1	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Bromoformio	µg/l	0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Dibromoclorometano	µg/l	0,13	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Bromodichlorometano	µg/l	0,17	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
SOLVENTI AROMATICI													
benzene	µg/l	0,5	< 0,5	n.e.	< 0,5	n.e.	n.e.	n.e.	< 0,5	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Toluene	µg/l	0,5	< 0,5	n.e.	< 0,5	n.e.	n.e.	n.e.	< 0,5	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Etilbenzene	µg/l	0,5	< 0,5	n.e.	< 0,5	n.e.	n.e.	n.e.	< 0,5	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
o-Xilene	µg/l	0,5	< 0,5	n.e.	< 0,5	n.e.	n.e.	n.e.	< 0,5	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
MTBE	µg/l		< 0,5	n.e.	< 0,5	n.e.	n.e.	n.e.	< 0,5	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
m,p-Xilene	µg/l	0,5	< 0,5	n.e.	< 0,5	n.e.	n.e.	n.e.	< 0,5	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
IDROC. TOT.													
IPA	µg/l	5	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Pesticidi													
Pesticidi	µg/l	0,5 (sommatoria)	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
PCB	µg/l	0,01	< 0,05	n.e.	< 0,05	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.

* limite previsto dal D.Lgs.30/03 (monitoraggio della falda)

** limite previsto dal D.Lgs.31/01 (acque potabili)

n.e.: non eseguito

Criticità del territorio valdostano

- Falda “superficiale”
- Assenza di strati superficiali impermeabili di entità considerevole
- Coesistenza nel fondovalle di aree urbane-industriali e captazioni idropotabili



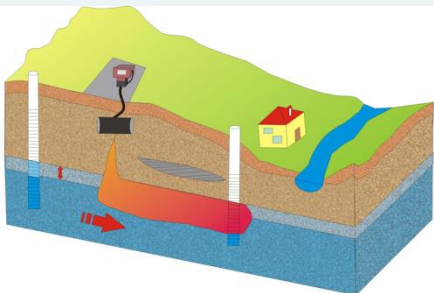
Sversamenti superficiali, serbatoi interrati, scorie o rifiuti interrati



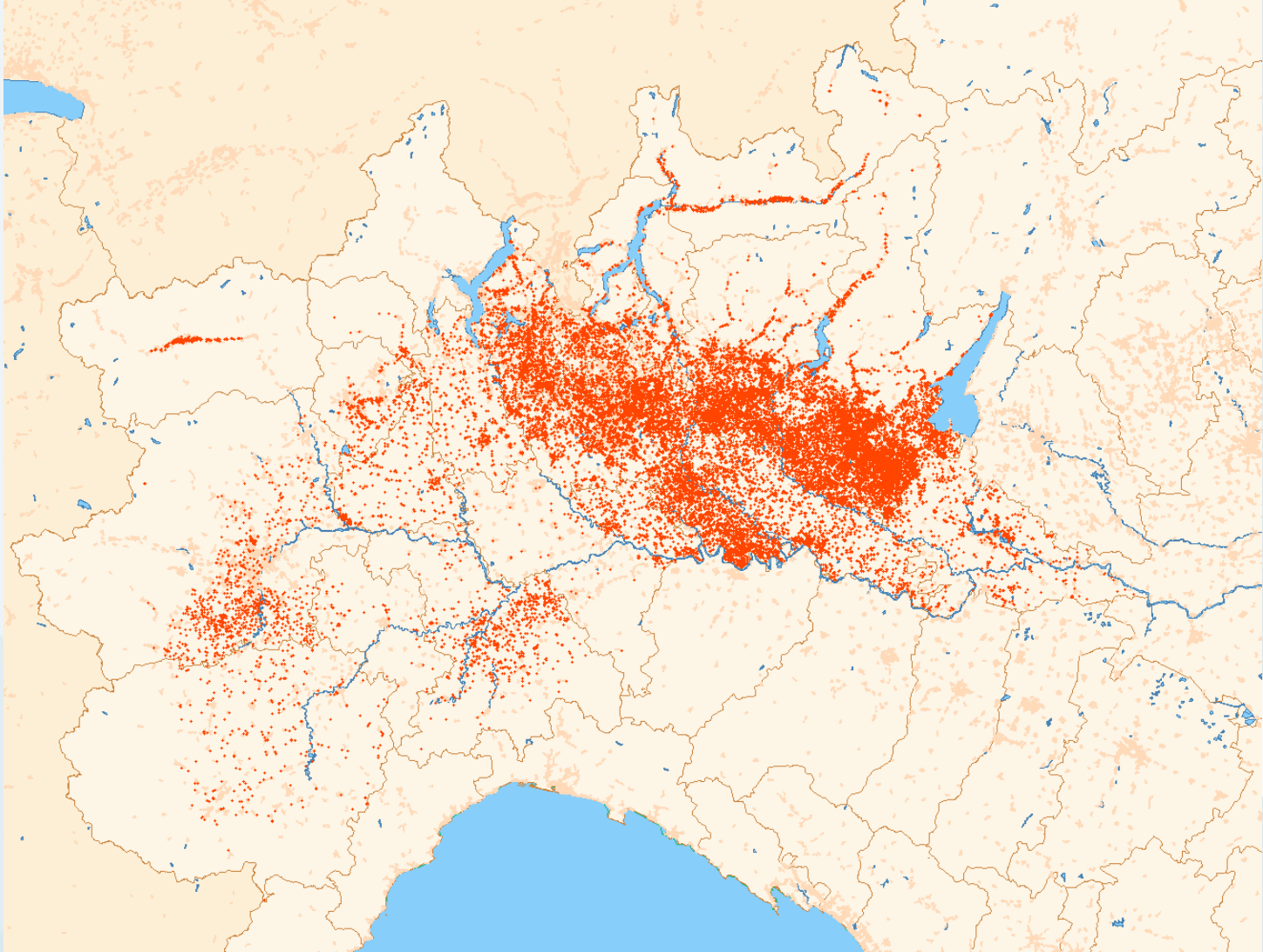
Precipitazioni e conseguente dilavamento



Contaminazione del terreno profondo e della falda



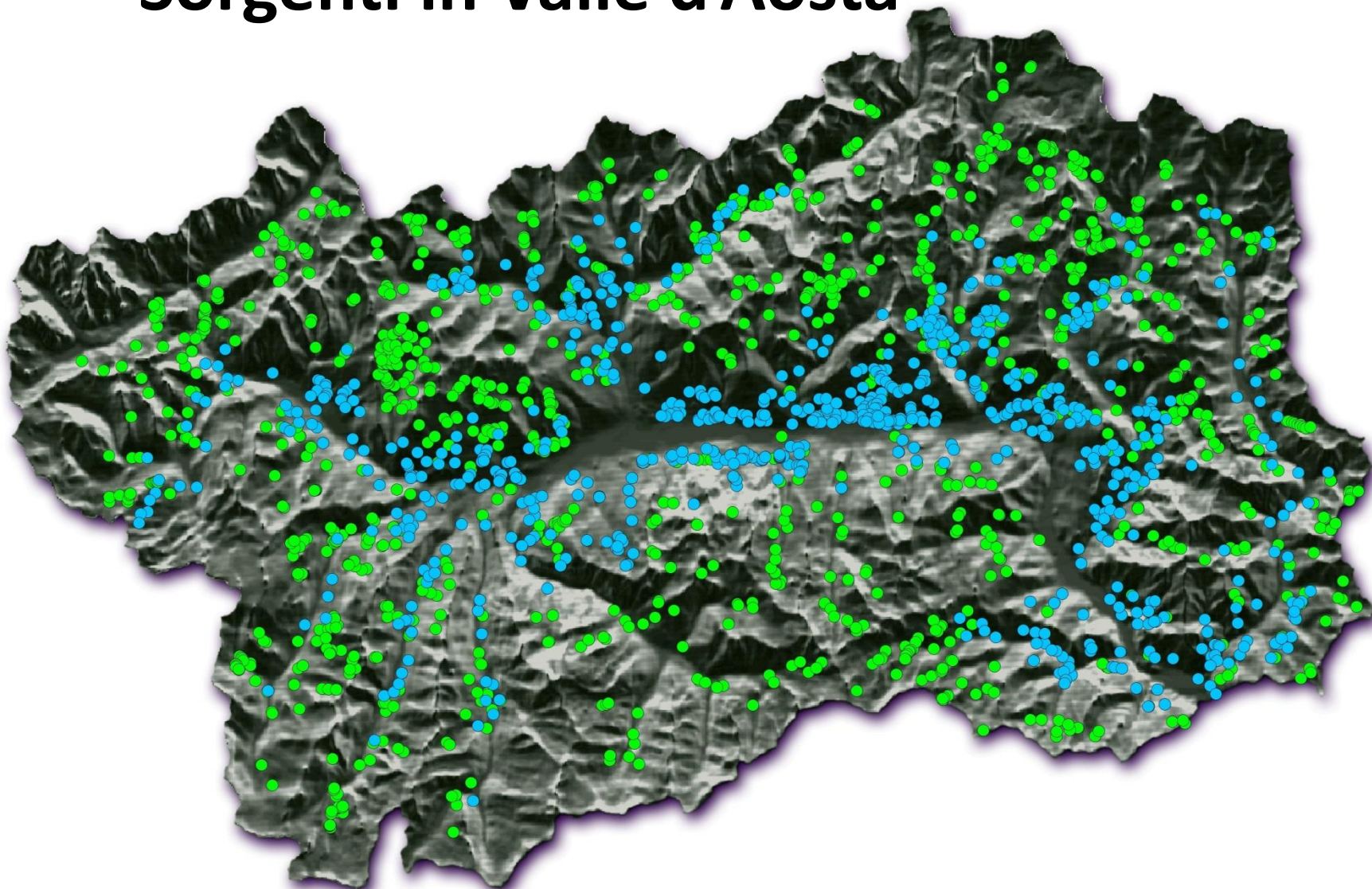
Pozzi nel nord Italia



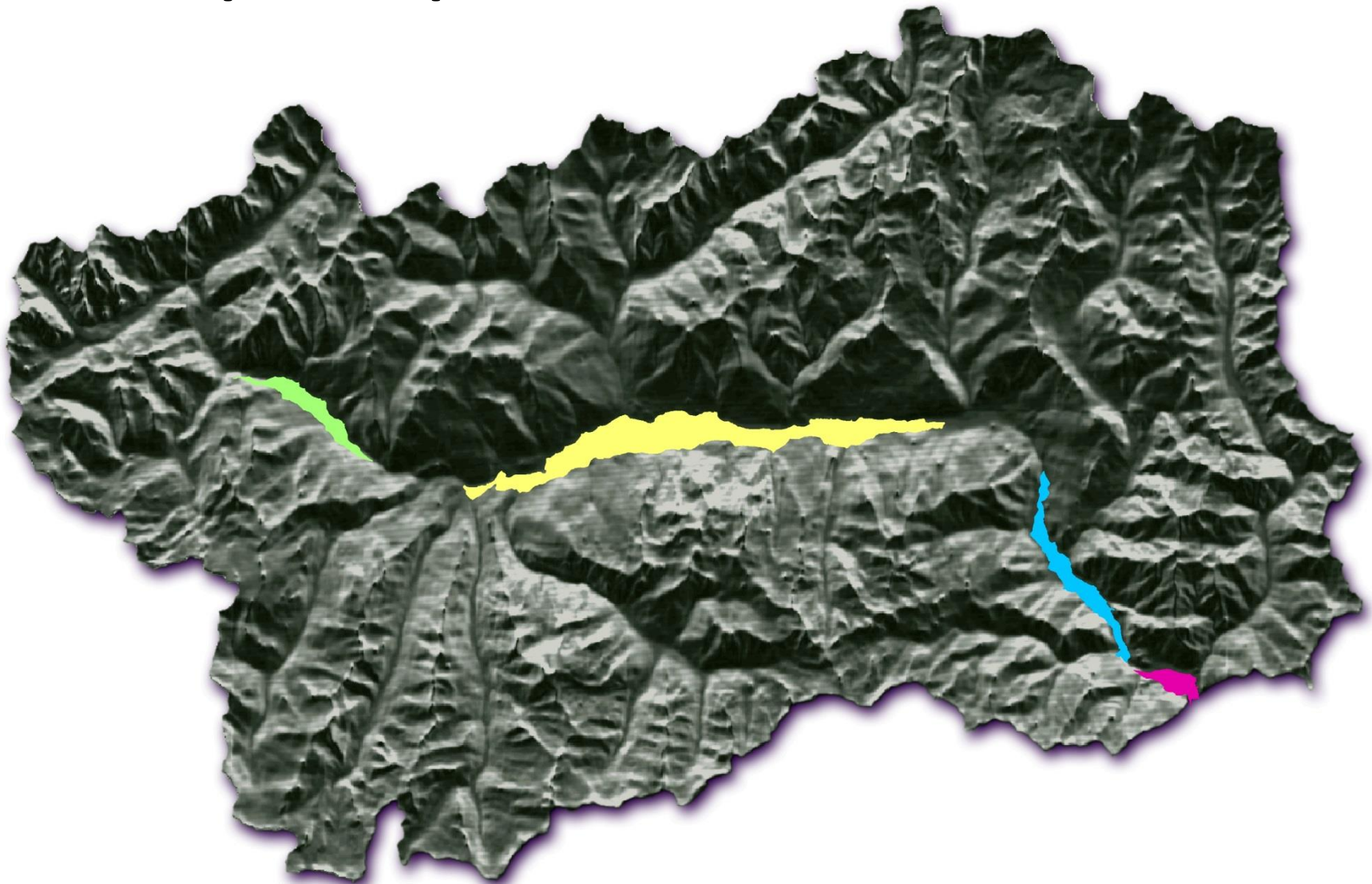
H

2

Sorgenti in Valle d'Aosta



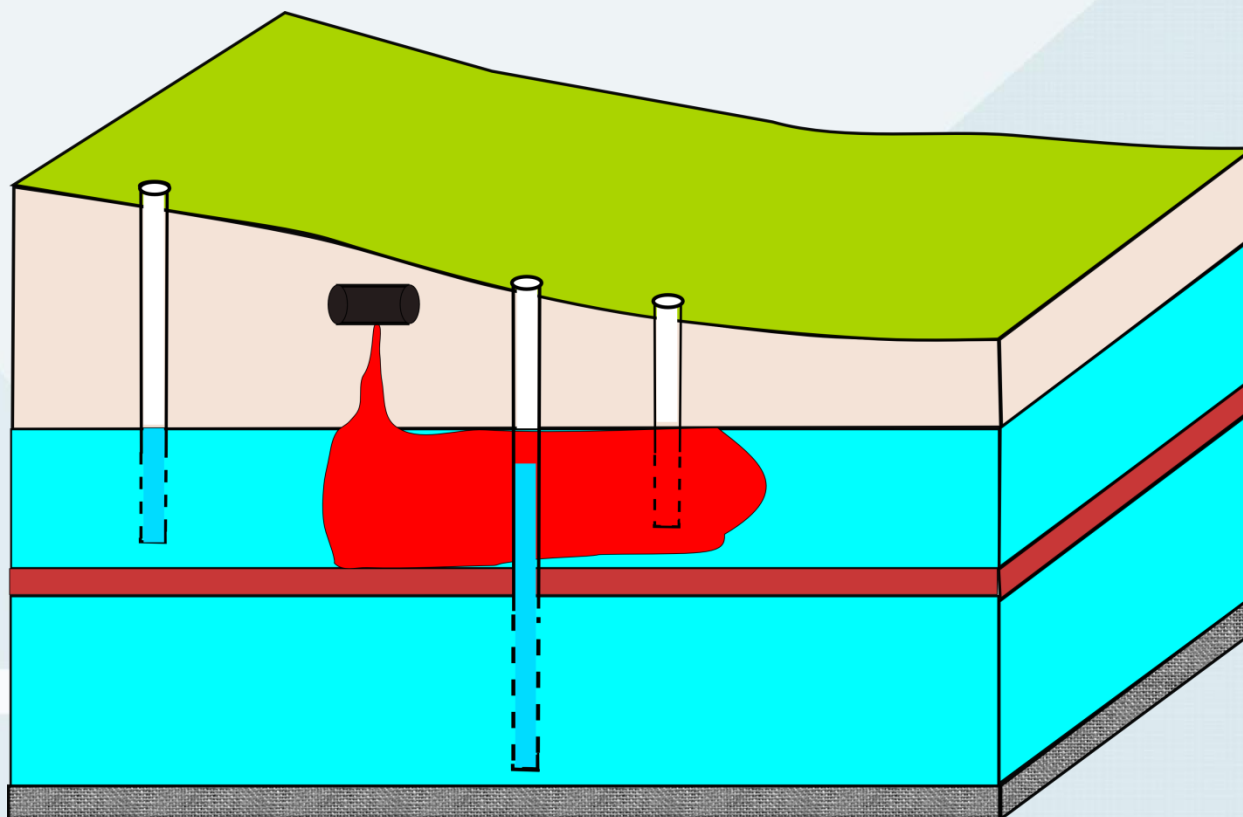
Principali corpi idrici sotterranei valdostani



«Pressioni» sulle acque sotterranee



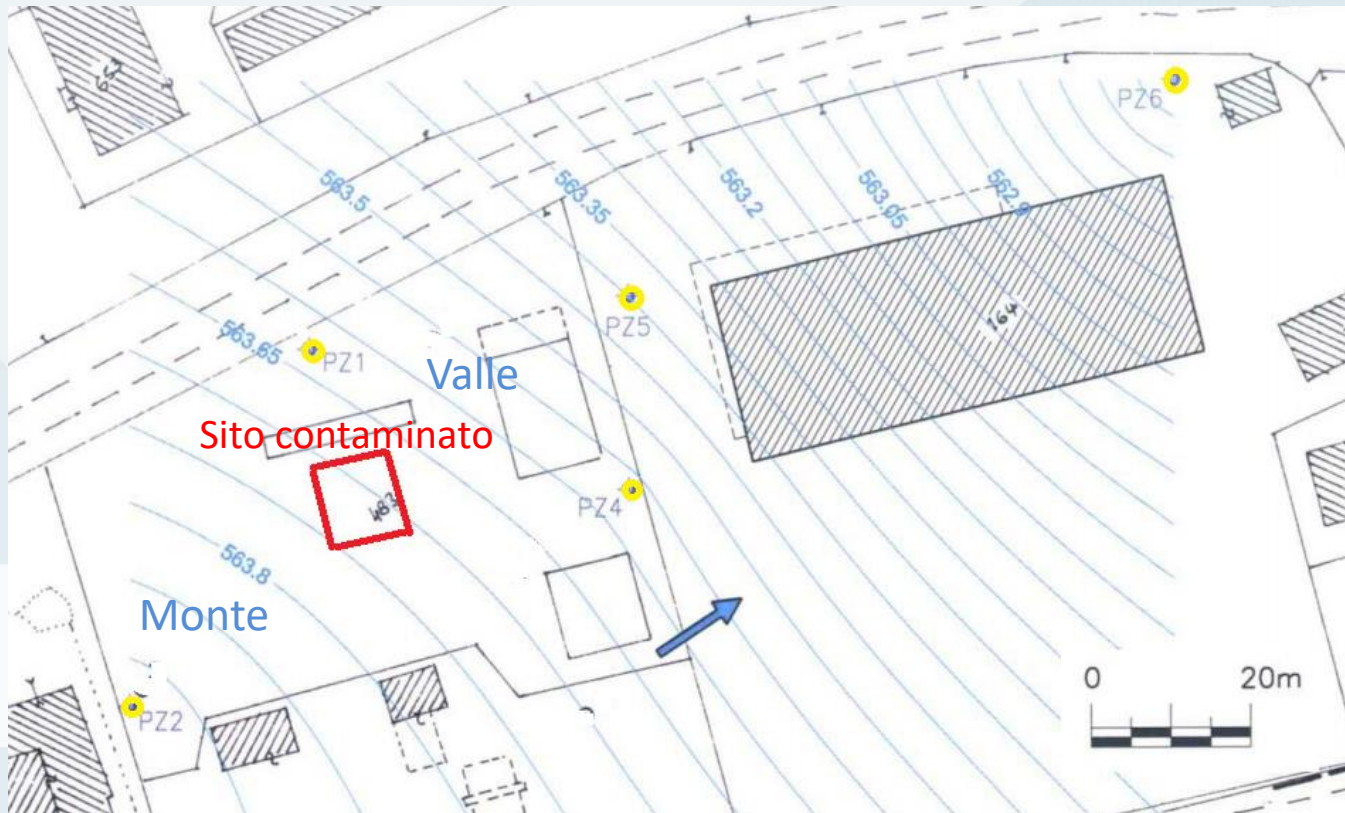
«Vulnerabilità» acquifero libero e confinato



Acquifero libero:
molto vulnerabile
sversamenti in
superficie che
possono infiltrarsi
sono alla falda

Acquifero Confinato:
naturalmente protetto

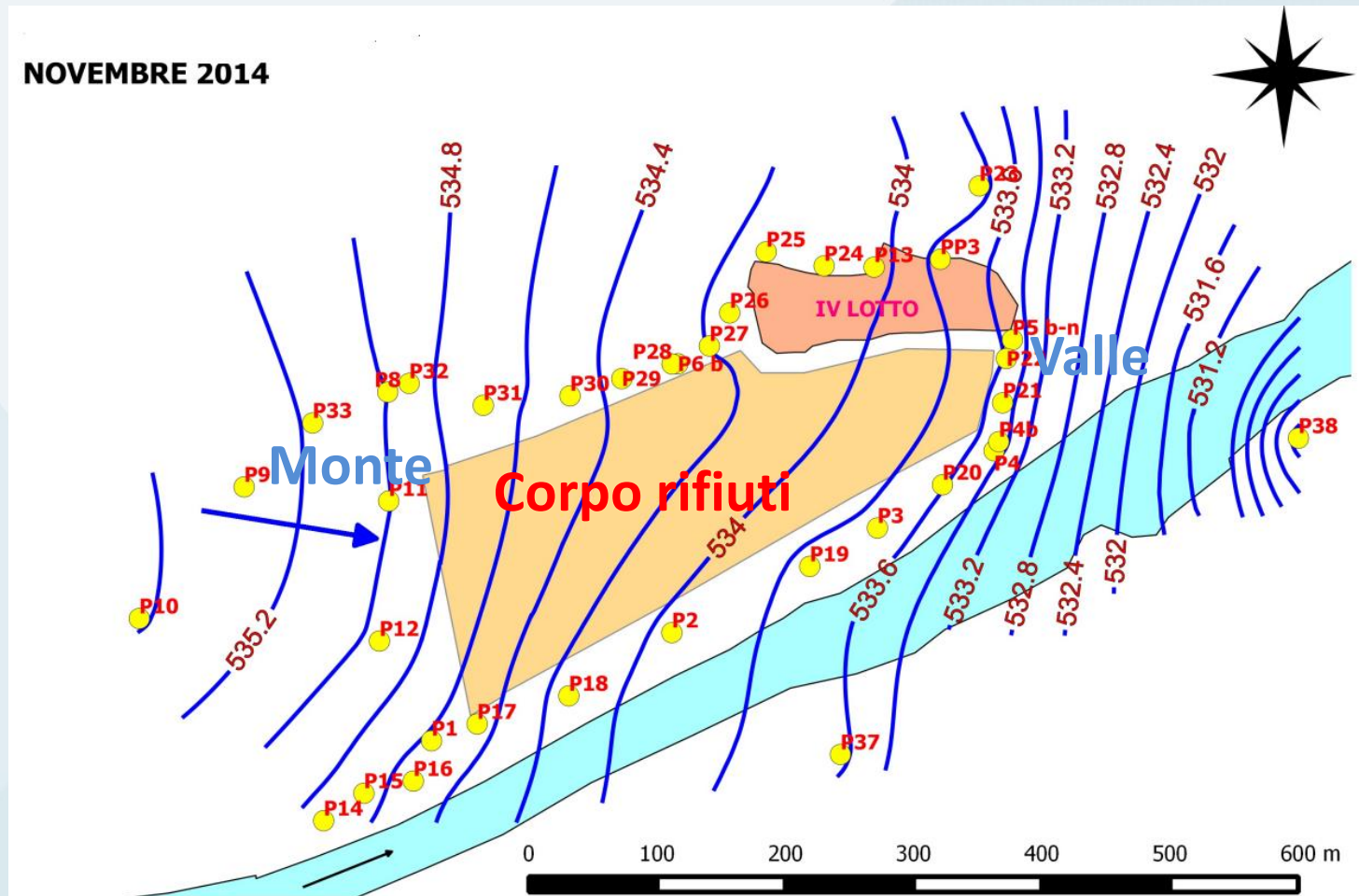
Il monitoraggio idrogeologico della contaminazione: confronto «monte/valle»



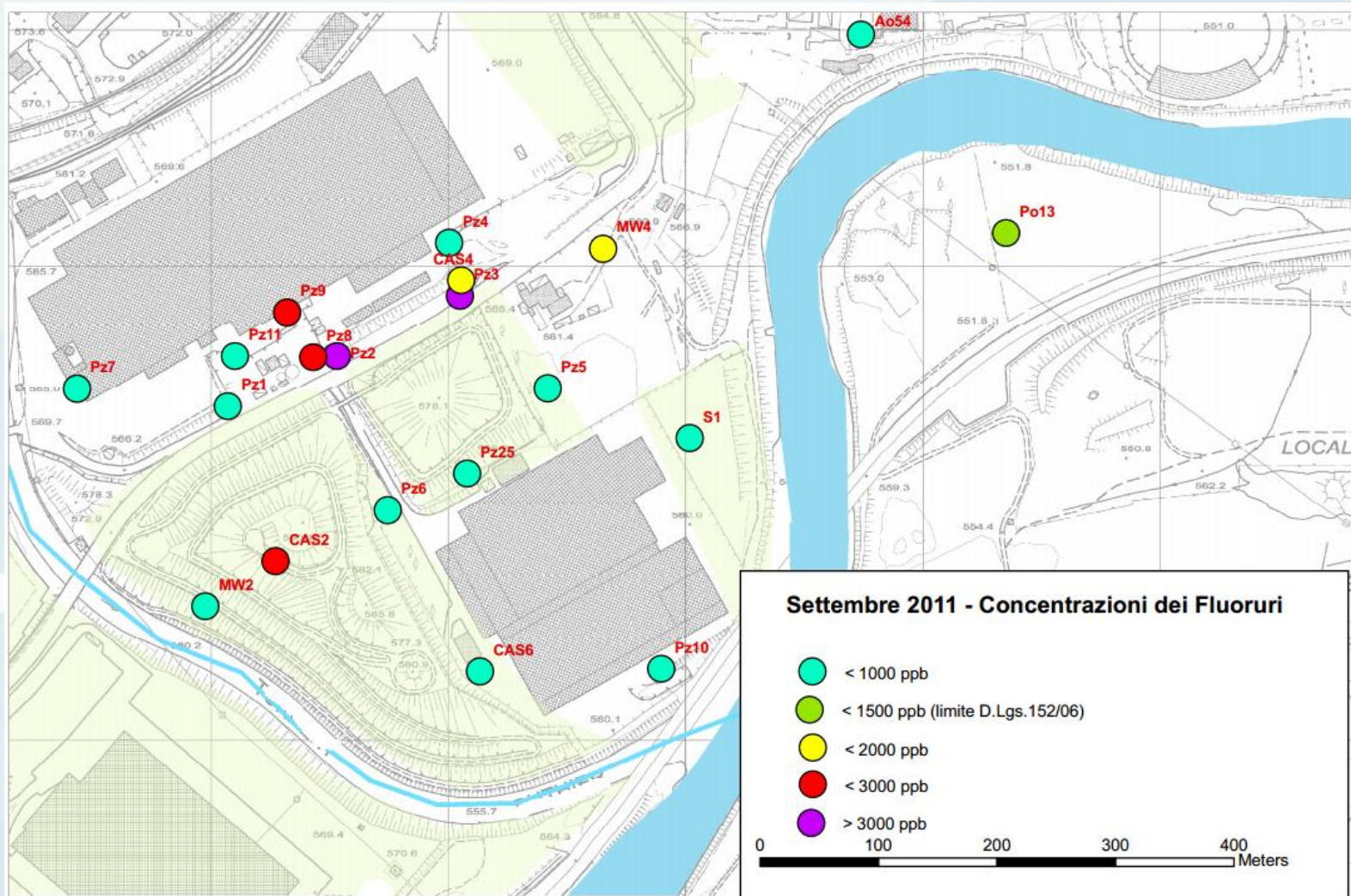
Il monitoraggio idrogeologico della contaminazione: confronto «monte/valle»

Discariche: «anello» di monitoraggio

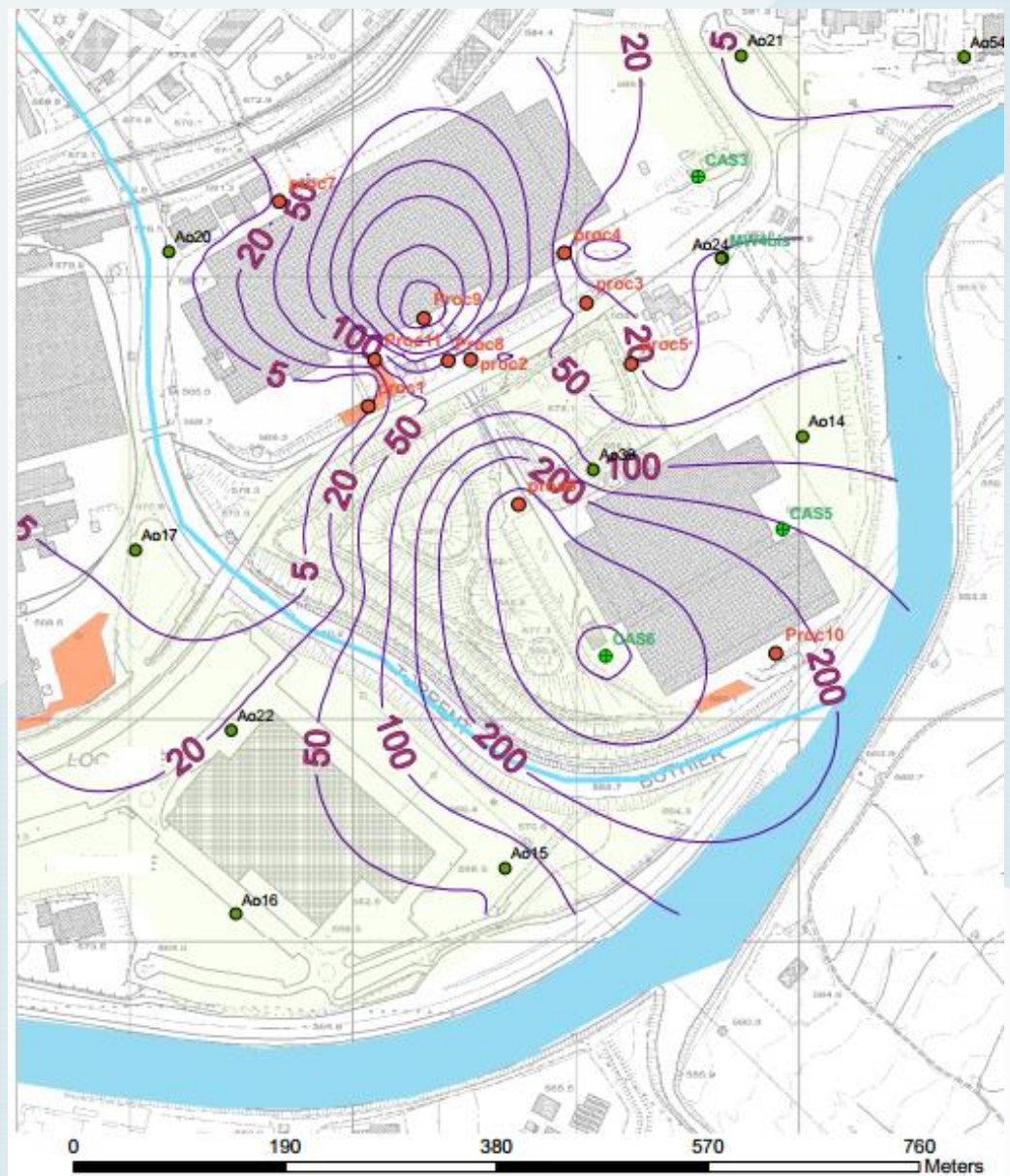
NOVEMBRE 2014



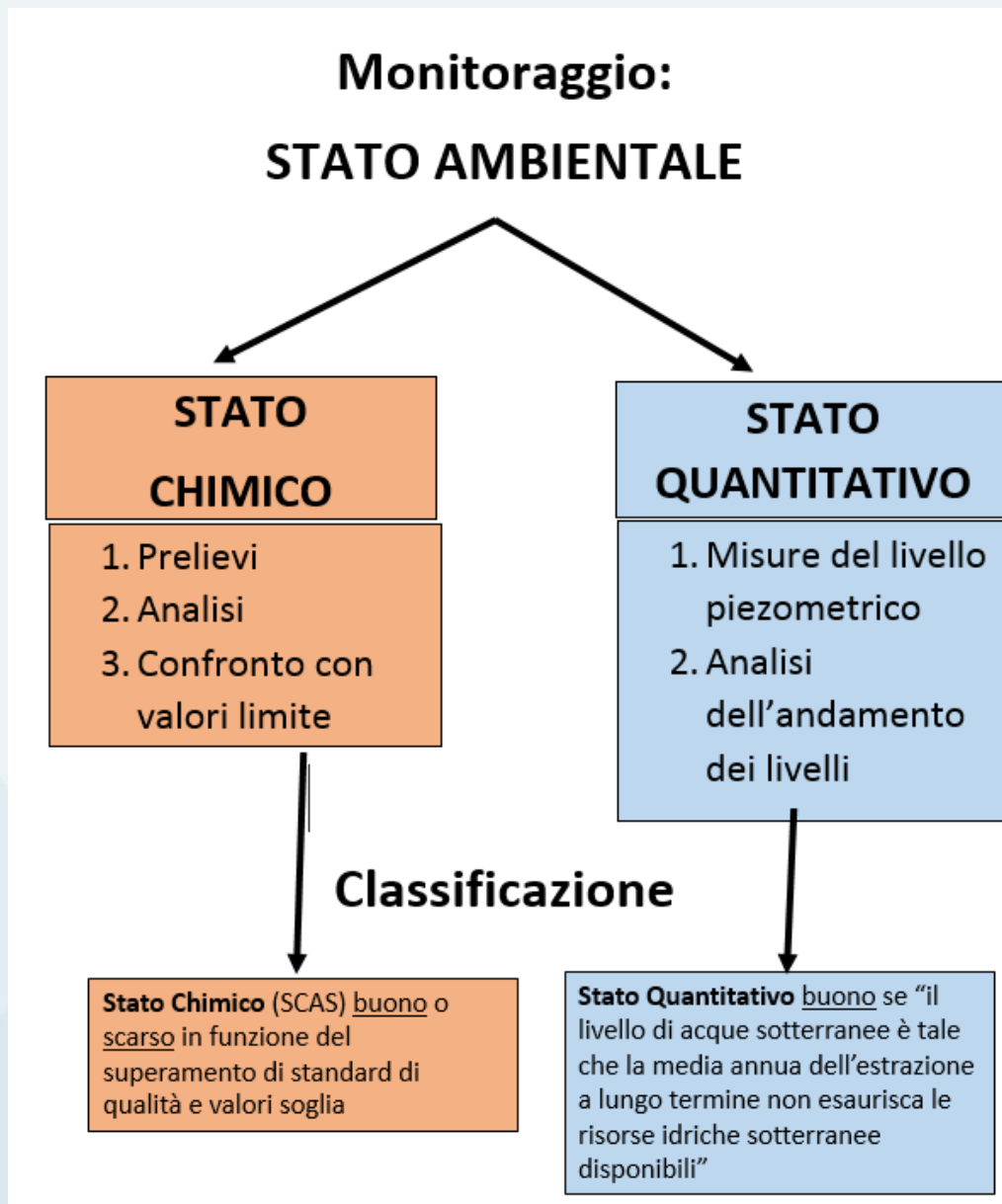
Carte della contaminazione della falda puntuali



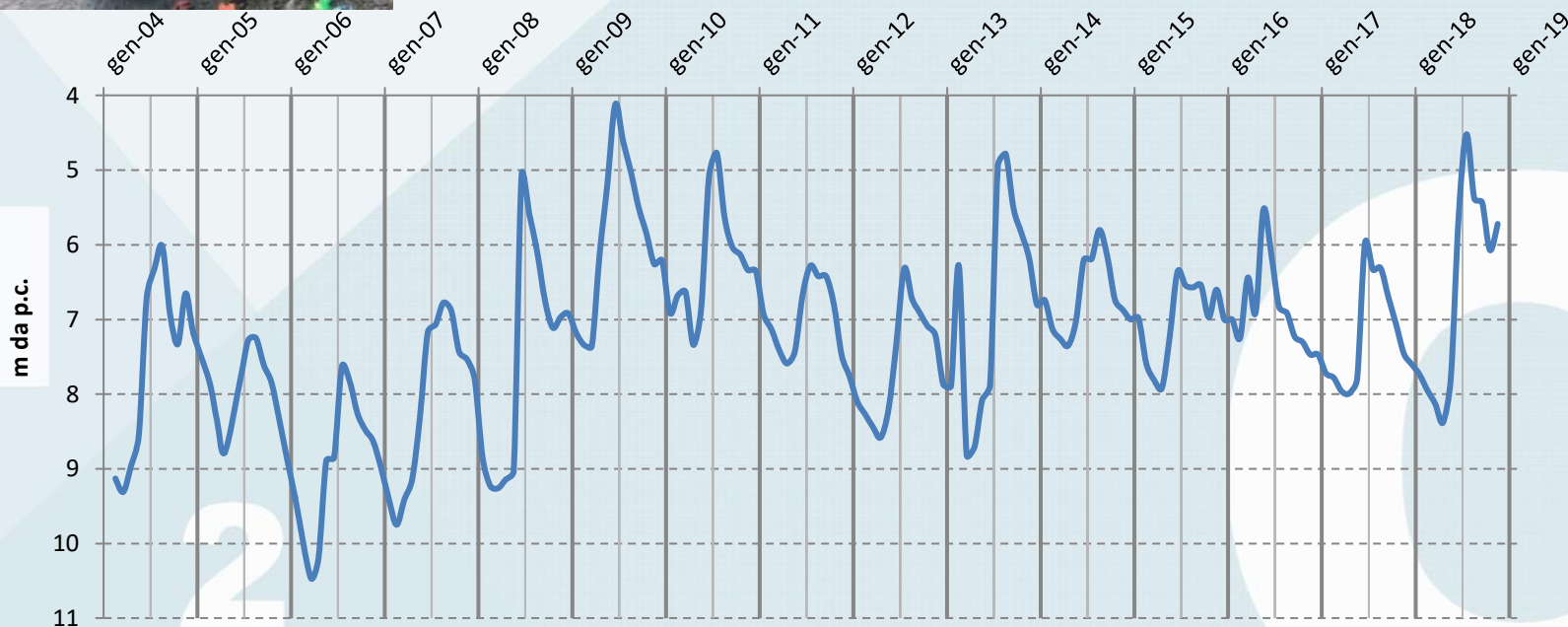
Carte delle isoconcentrazioni della falda



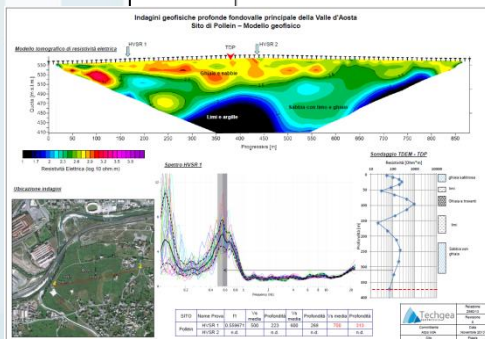
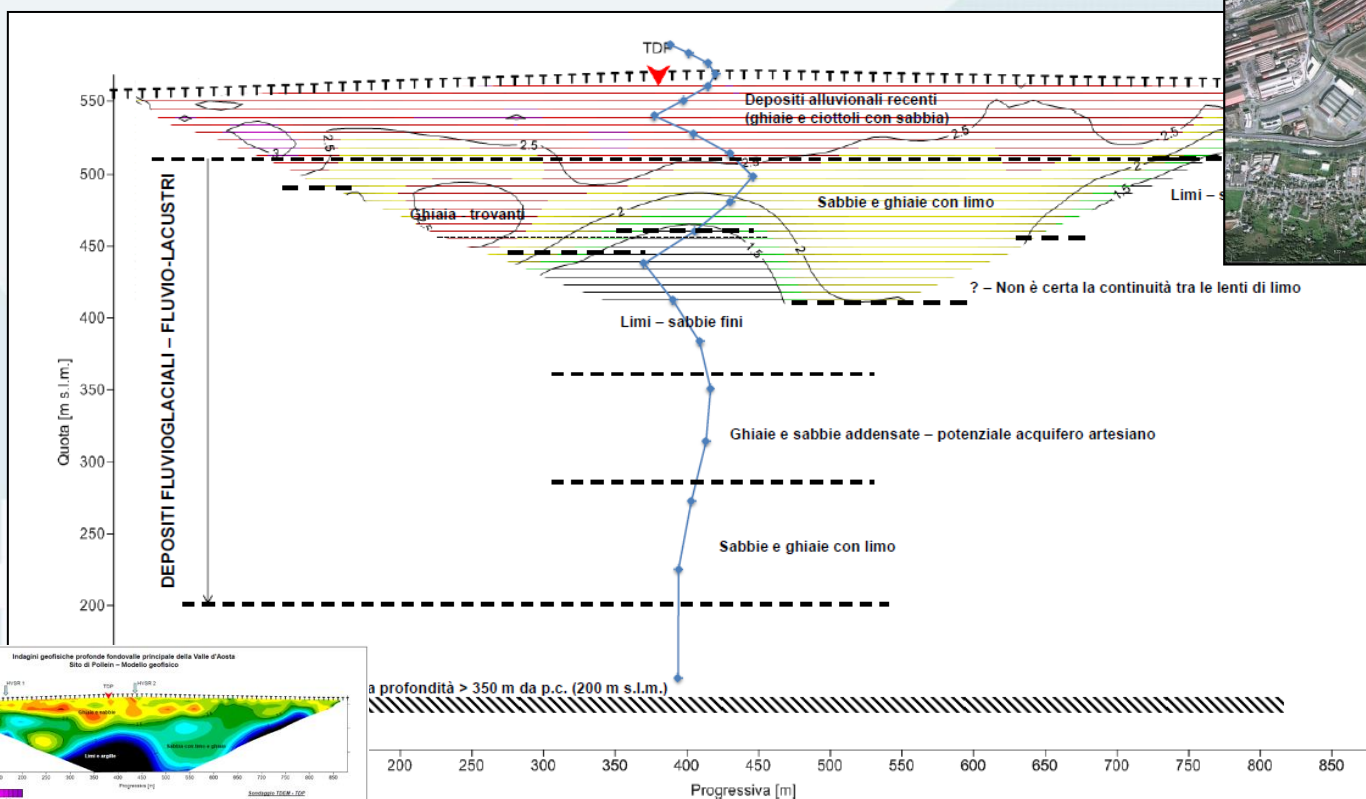
Isocone CrVI - Ottobre '08



Monitoraggio quantitativo: misura periodica della soggiacenza volta a valutare abbassamenti anomali dovuti ad uno sovrasfruttamento della risorsa



Indagini indirette

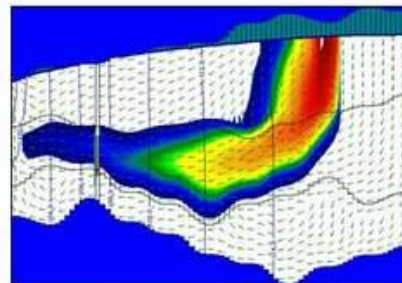
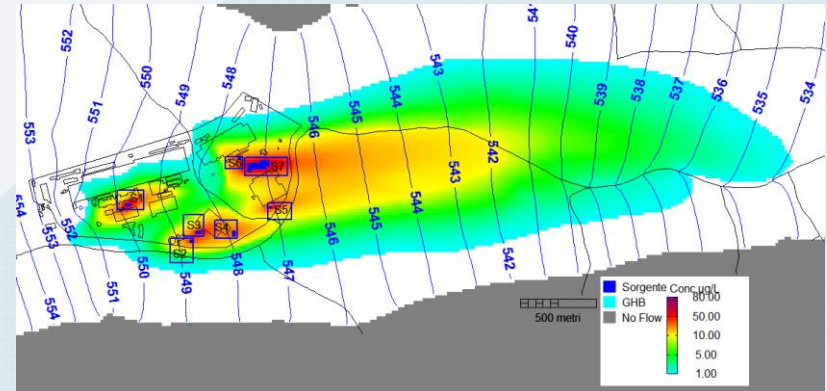
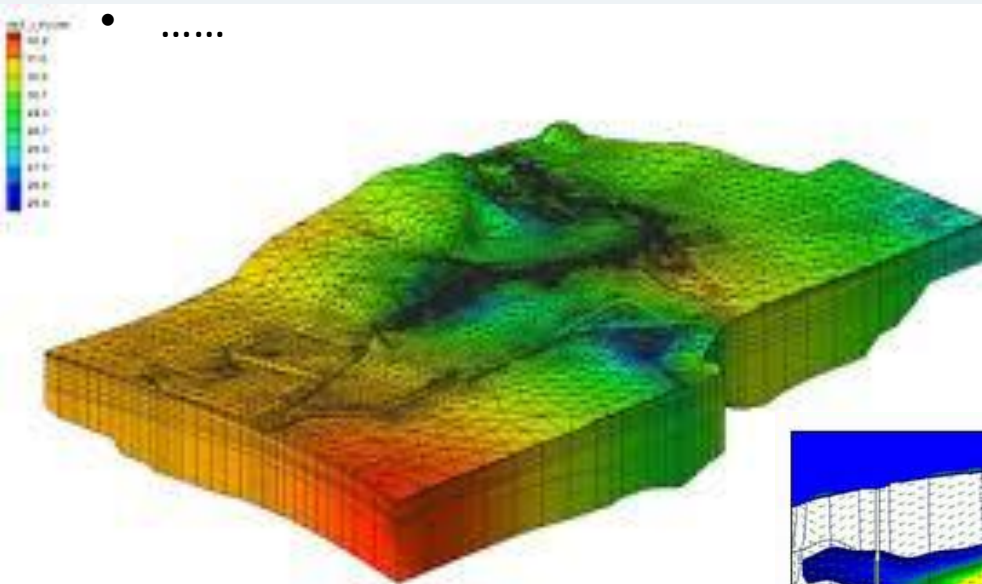


	Relazione
	2560/13
	Revisione
	0
Committente	Data
Arpa VdA	Novembre 2013
Sito	Figura
Valle d'Aosta	4

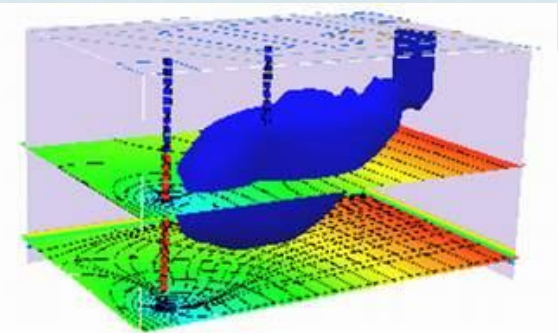
Modellistica

È possibile simulare :

- l'effetto di nuovi pozzi di prelievo
- la diffusione in falda di inquinanti
- Gli effetti dei cambiamenti climatici
-



Contaminant distribution



3D visualization