

Il Carso triestino (Carso Classico) e il Timavo

Carso / Kras / classical
Karst (circa 750 km²)
Il bacino del Reka/Timavo

Escludendo
Le zone carsiche dell'Istria e
la zona di Postumia (acque
verso il Danubio)

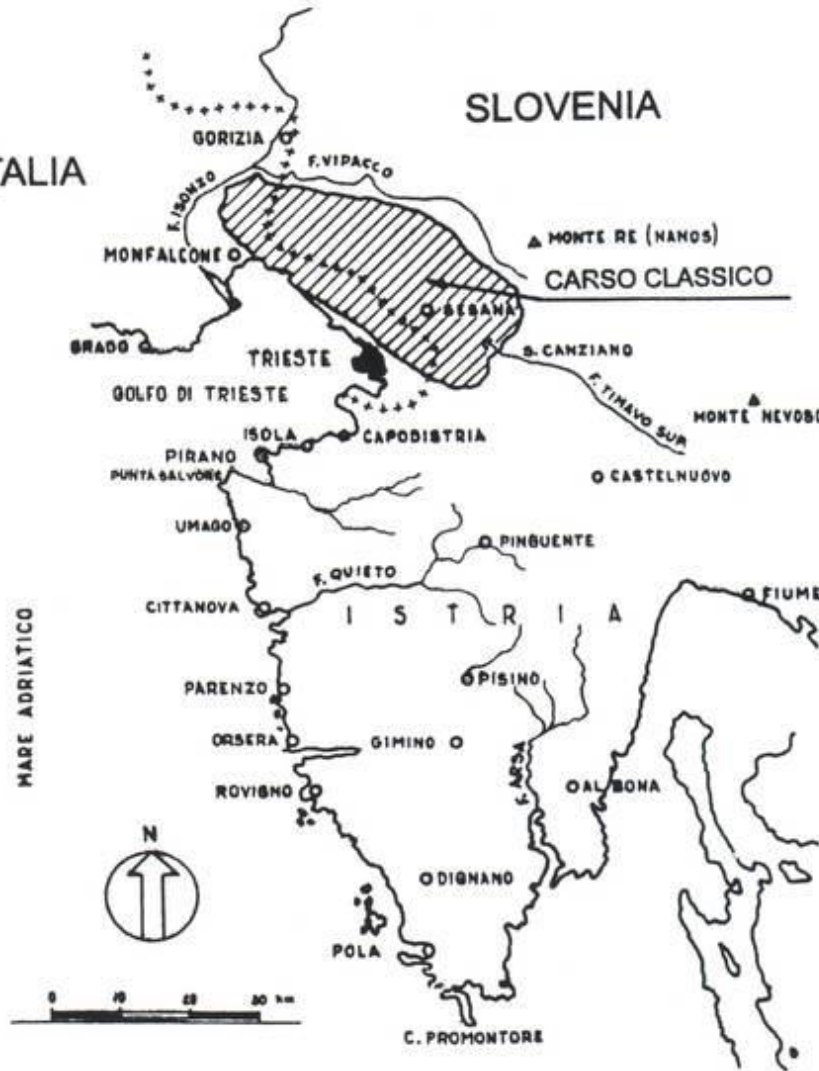
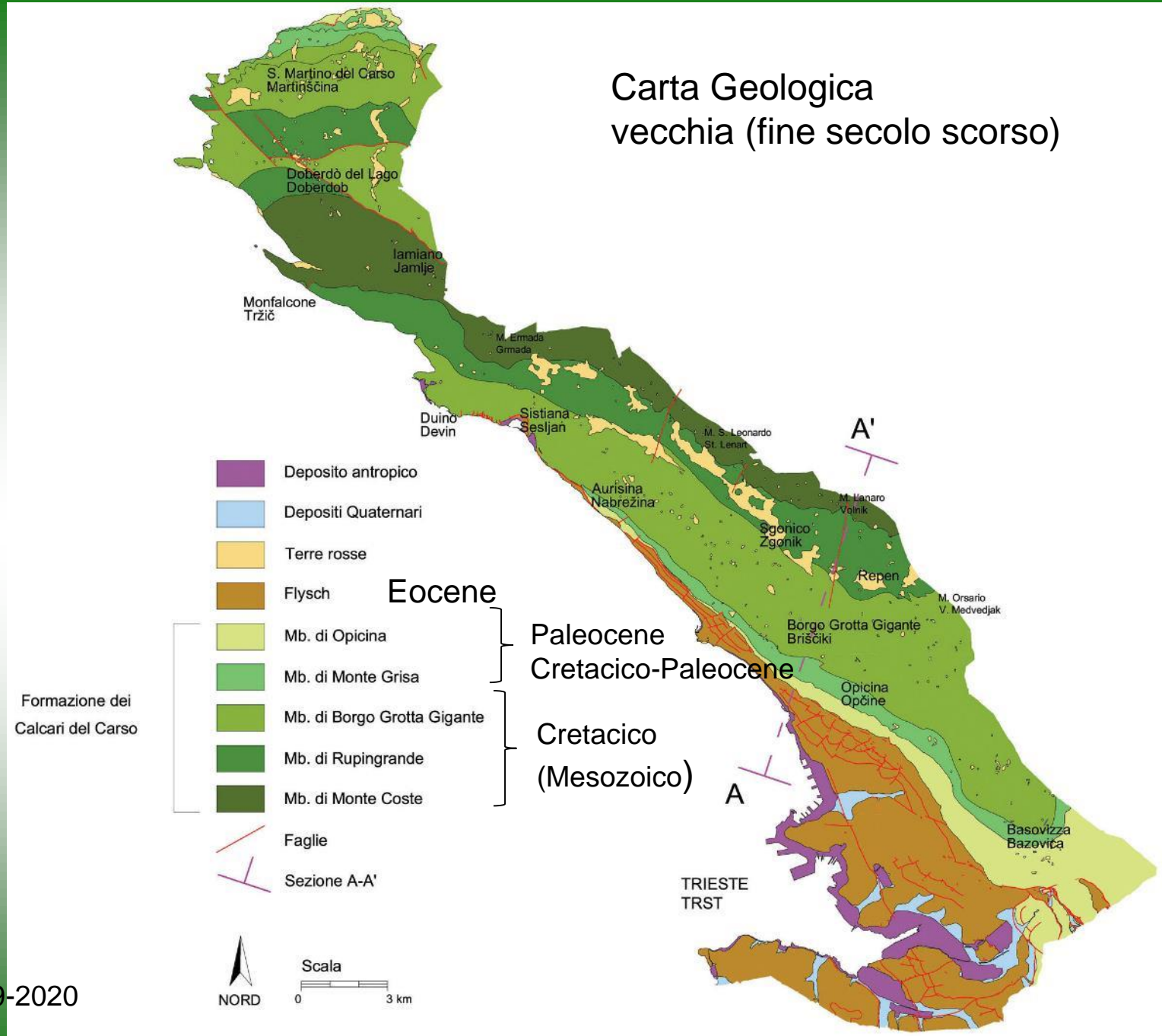


Figura 1 - Limiti geografici del Carso Classico, secondo le considerazioni storiche, geografiche, geologiche ed idrogeologiche, schema proposto da F. Forti & M. Masoli (1969); C. D'Ambrosi (1970, 1972).

Il Carso è attraversato dal confine tra Italia e Slovenia e quindi è un «acquifero» transfrontaliero



Carta Geologica vecchia (fine secolo scorso)



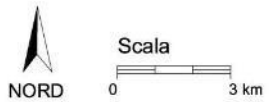
- Deposito antropico
- Depositi Quaternari
- Terre rosse
- Flysch
- Eocene**
- Mb. di Opicina
- Mb. di Monte Grisa
- Mb. di Borgo Grotta Gigante
- Mb. di Rupingrande
- Mb. di Monte Coste
- Faglie
- Sezione A-A'

Formazione dei
Calcari del Carso

Paleocene
Cretacico-Paleocene

Cretacico
(Mesozoico)

TRIESTE
TRST



Geology of the Classical Karst Region (SW Slovenia - NE Italy)

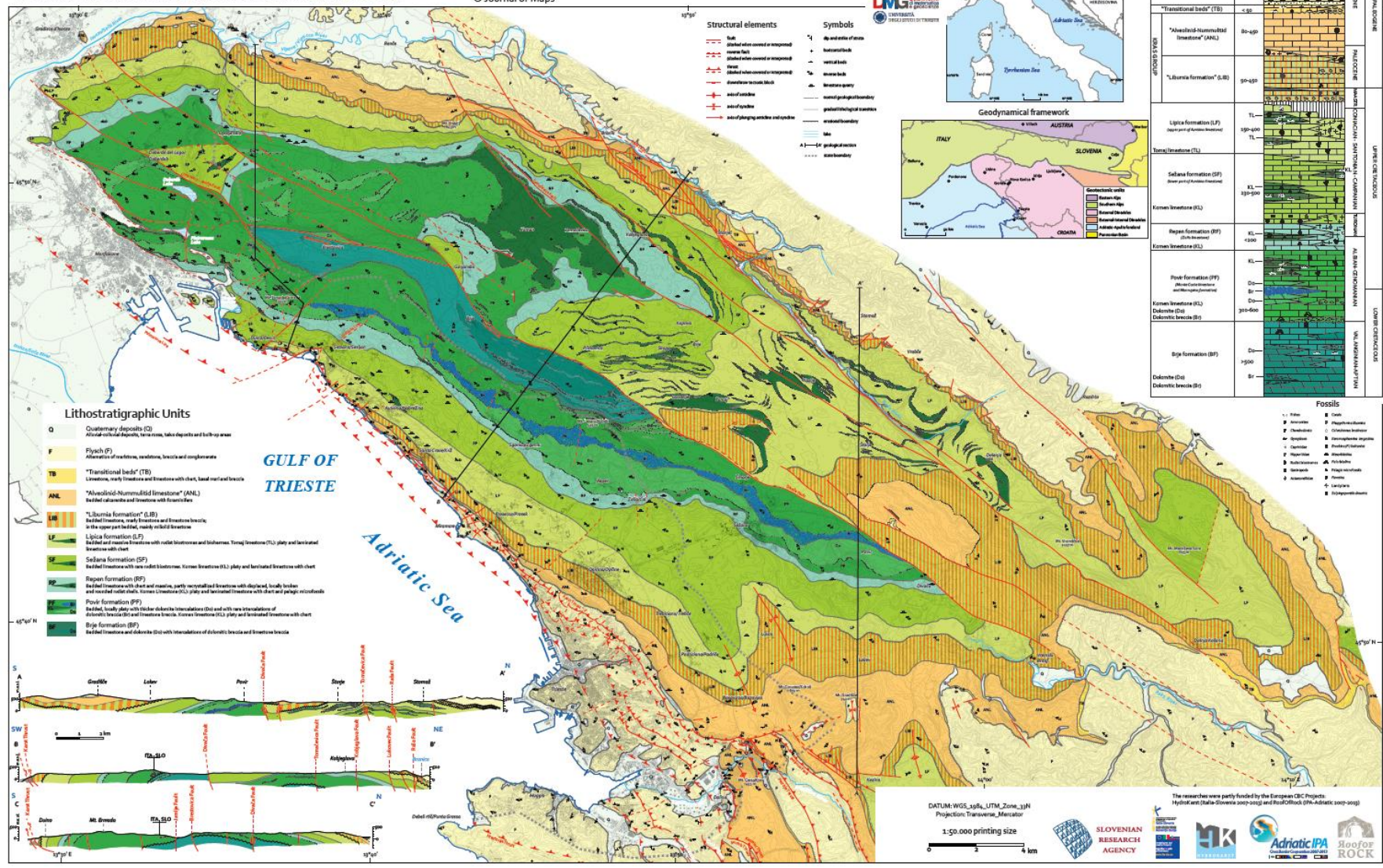
Bogdan JURKOVIŠEK¹, Sara BIOLCHI¹, Stefano FURLANI², Tea KOLAR-JURKOVIŠEK¹, Luca ZINI¹, Jernej JEŽ¹, Giorgio TUNISI², Miloš BAVEC¹, Franco CUCCHI¹

¹ Geological Survey of Slovenia, Ljubljana (Slovenia)

Corresponding author: sbiolchi@units.it

² Department of Mathematics and Geosciences, University of Trieste, Trieste (Italy)

© Journal of Maps



Finalmente italiani e sloveni fanno una carta geologica comune...
2019-2020 Anticlinale fagliata...
Carso D GFGeol - STAN

In sintesi

- Calcari di età Cretacica (fine del Mesozoico) fino all'Eocene inferiore (Cenozoico)
- In prevalenza calcari, calcari neri bituminosi ma anche Dolomie, calcari dolomitici, Ambineti di sedimentazione: piattaforma, scogliere, laguna, ambienti più meno protetti, più o meno energetici...
- Nomi delle Formazioni (informali): cambiano nel tempo.....Potenza complessiva: 2000 m
- Intorno: Flysch eocenico
- Anticlinale fagliata: asse dell'anticlinale e orientamento faglie principali con orientamento dinarico (NW-SE)

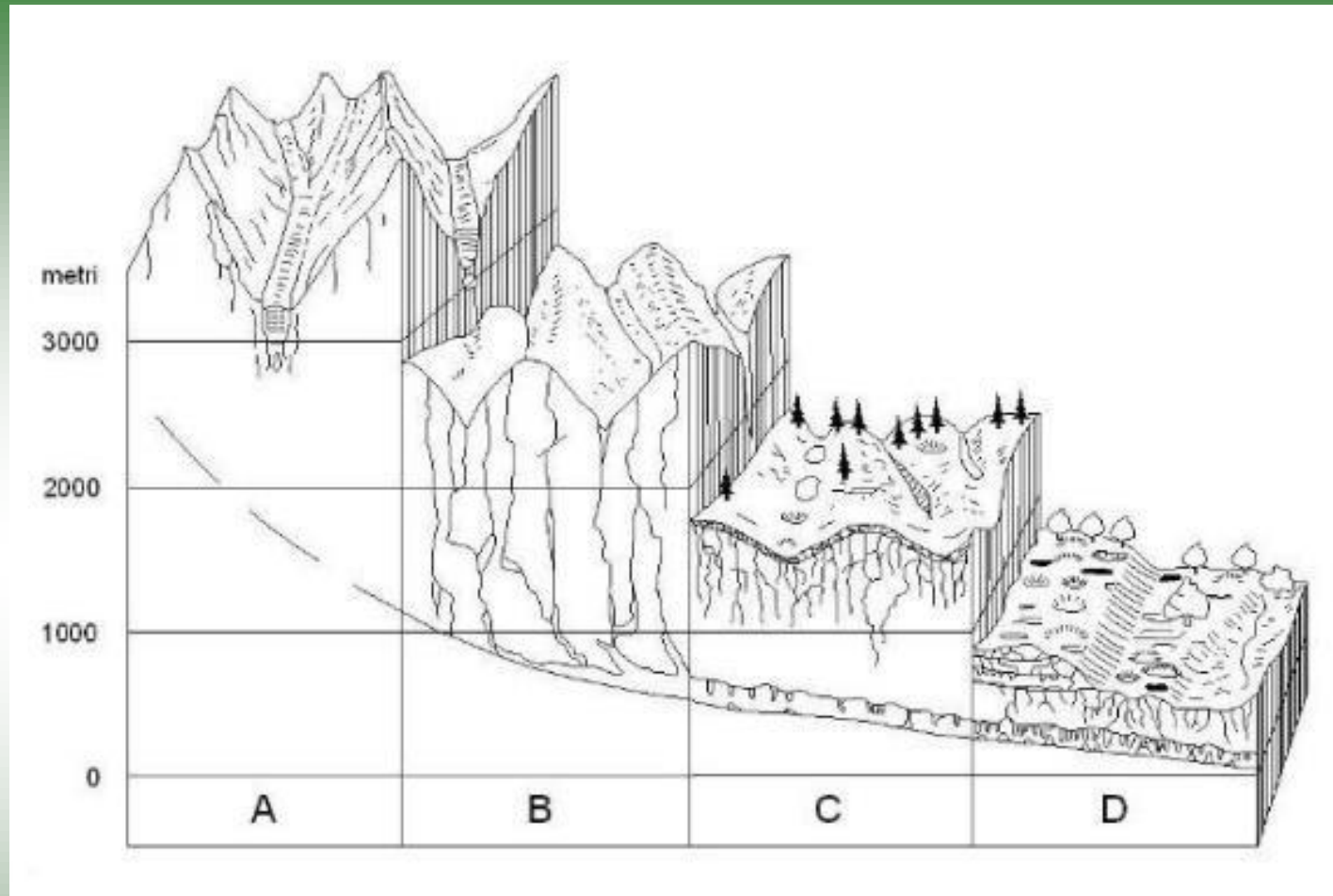
Il Paesaggio

- Ponera 1892: il paesaggio è l'aspetto complessivo di un paese, in quanto commuove il nostro senso estetico.
- Lessico Universale Treccani: si definisce paesaggio, in geografia, il complesso di elementi che costituiscono i tratti fisionomici di una certa parte della superficie terrestre; esso è dunque, in certo senso, una sintesi astratta dei paesaggi visibili, in quanto rileva di essi soltanto i caratteri che....
- Convenzione Europea del Paesaggio (Firenze, 2000): il paesaggio designa una determinata parte del territorio, **così come percepita dalle popolazioni**, il cui carattere deriva **dall'azione di fattori naturali e/o umani** e dalle loro interrelazioni.

Il paesaggio carsico

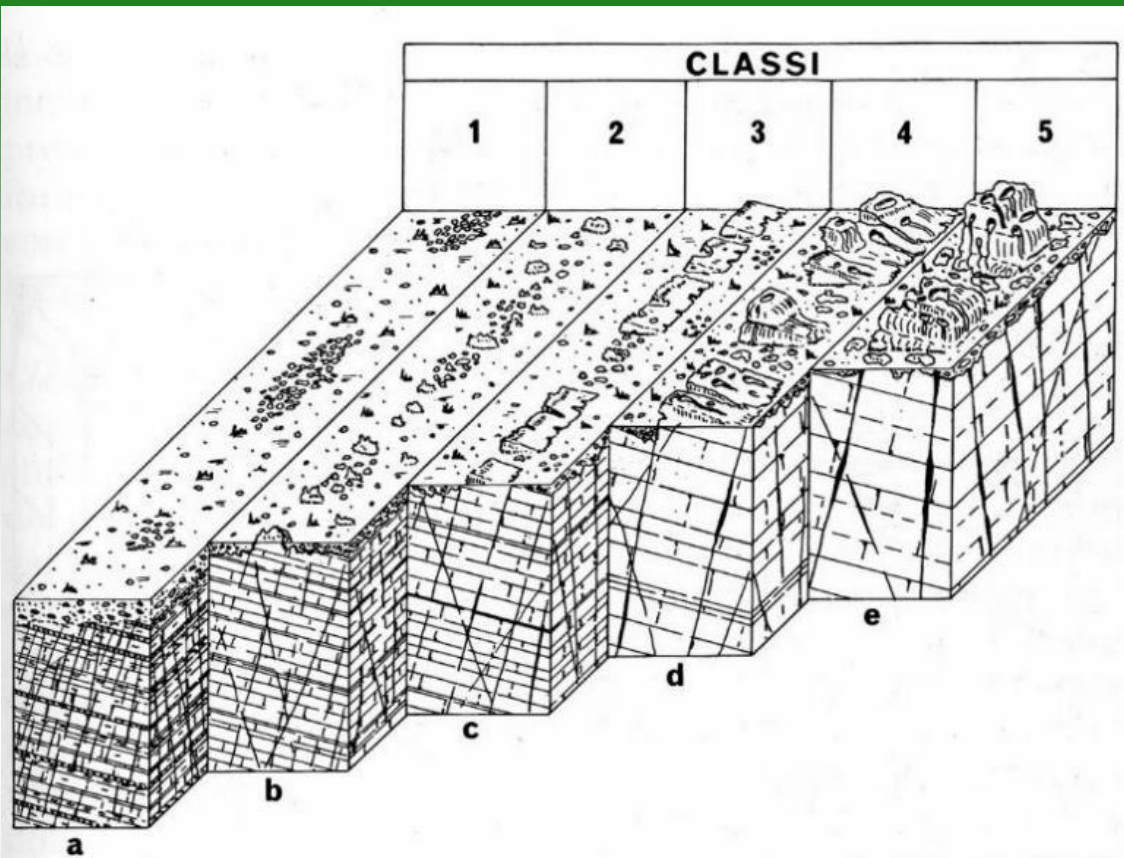
- idrografia superficiale assente. Inghiottitoi e risorgenze in zone di carsismo marginale
- Molti affioramenti rocciosi anche su superfici pianeggianti. Campi solcati
- Superficie caratterizzata dalle doline e dagli ingressi delle grotte
- Pozzi e cisterne, stagni artificiali
- Vegetazione particolare legata alla scarsa umidità del suolo

Il paesaggio carsico



L. Jakucs, 1971

Diversità legate a quota, clima, gradiente idraulico, evoluzione nel tempo !



CLASSE 1 - "Morfologia a Carso coperto": scarsi o nulli gli affioramenti rocciosi, formazione di "grize" (campi di pietrisco) subdetritiche, scarsa presenza di doline, del tipo prevalente "a piatto" a bordi molto arrotondati. Morfologie queste generalmente presenti nei calcari molto impuri, lamellari-lastroidi. Questa Classe si accompagna perfettamente al MODELLO 1.

CLASSE 2 - "Morfologia a denti": affioramenti di blocchetti e punte rocciose, elevati di alcuni decimetri sul piano di campagna, per lo più si presentano allineati secondo la direzione della stratificazione, se questa si presenta mediamente inclinata e sono separati gli uni dagli altri da zone più o meno ampie prive di affioramenti. Sono presenti inoltre massi mobilizzati, estesa formazione di "grize" subaeree, frequenti le doline "a piatto", con i bordi più pronunciati da deboli affioramenti rocciosi. In genere per dar luogo a queste morfologie, la potenza media della stratificazione è decimetrica. Questa tipologia morfologica sta tra il MODELLO 1 ed il MODELLO 2.

CLASSE 3 - "Morfologia a strati": affioramenti continui di testate di strato orientate sempre secondo la direzione; sporgenza media di 30-40 cm dalla superficie del piano di campagna. sugli affioramenti vi sono accenni a fenomeni dissolutivi (piccole forme di corrosione come solcature, scannellature, fori e vaschette); presenza di "grize" grossolane a piaghe. Più frequenti le doline con fianchi sempre più acclivi e depositi di "terra rossa" più o meno detritica; i bordi delle doline sono sempre poco elevati. Potenza media della stratificazione, da decimetrica a pluridecimetrica. Questo tipo morfologico rientra completamente nel MODELLO 2.

CLASSE 4 - "Morfologia a strati e blocchi": caratterizzata dall'affioramento di testate di strato o da blocchi isolati abbastanza elevati, in media inferiori al metro, presente inoltre una continuità laterale dell'affioramento roccioso. Cominciano a delinearsi chiaramente delle strutture morfologiche in cui è molto bene espressa la dipendenza diretta delle caratteristiche strutturali della roccia, cioè i giunti di stratificazione ed i piani di fessurazione, nei quali risultano sempre più evidenti le "vie" di penetrazione delle acque carsiche. Più in particolare si parlerà di "morfologia a strati" nel caso di affioramenti di testate di strato più o meno elevate sulla superficie media topografica e di "morfologia a blocchi", quando gli affioramenti rocciosi sono determinati prevalentemente dai sistemi di fessurazione che hanno favorito la suddivisione della compagine rocciosa in blocchi isolati. In pratica è stato osservato che questi due tipi morfologici sono sempre associati. Costante presenza di fenomeni di dissoluzione superficiale come solcature, scannellature, fori, vaschette, sempre meglio organizzati; frequenti o molto frequenti le doline "a imbuto", a fondo piatto ed i bordi esterni assai accidentati. Potenza media della stratificazione da pluridecimetrica a metrica, tipologia morfologica rientra tra il MODELLO 2 ed il MODELLO 3.

CLASSE 5 - "Morfologia a banchi e blocchi": è l'espressione massima del carsismo, con potenti strati e banchi in affioramento, elevati anche di alcuni metri sul piano di campagna, continuità laterale degli affioramenti, sempre secondo la direzione della stratificazione. Vasta gamma delle "piccole forme di corrosione" bene organizzate; presenza areale molto estesa di bancate calcaree riccamente elaborate nelle forme dei cosiddetti "campi solcati"-Karrenfels; molto scarsa la formazione di "grize"; frequentissime le doline anche di medie e di grandi dimensioni, imbutiformi o con versanti molto acclivi, talora ripidi ed accidentati con vistosi bordi di grandi testate di banchi rocciosi.

*F. Forti, 1972. Le classi di carsismo
Come cambia il paesaggio carsico sul Carso Triestino
Litologia, stratificazione, fratture*

Basovizza Monte Stena: classe 1 -2:
carso coperto, morfologia a denti
Calcari cenozoici ad Alveoline e
Nummuliti





Griza o pietraia carsica (M. Hermada)

- **CLASSE 1** - "Morfologia a Carso coperto": scarsi o nulli gli affioramenti rocciosi, formazione di "grize" (campi di pietrisco) subdetriche, scarsa presenza di doline, del tipo prevalente "a piatto" a bordi molto arrotondati. Morfologie queste generalmente presenti nei calcari molto impuri, lamellari-lastroidi (a stratificazione centimetrica)
- **CLASSE 2** - "Morfologia a denti": affioramenti di blocchetti e punte rocciose, elevati di alcuni decimetri sul piano di campagna, per lo più si presentano allineati secondo la direzione della stratificazione, se questa si presenta inclinata e sono separati gli uni dagli altri da zone più o meno ampie prive di affioramenti. Sono presenti inoltre massi mobilizzati, estesa "grize" subaeree, frequenti le doline "a piatto", con i bordi più pronunciati da deboli affioramenti rocciosi. In genere la potenza media della stratificazione è decimetrica.

- **Classe 3** «Morfologia a strati»: affioramenti continui di testate di strato orientate sempre secondo la direzione; sporgenza media di 30-40 cm dalla superficie del piano di campagna. sugli affioramenti vi sono accenni a fenomeni dissolutivi (piccole forme di corrosione come solcature, scannellature, fori e vaschette); presenza di "grize" grossolane a piaghe. Più frequenti le doline con fianchi sempre più acclivi e depositi di 'terra rossa" più o meno detritica; i bordi delle doline sono sempre poco elevati

- **Classe 4** «Morfologia a strati e blocchi»: caratterizzata dall'affioramento di testate di strato o da blocchi isolati abbastanza elevati, in media inferiori al metro, presente inoltre una continuità laterale dell'affioramento roccioso.. si parlerà di "morfologia a strati" nel caso di affioramenti di testate di strato più o meno elevate sulla superficie media topografica e di "morfologia a blocchi", quando gli affioramenti rocciosi sono determinati prevalentemente dai sistemi di fessurazione che hanno favorito la suddivisione della roccia in blocchi isolati.. Costante presenza di fenomeni di dissoluzione superficiale come solcature, scannellature, fori, vaschette, sempre meglio organizzati; frequenti o molto frequenti le doline "a imbuto", a fondo piatto ed i bordi esterni assai accidentati. Potenza media della stratificazione da pluridecimetrica a metrica;

- **CLASSE 5** - "Morfologia a banchi e blocchi": è l'espressione massima del carsismo, con potenti strati e banchi in affioramento, elevati anche di alcuni metri sul piano di campagna; continuità laterale degli affioramenti, sempre secondo la direzione della stratificazione. Vasta gamma delle "piccole forme di corrosione" bene organizzate; presenza areale molto estesa f dei cosiddetti "campi solcati"- Frequentissime le doline anche di medie e di grandi dimensioni, imbutiformi o con versanti molto acclivi, talora ripidi ed accidentati con vistosi bordi di grandi testate di banchi rocciosi.

Fernetti, Borgo Grotta Gigante: classi 4-5



morfologie a strati e blocchi, banchi e blocchi

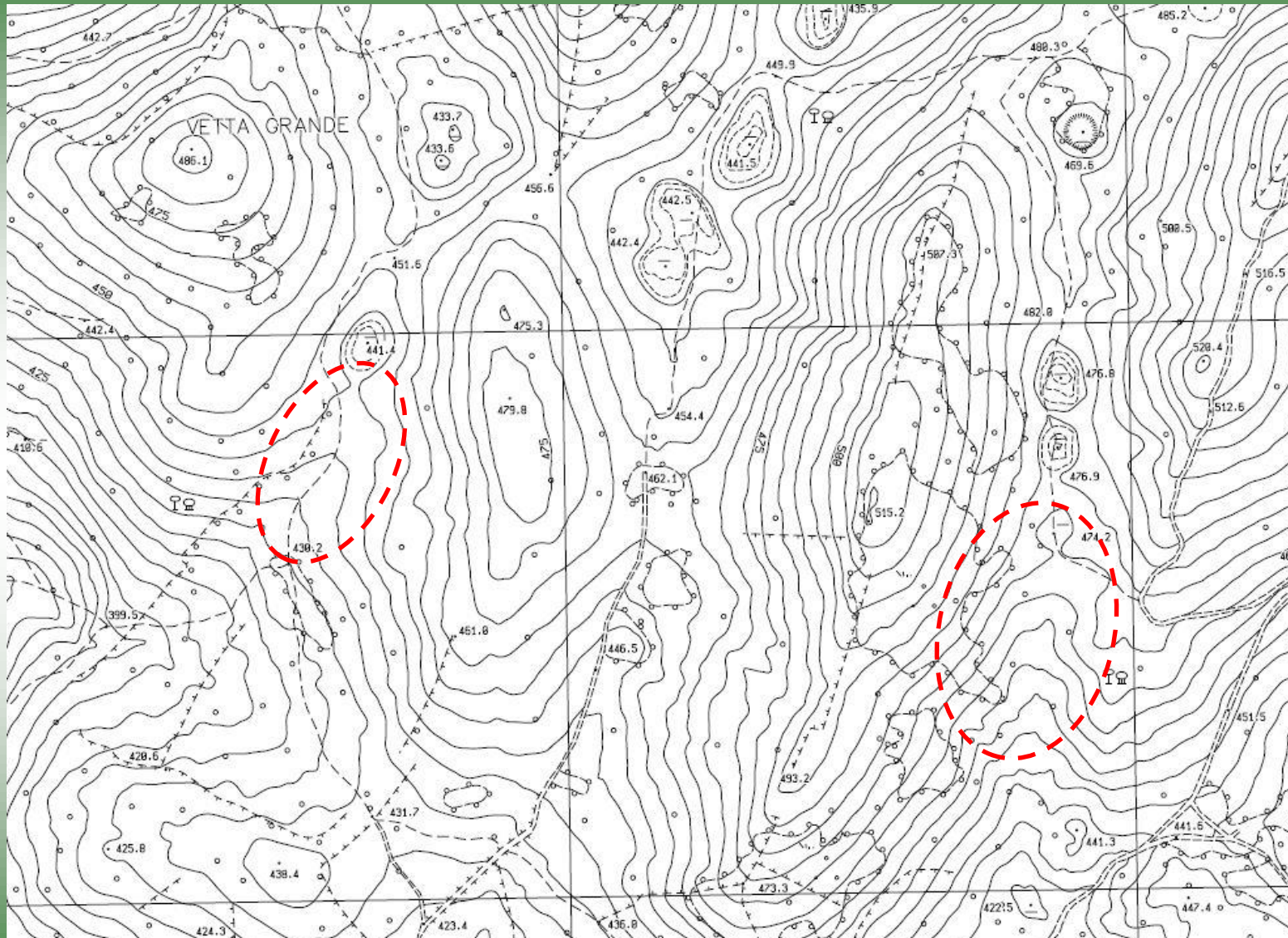
Calcari di Aurisina, a Rudiste.





Morfologia a blocchi Classe 4 o 5 pressi Dolina Percedol

Monrupino Fm.: Monte Coste, Lanaro, vetta Grande Calcarei, calcari dolomitici, dolomie: poco carsificabili



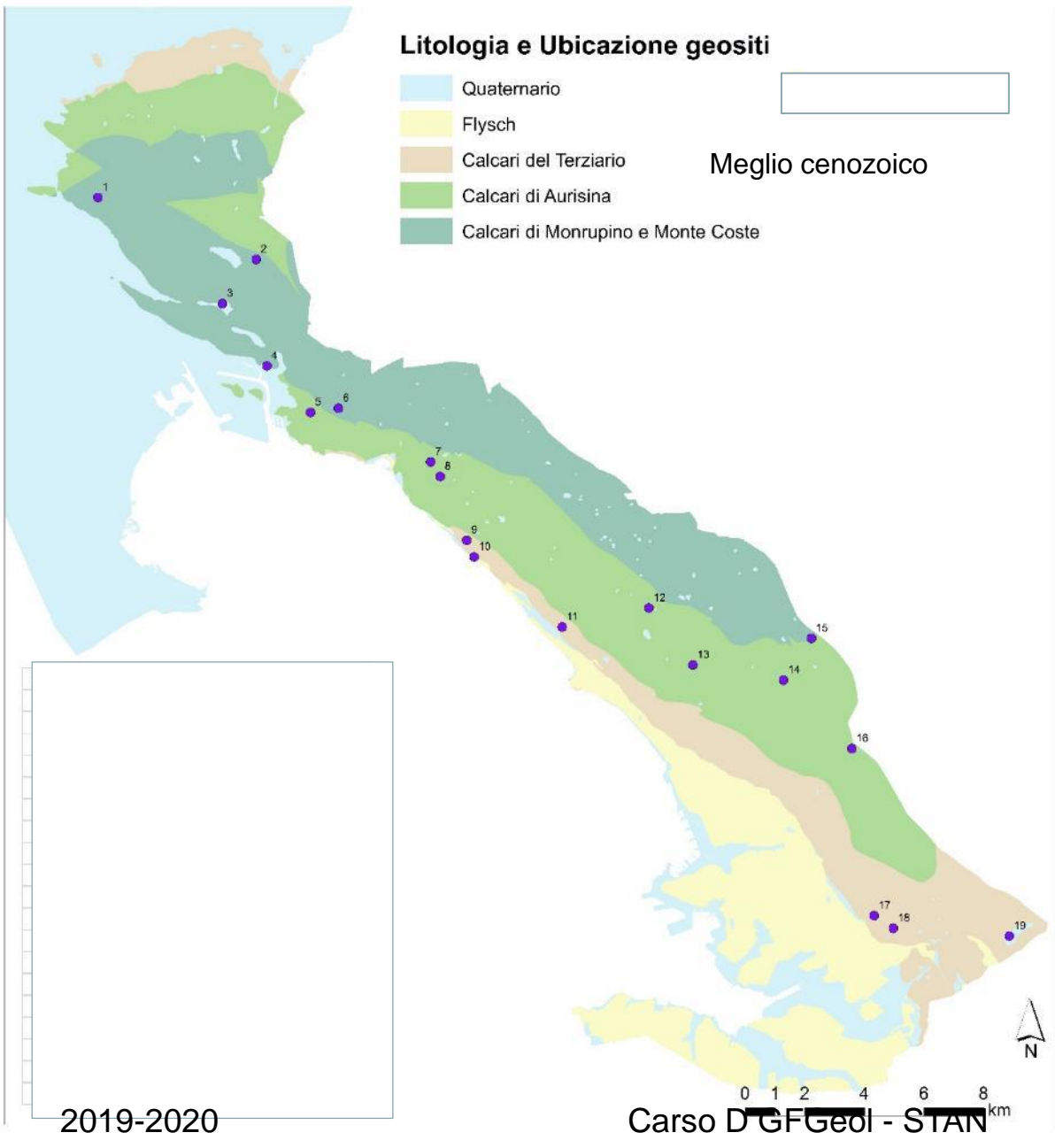


2019-2020

Carso D GFGeol - STAN

20

- Definire 5 classi di carsismo è eccessivo...
- Al variare della purezza del calcare, del suo passo di stratificazione, della sua fratturazione cambia la sua carsificabilità e di conseguenza cambia l'estensione e la forma degli affioramenti e la frequenza e distribuzione degli altri fenomeni carsici ipogei ed epigei
- Si passa, senza soluzione di continuità, da piccoli spuntoni di roccia che emergono dall'erba ad ampi affioramenti tabulari di decine di m² a loro volta incisi con piccole forme di corrosione



SINTESI

Calc. Monrupino e Monte Coste: calcari, ma anche calcari dolomitici, dolomie
Mediamente carsificabili

Calc. Di Aurisina o calcari a Rudiste. Purissimi, ben stratificati, strati potenti
Molto carsificabili

Calc. Terziari o meglio cenozoici o ad Alveoline e Nummuliti. Impuri, fittamente stratificati
poco carsificabili

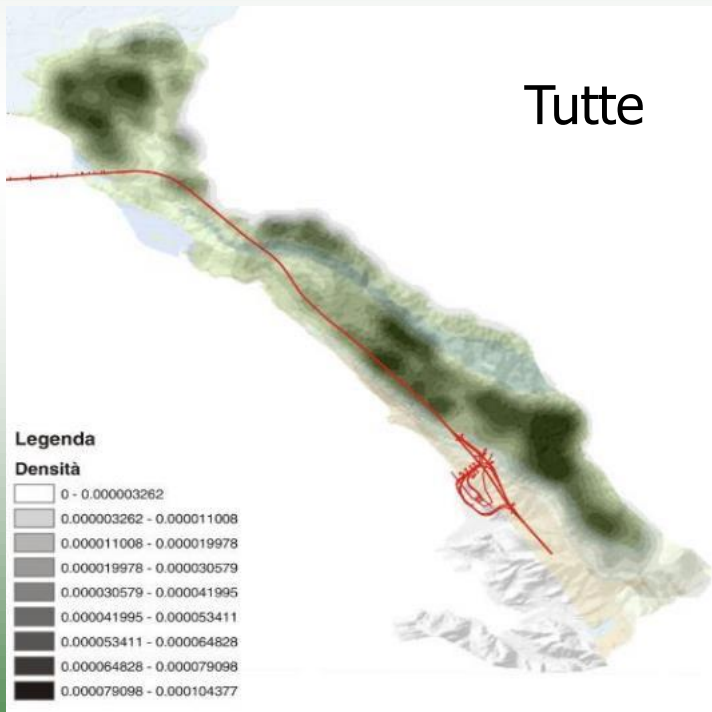
Carsificabilità -> Fenomeni carsici epigei -> Doline

ci sono più di 6000 doline:

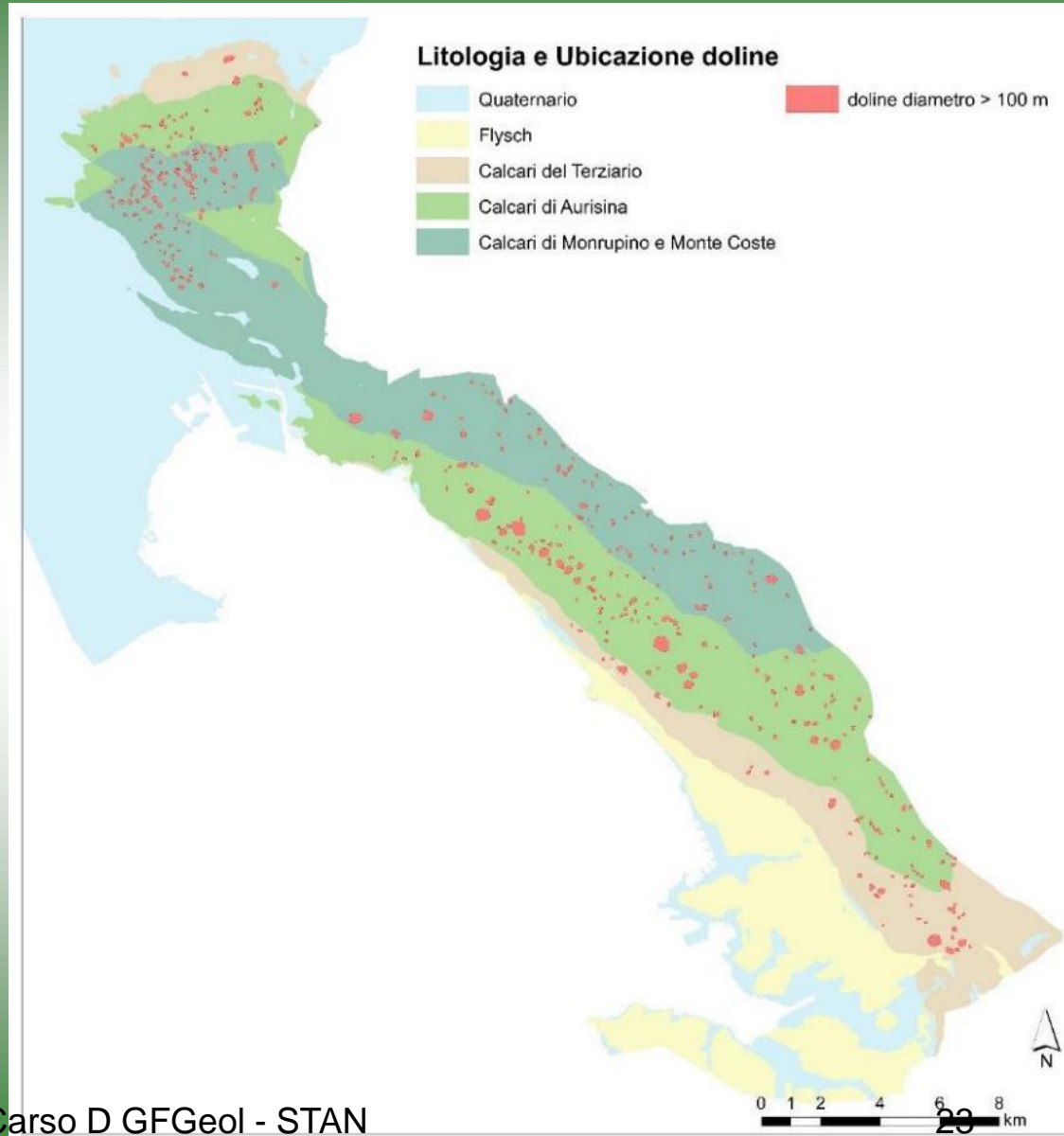
400 con diametro > di 100 m

1600 con diametro tra 100 e 50 m

1900 con diametro tra 50 e 10 m



2019-2020



Carso D GFGeol - STAN

I fenomeni carsici ipogei → grotte !!

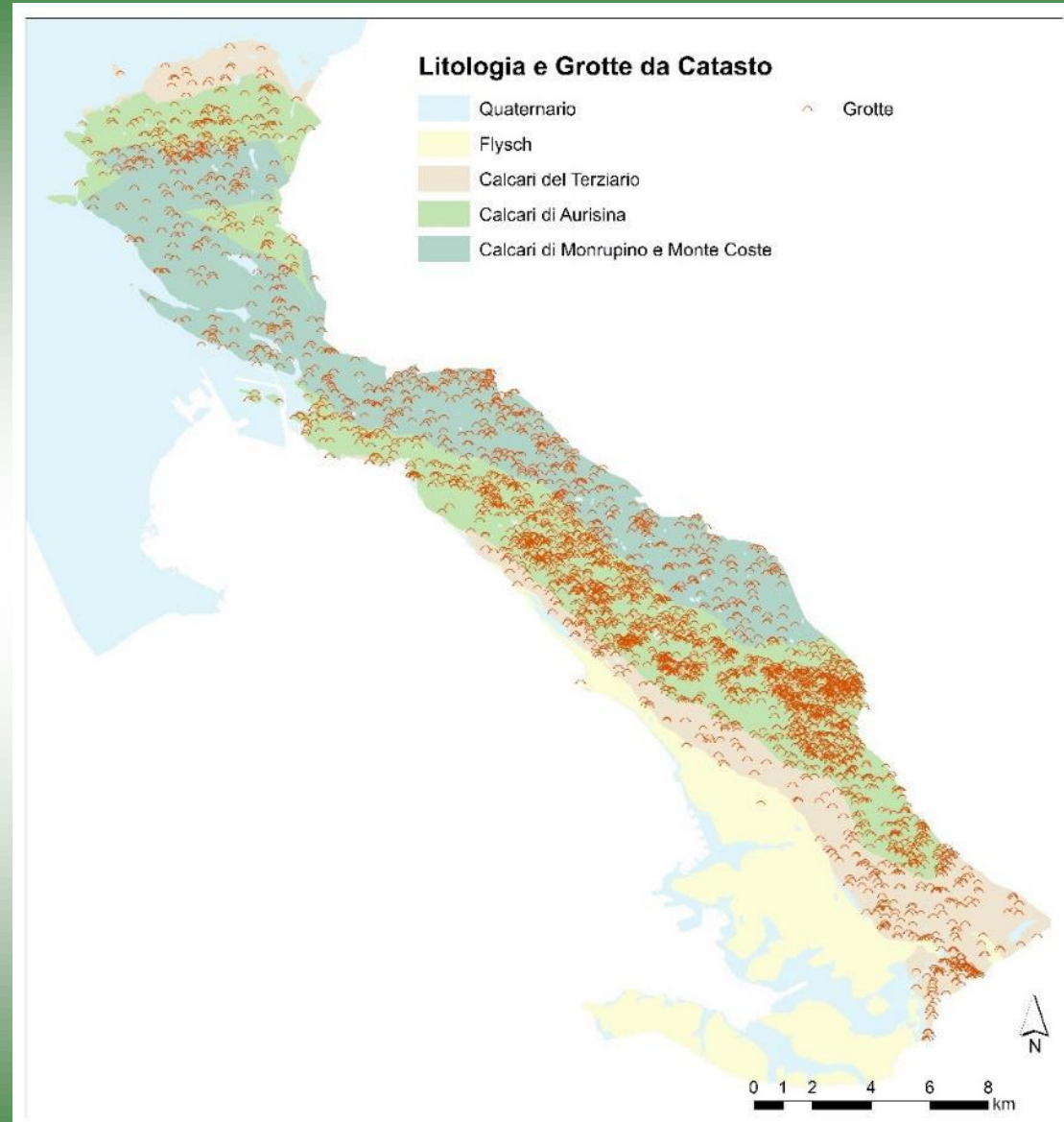
più di 3000 cavità
in Catasto

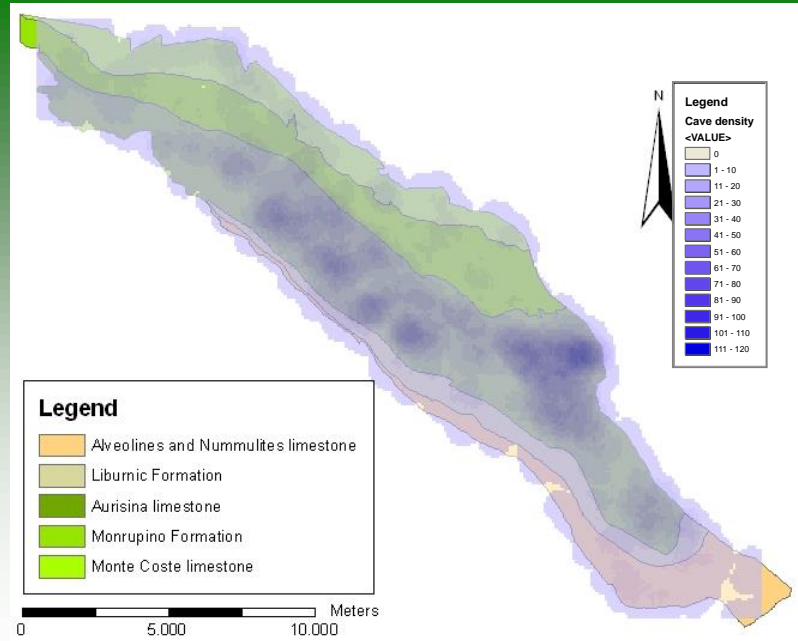
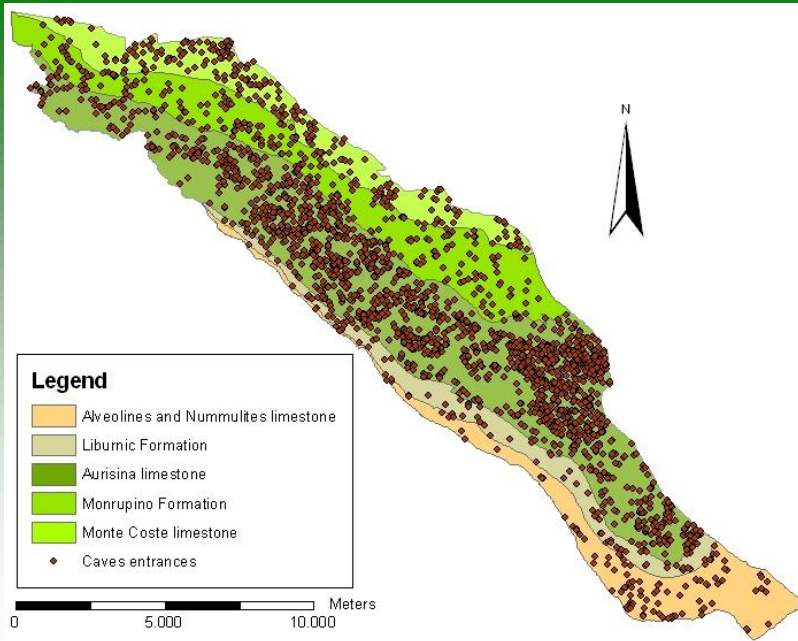
dappertutto, ma
maggiore densità
nei calcari di
Aurisina

circa 500 sono grotte complesse
circa 500 sono suborizzontali
circa 900 sono subverticali

**200 sono profonde più di
100 m**

350 sono estese più di 100 m



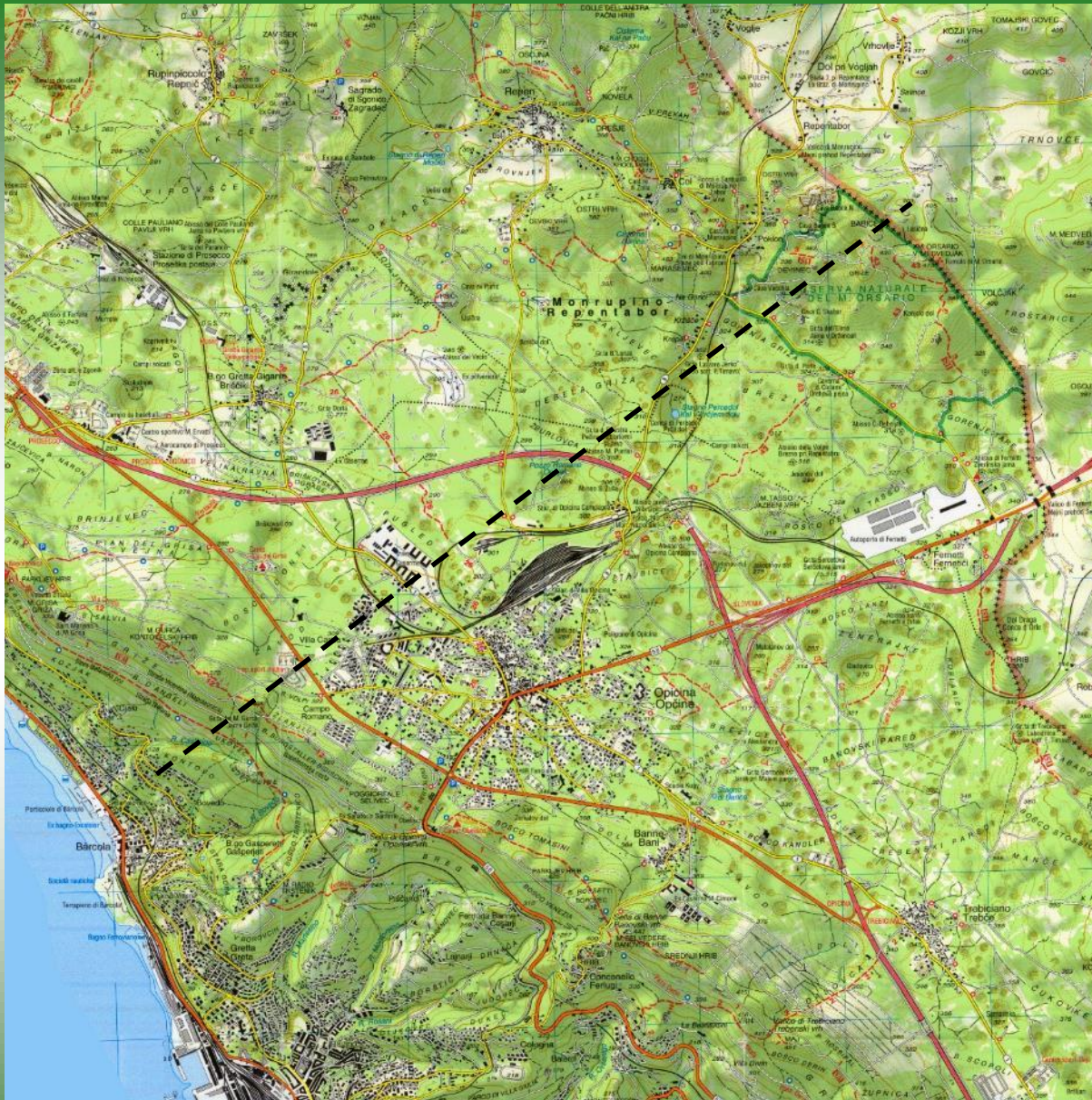


Mature Karst

Lithology	Area (km ²)	Number of cave entrances	Density (caves/km ²)
Alveolines and Nummulites limestone	43,4	110	2,5
Liburnic Formation	11,4	103	8,9
Aurisina limestone	65,5	1825	27,8
Monrupino Formation Anche dolomie	28	251	8,9
Monte Coste limestone	17,5	245	14

Lithology	Area (km ²)	Number of dolines	Density (dolines/km ²)
Alveolines and Nummulites limestone	43,4	113	2,6
Liburnic Formation	11,4	172	15,1
Aurisina limestone	65,5	2952	45,1
Monrupino Formation Anche dolomie	28	409	14,6
Monte Coste limestone	17,5	496	28,3

Profilo topografico



M. Orsario	473
Bivio strada	333
Fondo	
Percedol	274
Grotta	
Finestra	280
staz. Opicina	
Campagna	302
Villa Carsia	309
Gr. M. Gurca	368



Antiche valli fluviali ? Il solco del Paleotimavo ? ?



Dalla vedetta sopra S.Croce verso NE



Dal Monte S. Lorenzo



Verso il Golfo di Panzano e la foce dell'Isonzo: ovest)



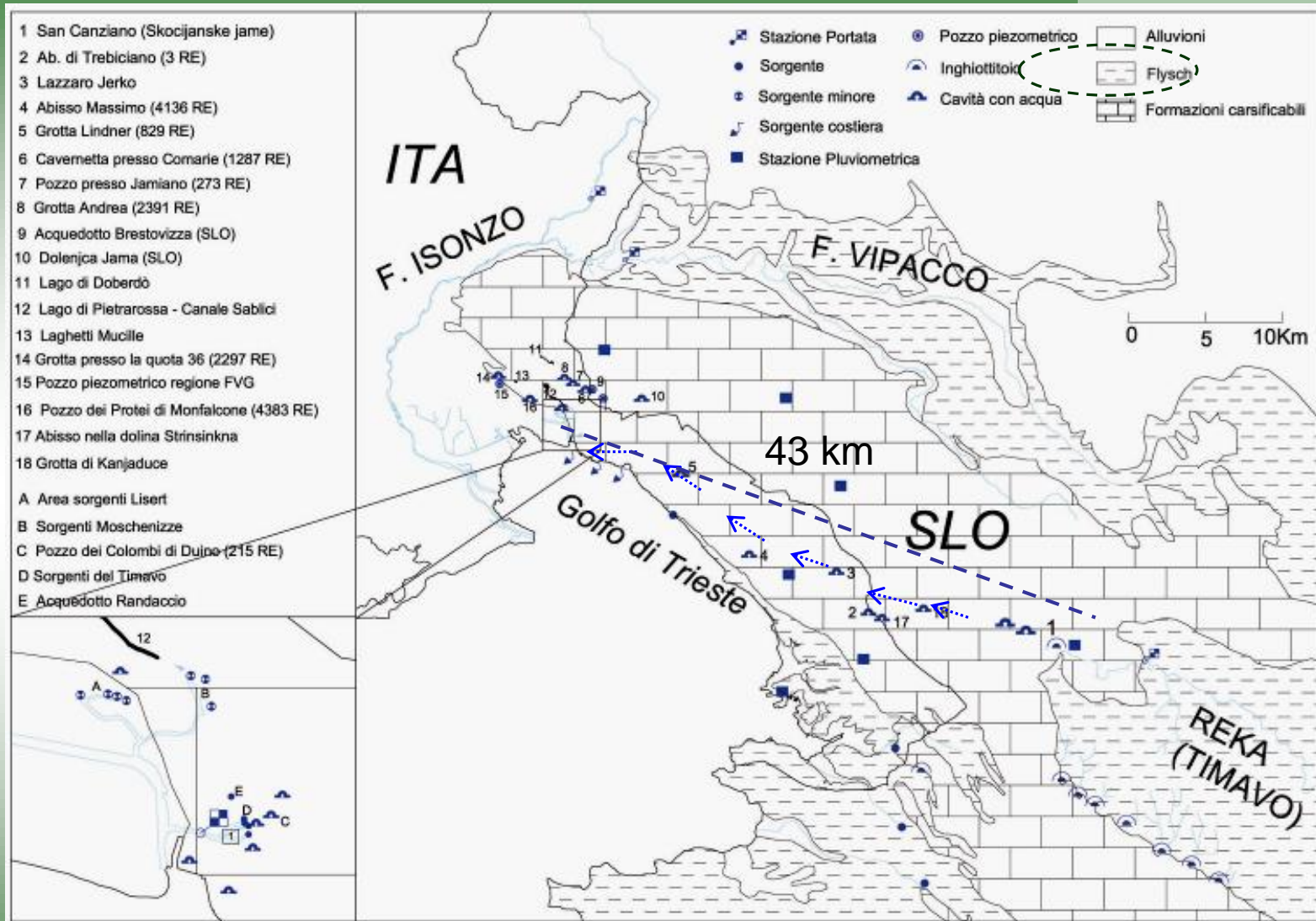
Verso le alture al confine italo-sloveno: SE

Adesso questa ipotesi NON viene più seguita (*perché ? Cosa manca sul Carso.....*)

- Oppure condizionamenti strutturali: faglie
- Corrosione differenziale legate alla diversa velocità di abbassamento della superficie carsica (vedi lezione 1) o più in generale alla diversa carsificabilità (classi di carsismo, vedi slides precedenti)

IL TIMAVO

Marne e arenarie
NON carsificabili
e impermeabili

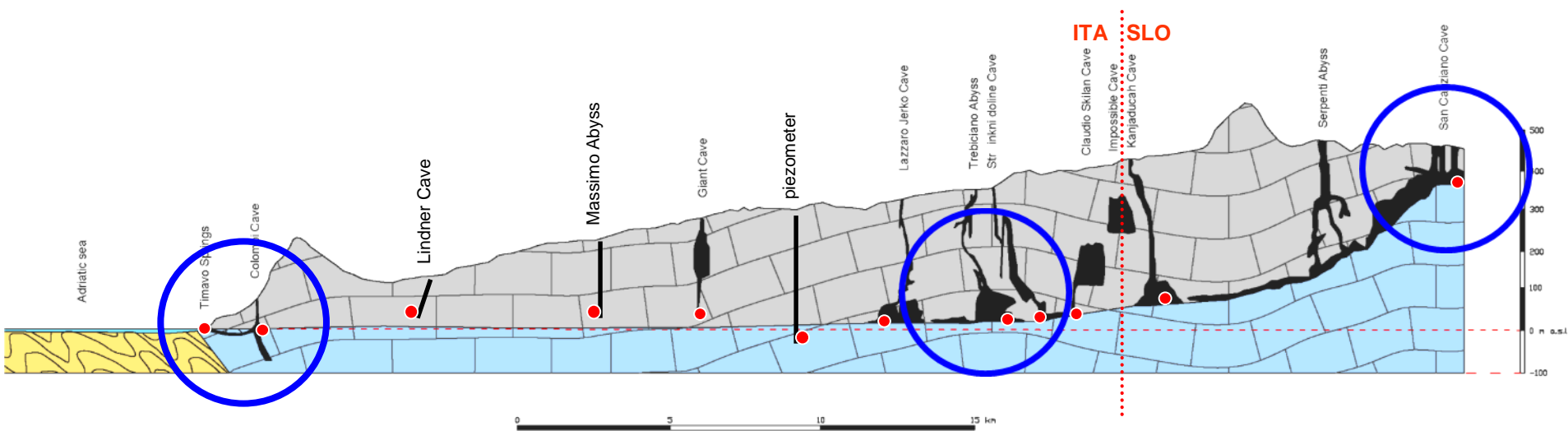


Sezione idrogeologica del Carso - Kras

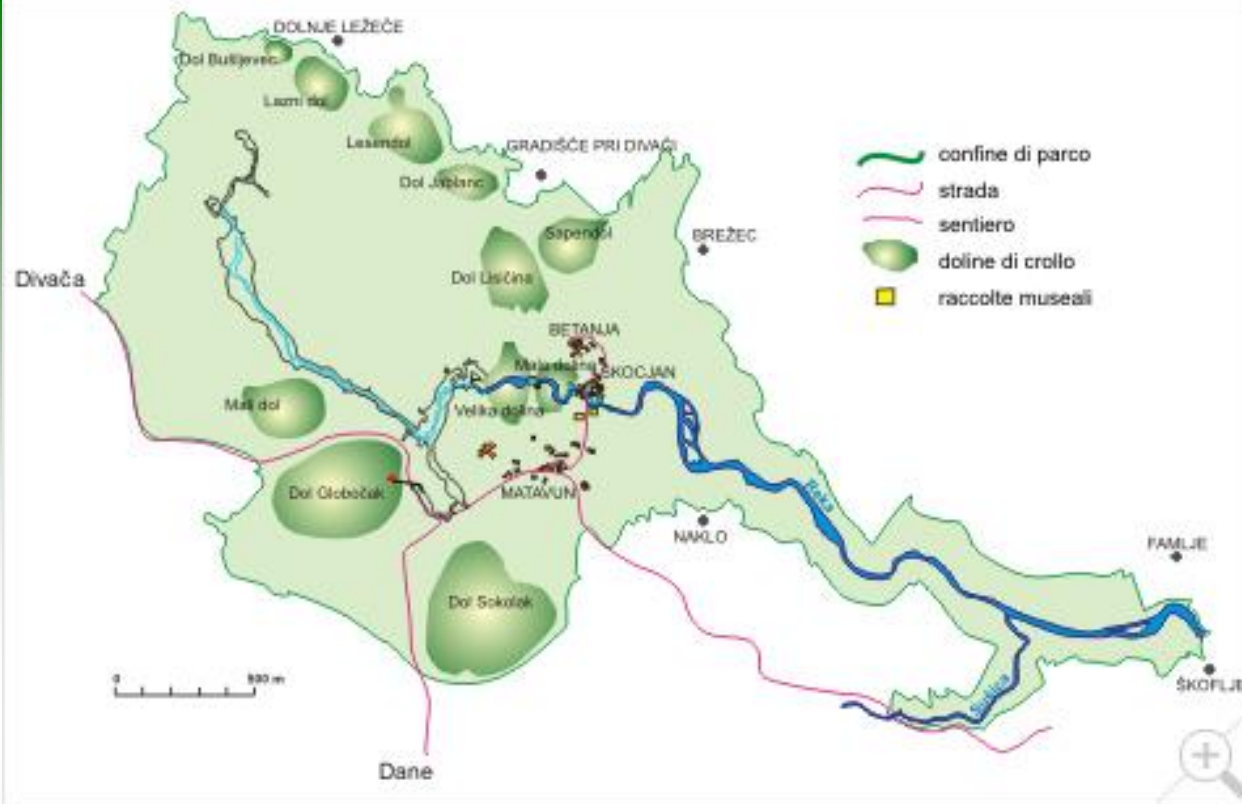
Spring zone

Karst Plateau

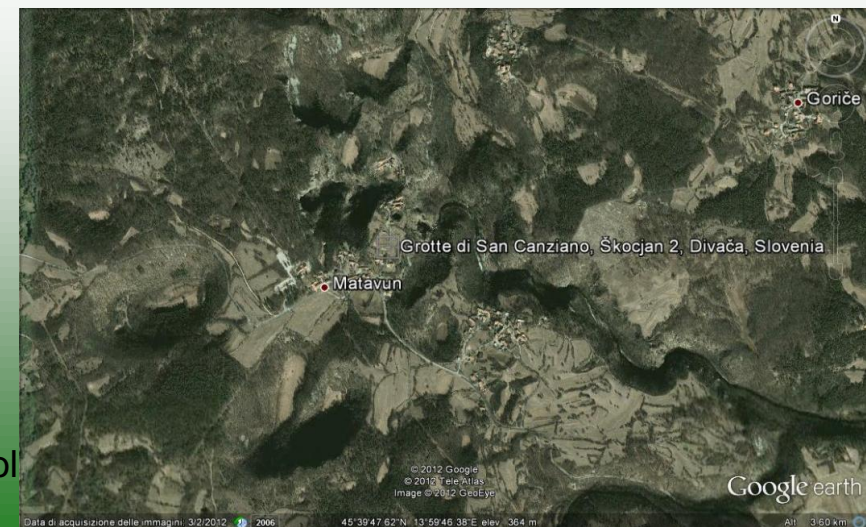
Transfer zone



Patrimonio UNESCO



<http://www.park-skocjanske-jame.si/ita/index.shtml>
Grotte di S. Canziano



Le Grotte di San Canziano – Skocianske Jame

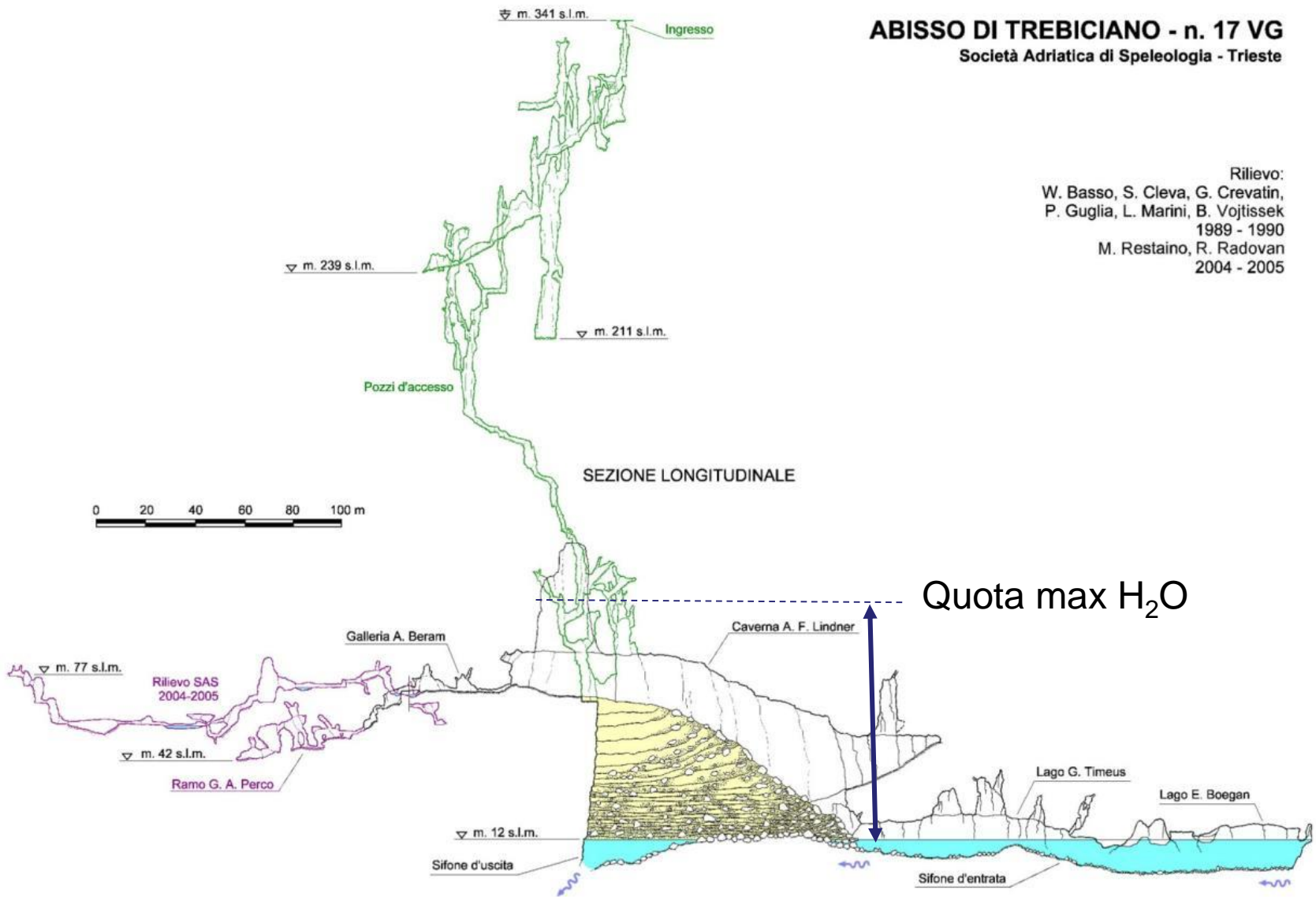


Portate del Reka nelle grotte; minima: $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$; MAX $305 \text{ m}^3/\text{s}$, media $8.3 \text{ m}^3/\text{s}$

ABISSO DI TREBICIANO - n. 17 VG

Società Adriatica di Speleologia - Trieste

Rilievo:
W. Basso, S. Cleva, G. Crevatin,
P. Guglia, L. Marini, B. Vojtissek
1989 - 1990
M. Restaino, R. Radovan
2004 - 2005



Abisso di Trebiciano



2019-2020

Carso D GFGeol - STAN

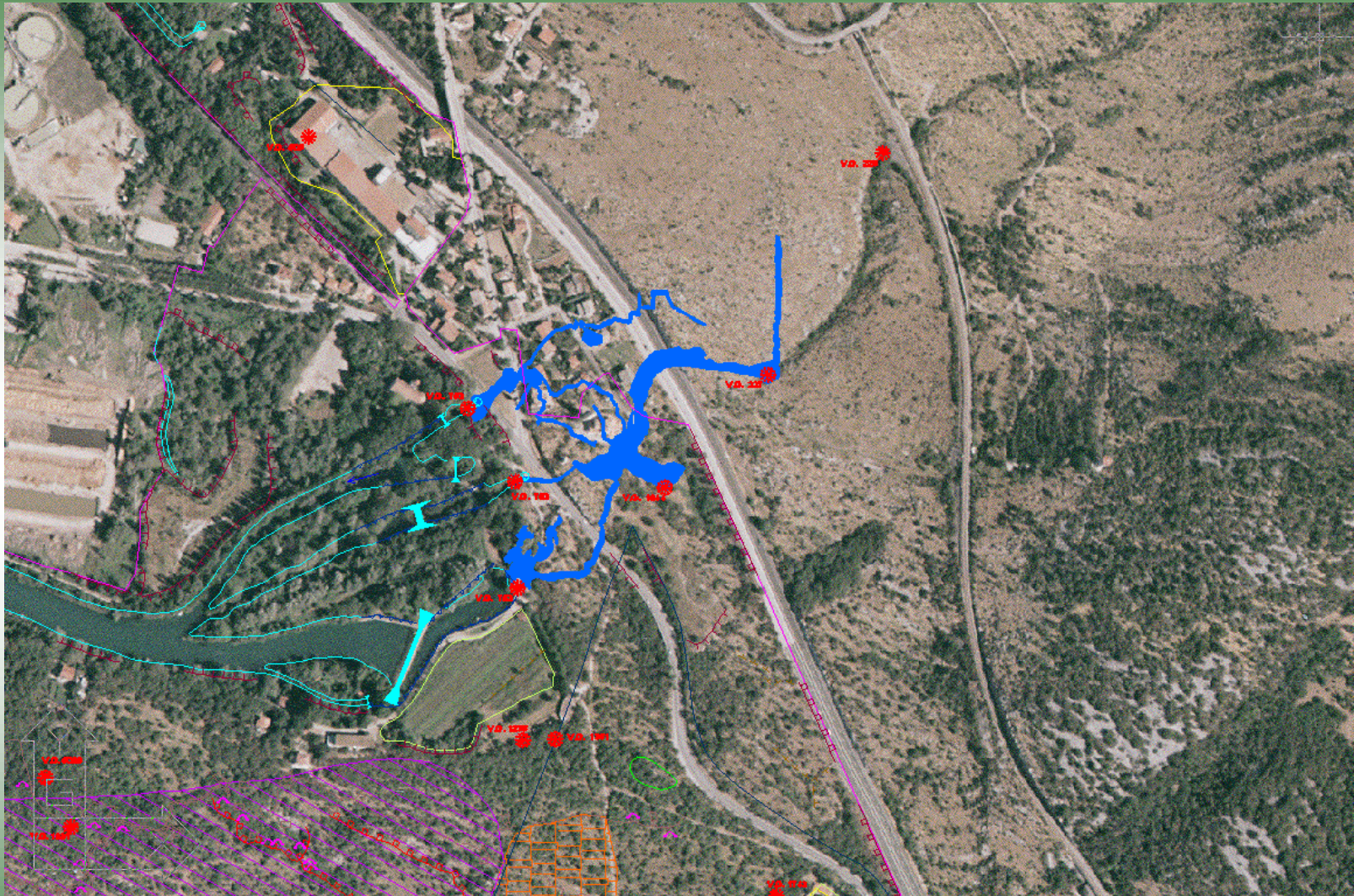
3° Ramo in piena



2° Ramo



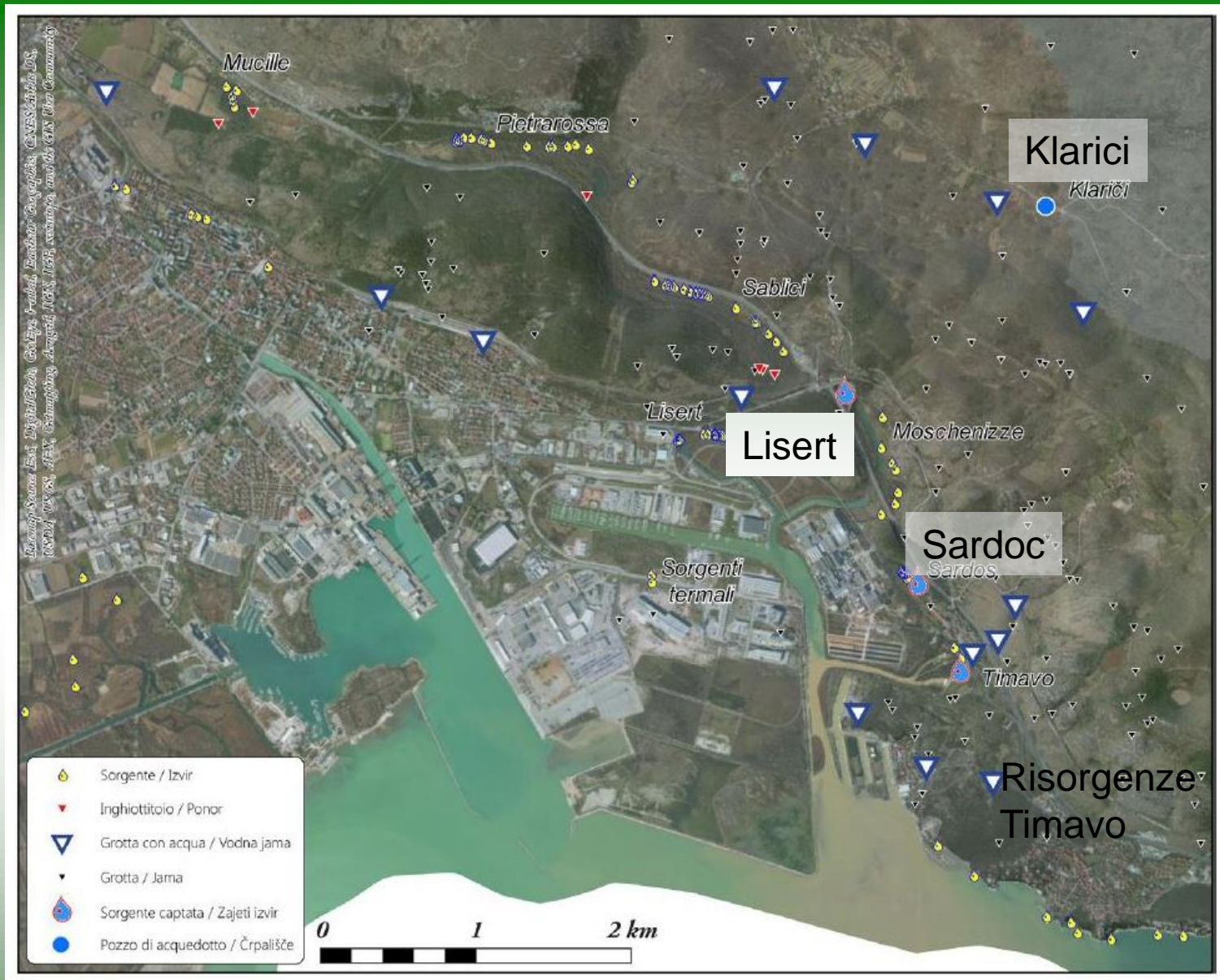
Le risorgive a S.Giovanni di Duino: grotte in zona freatica



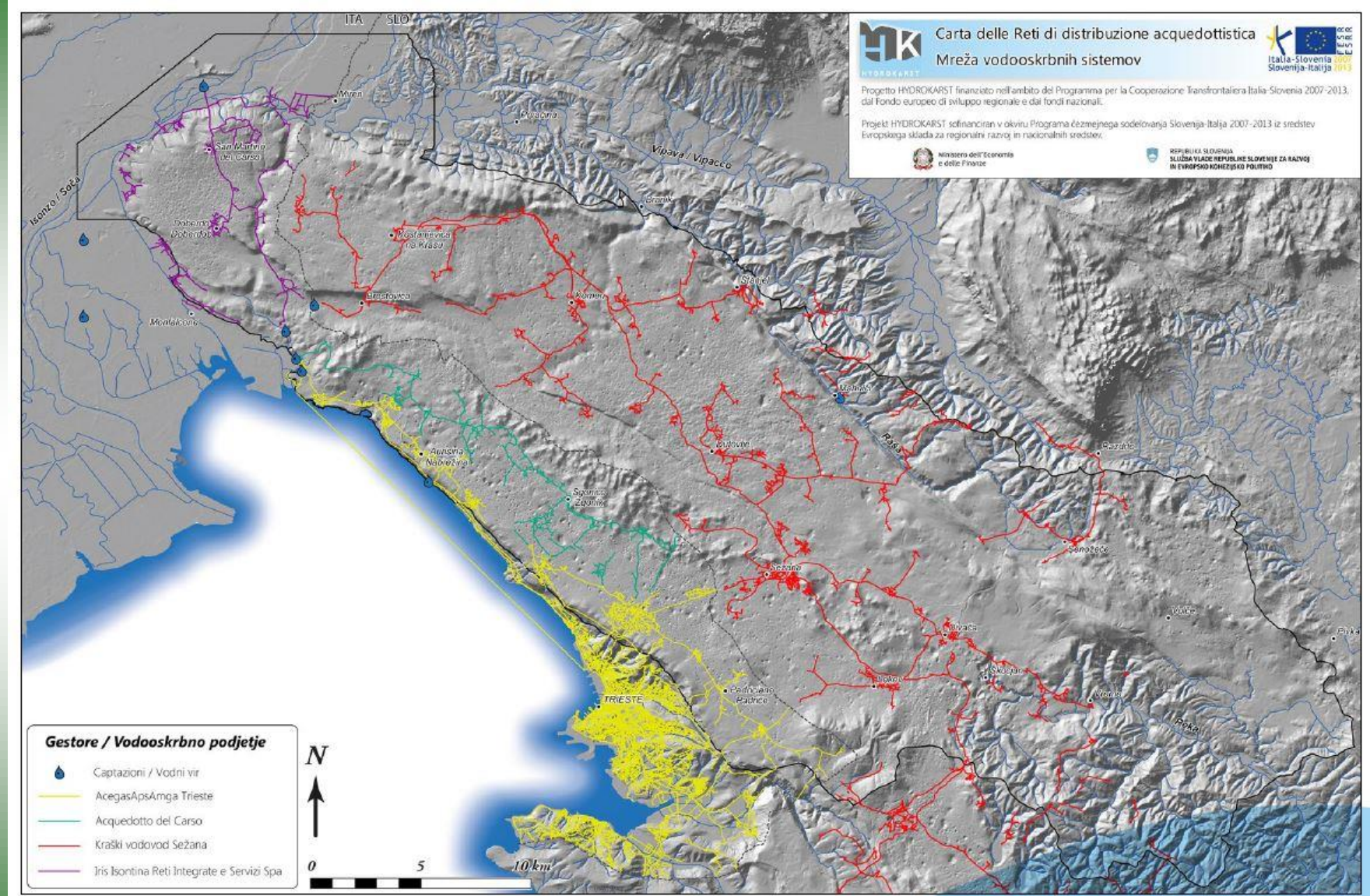
Risorgive S Giovanni di Duino



Portata media: $35 \text{ m}^3/\text{s}$, ma la portata della Reka/Timavo a 5 km da S. Canziano è di soli $8 - 10 \text{ m}^3/\text{s}$. E' il resto ??



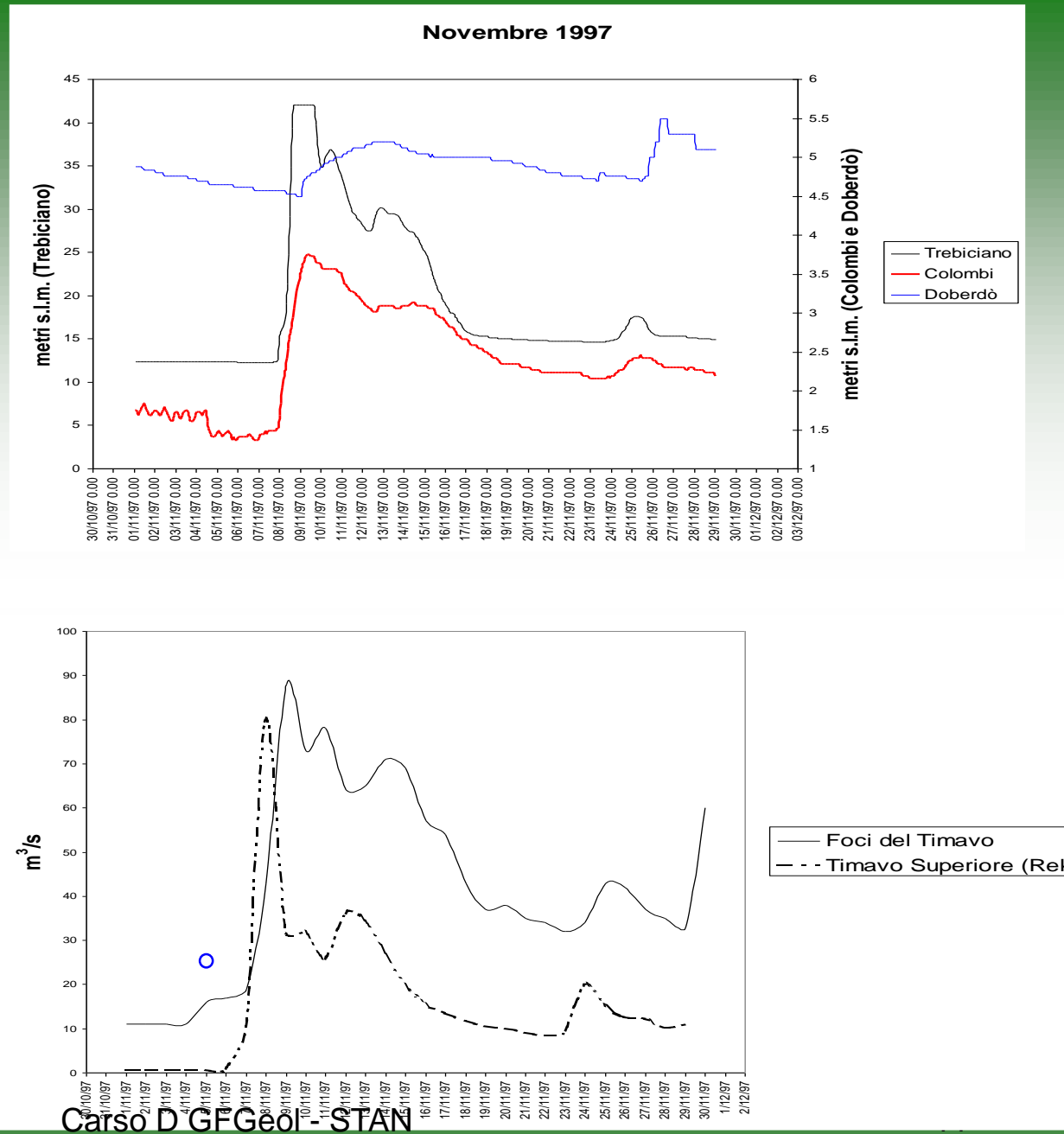
Area piena di sorgenti! Captate sia dall'aquedotto italiano che da quello sloveno



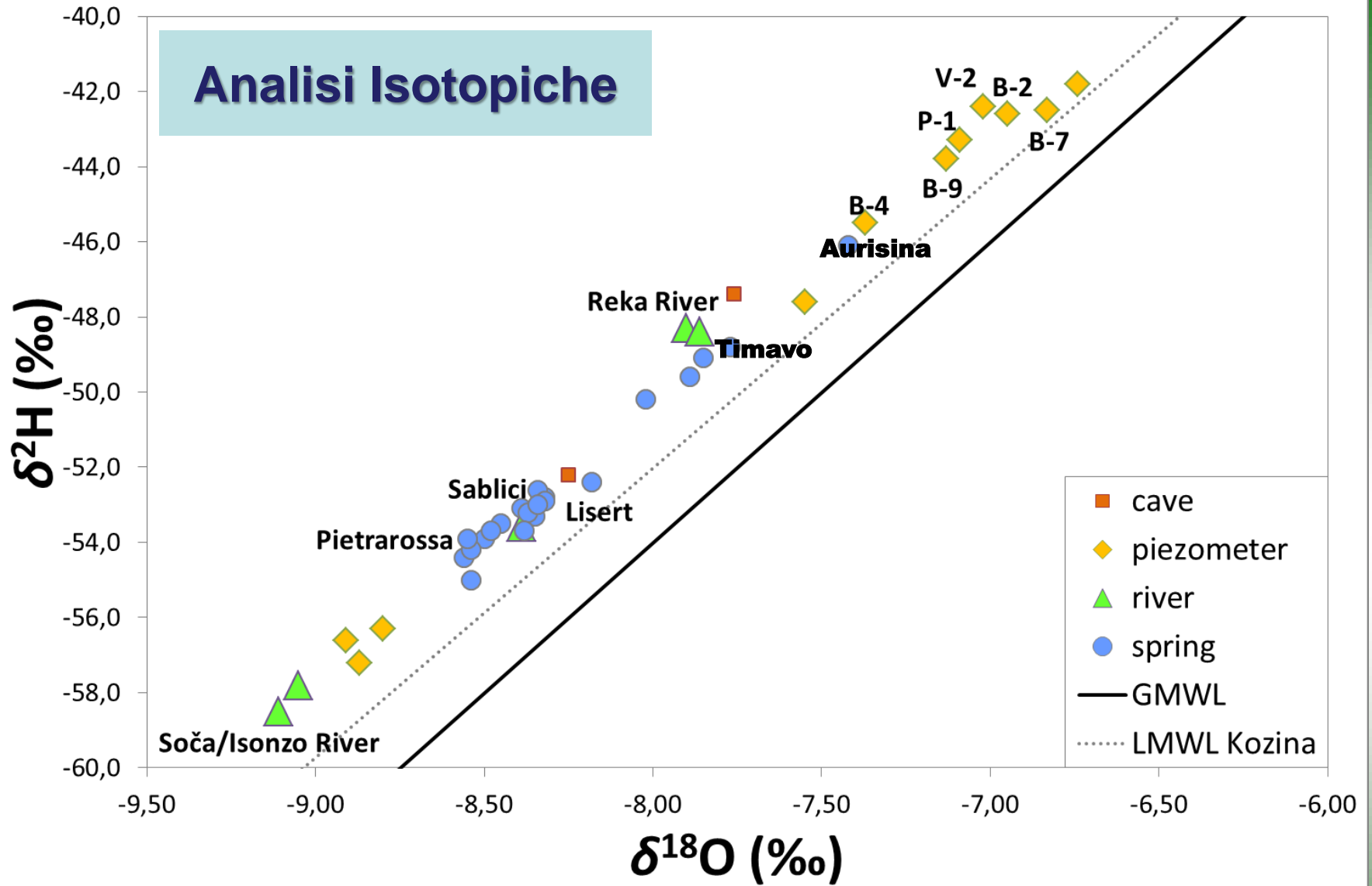
Variazione di altezza e portata durante una piena del Timavo

In fase di magra (10-20 mc/s) circa il 70% delle acque provengono dal Timavo superiore, Il rimanente da Nord (Doberdò, falda Isonzo)

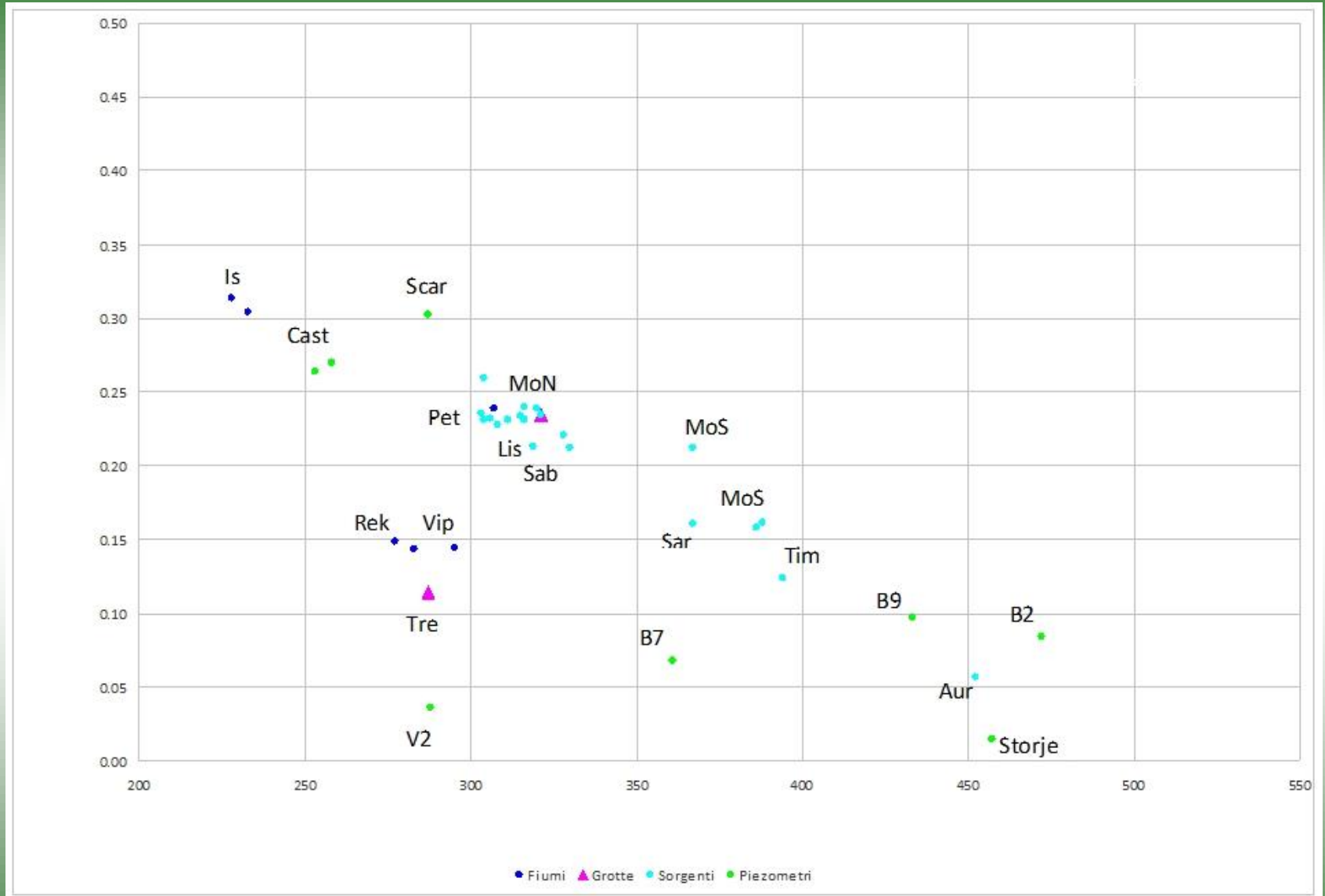
2019-2020



Analisi Isotopiche



Mg/Ca vs conducibilità



come ricostruire la provenienza e la velocità dell'acque sotterranee

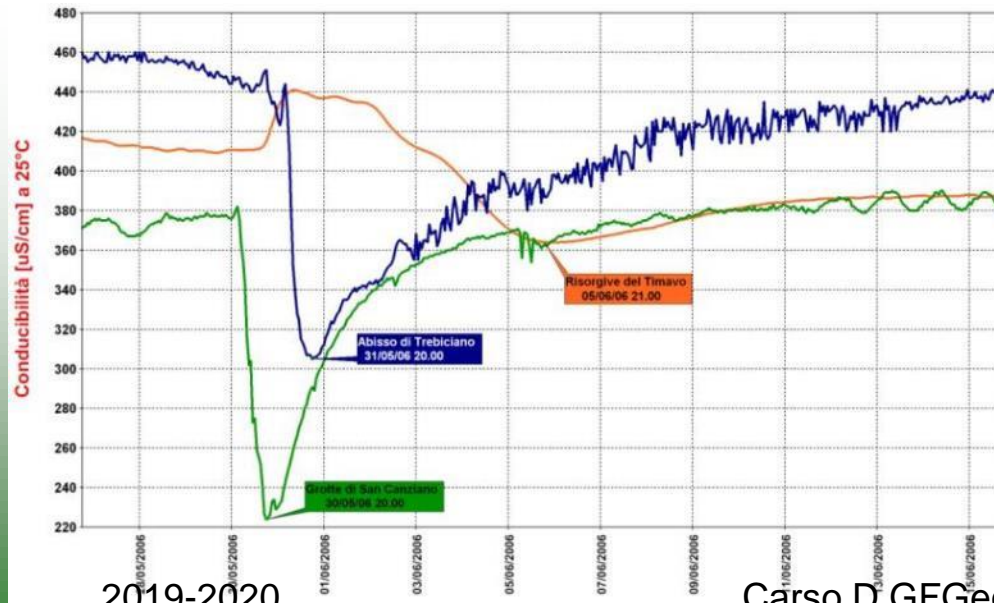
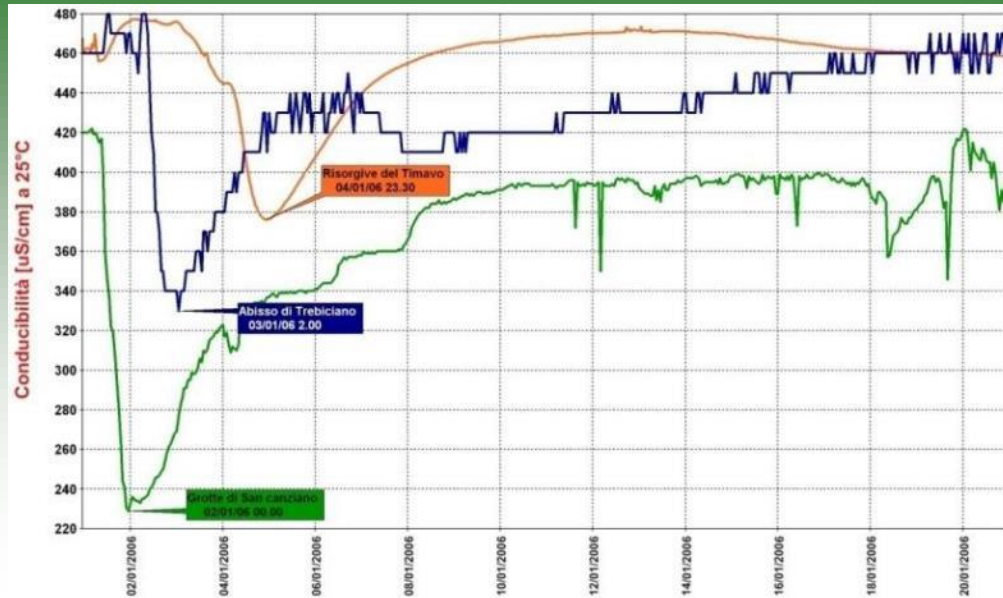
- Livelli (altezza) da mettere in relazione alla piovosità
- Temperatura:
- Conducibilità: la somma di tutti gli ioni presenti
- Analisi chimiche
- Analisi isotopiche: è legata alla quota
- Tracciamenti con fluoresceina sodica e tinopal

TRACCIAMENTI

Con sostanze artificiali

- Sostanze solubili in acqua
- Non modificarne la densità
- Facilmente analizzabili
- Non tossiche
- Facilmente reperibili e non molto costose
- Non visibile

con che velocità si muove l'acqua ipogea?



Velocità apparente di transito [m/h]

Tratto Grotte di San canziano - Abisso di trebiciano (12.7 km)	Tratto Abisso di Trebiciano - Risorgive del Timavo (23 km)
840	477
416	273
529	176
470	
462	
208	
446	138
941	410
446	385
173	
159	
620	325

Acque sotterranee in Carso:
5 – 20 km metri al giorno

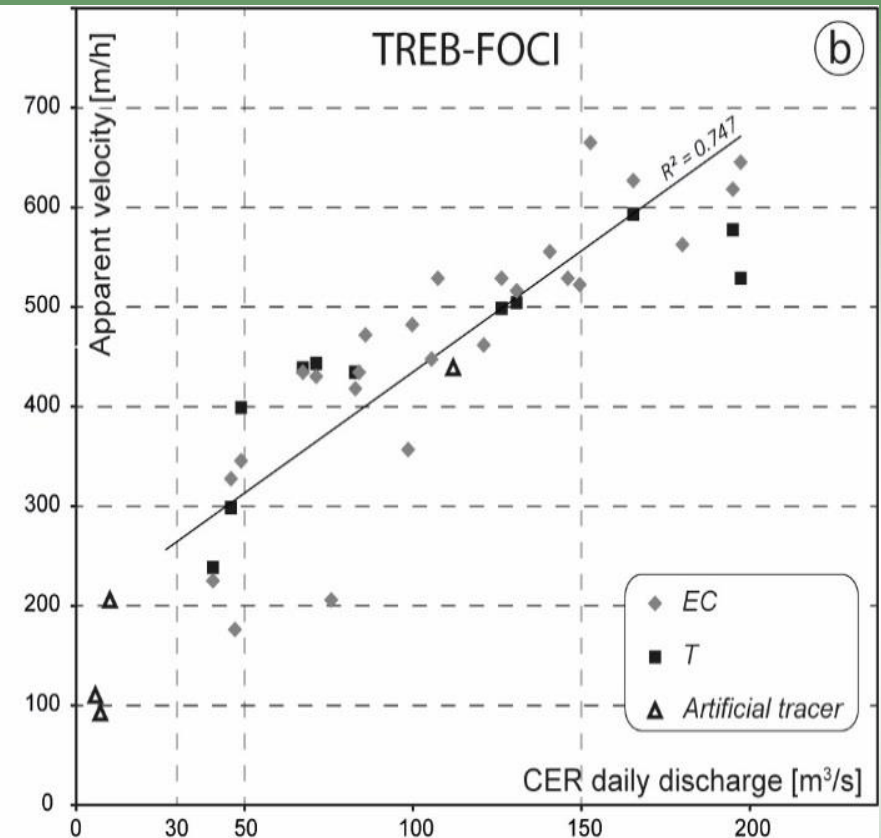
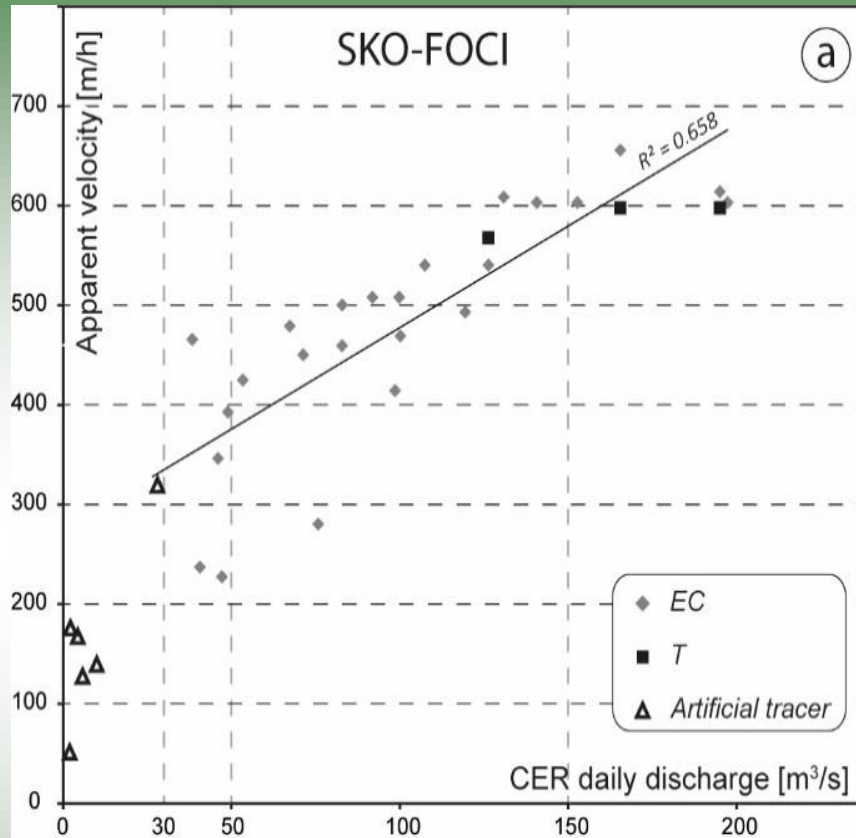
Acque di falda in pianura:
1 -10 metri al giorno

2019-2020

Carso D GFGeol - STAN

49

RELATIONSHIP BETWEEN REKA DISCHARGE AND APPARENT FLOW VELOCITIES



Discharge Reka/Timavo Superiore < 30 m³/s $v=164$ m/h.

Discharge Reka/Timavo Superiore > 150 m³/s $v=612$ m/h.

Acque di falda in pianura 1 -10 metri al giorno

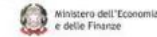


Carta Idrogeologica del Carso Classico
 Hidrogeološka karta Klasičnega Krasa



Progetto HYDROKARST finanziato nell'ambito del Programma per la Cooperazione Transfrontaliera Italia-Slovenia 2007-2013, dal Fondo europeo di sviluppo regionale e dai fondi nazionali.

Projekt HYDROKARST sofinanciran v okviru Programa čezmejnega sodelovanja Slovenija-Italija 2007-2013 iz sredstev Evropskega sklada za regionalni razvoj in nacionalnih sredstev.



Test di tracciamento / Sledilni poskus

○ Punto di iniezione / Mesto injiciranja

Tipo di connessione

- Principale / Glavna
- Secondaria / Sekundarna
- - - Incerta / Nezanosljiva

Povezavnosti

Classe di permeabilità / Razred prepustnosti

Rocce Kamnine	Depositi Sedimenti
Molto alta / Zelo visoka	
Alta / Visoka	
Media / Srednja	
Bassa / Nizak	
Molto bassa / Zelo nizak	

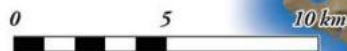
Q=10 m³/s

Q=20,6 m³/s

Q≈35 m³/s

Q=8,26 m³/s

- Idrografia superficiale / Površinski vodotok
- ◆ Sorgente captata / Zajeti izvir
- ◆ Sorgente / Izvir
- Lago / Jezero
- ▼ Inghiottoio / Ponor
- ▽ Grotta con acqua / Vodna jama
- Grotta / Jama
- Traccia grotta / Tloris jame
- Piezometro / Gladina podzemne vode
- Pozzo di acquedotto / Črpališče
- Pozzo / Vrtina



2019-2020

Carso D GFGeol - STAN

51



RETE A CIRCOLAZIONE DISPERSIVA



Fig. 7 - Sezione e planimetria schematica di un sistema con funzionamento a circolazione dispersiva

A cross-section and plan sketch of a dispersive flow system

Sistemi con rete a circolazione dispersiva

nel tempo, con incrementi non correlabili con i singoli eventi infiltrativi o comunque sfasati di diversi

Non c'è relazione diretta tra piovosità e portata
Risposte lente

Fig. 8 - Andamento della portata, temperatura e conducibilità elettrica delle acque di una sorgente alimentata da un sistema a circolazione dispersiva (Sorgente Ray, Piemonte meridionale)

Discharge, temperature and electrical conductivity trend of spring water fed by a dispersive flow system (Ray spring, south Piemonte county)

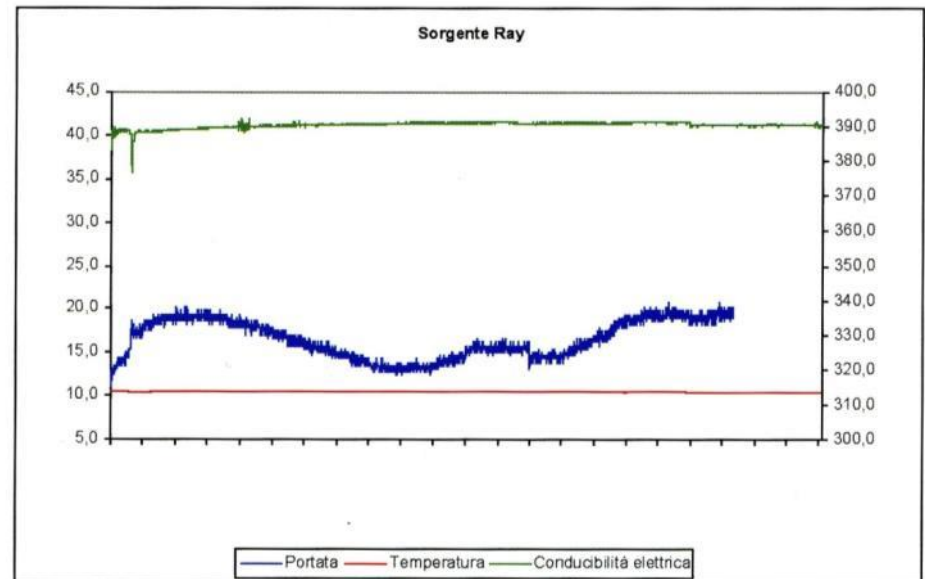


Fig. 4 - Sezione e planimetria schematica di un sistema con funzionamento a dreni interdipendenti

A cross-section and plan sketch of a interdependent drains system

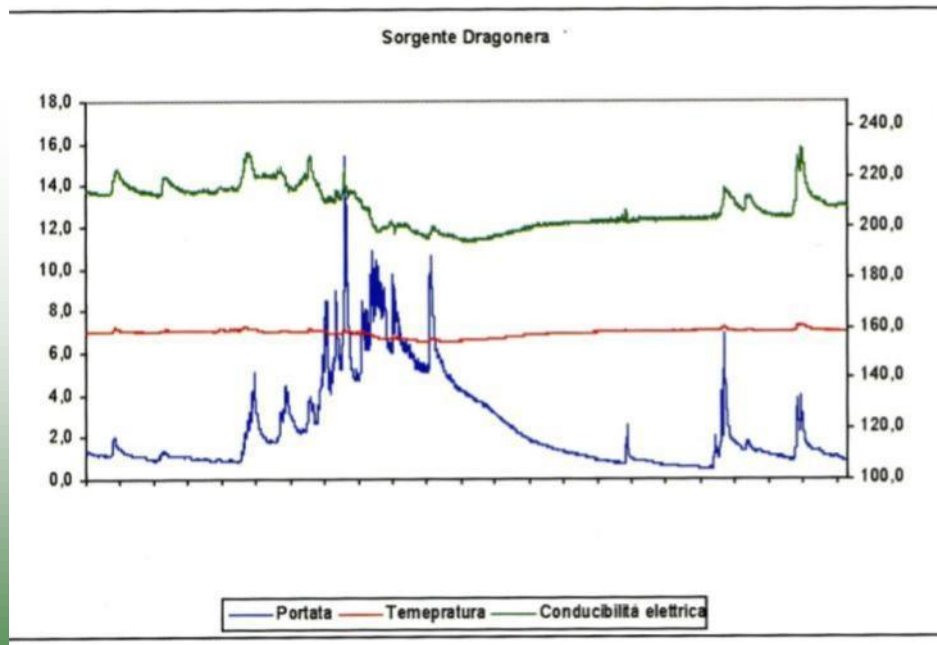
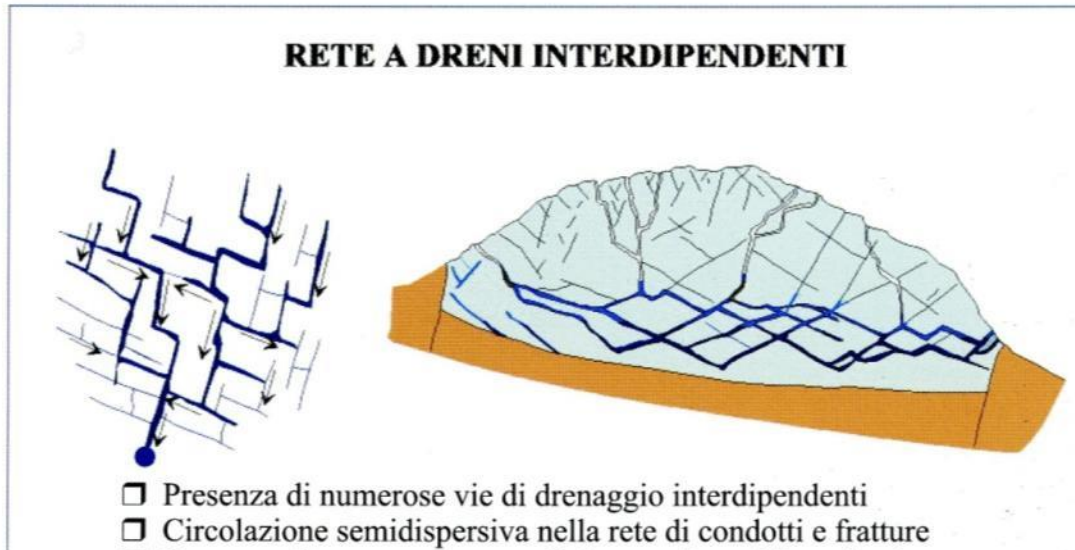
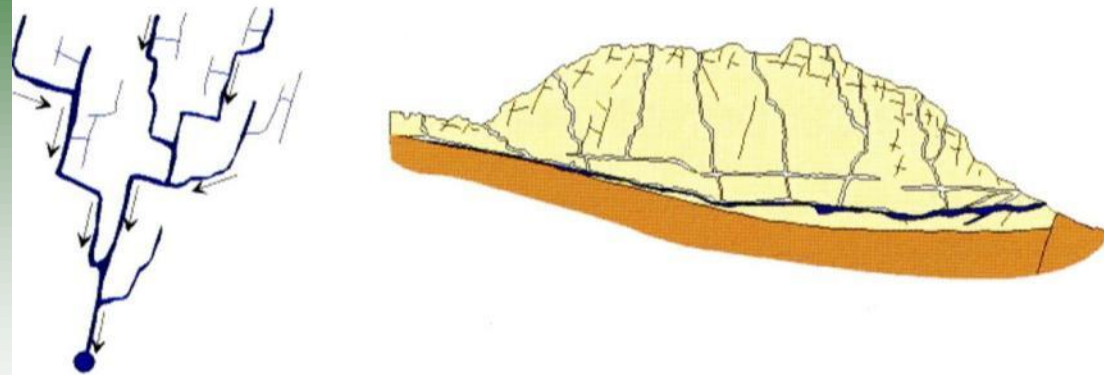


Fig. 5 - Andamento della portata, temperatura e conducibilità elettrica delle acque di una sorgente alimentata da un sistema a dreni interdipendenti (Sorgente della Dragonera, Piemonte meridionale)

Discharge, temperature and electrical conductivity trend of spring water fed by a interdependent drains system (Dragonera spring, south Piemonte county)

RETE A DRENO DOMINANTE



- Esistenza di importanti vie di drenaggio preferenziali
- Organizzazione della rete di drenaggio
- Condotti sifonanti ma assenza di una zona satura tradizionale

Fig. 1 - Sezione e planimetria schematica di un sistema con funzionamento a dreno dominante

A cross-section and plan sketch of a dominant main conduit system

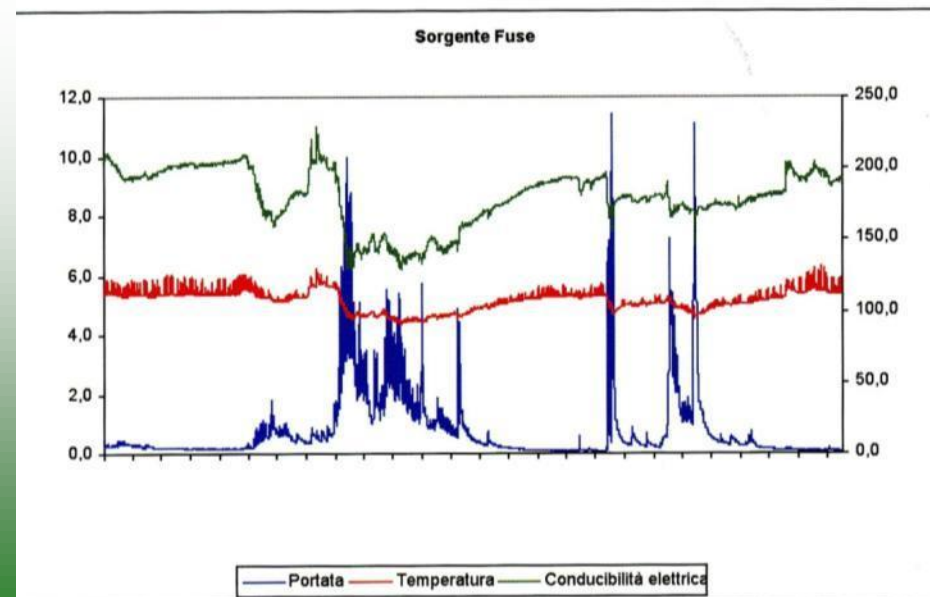
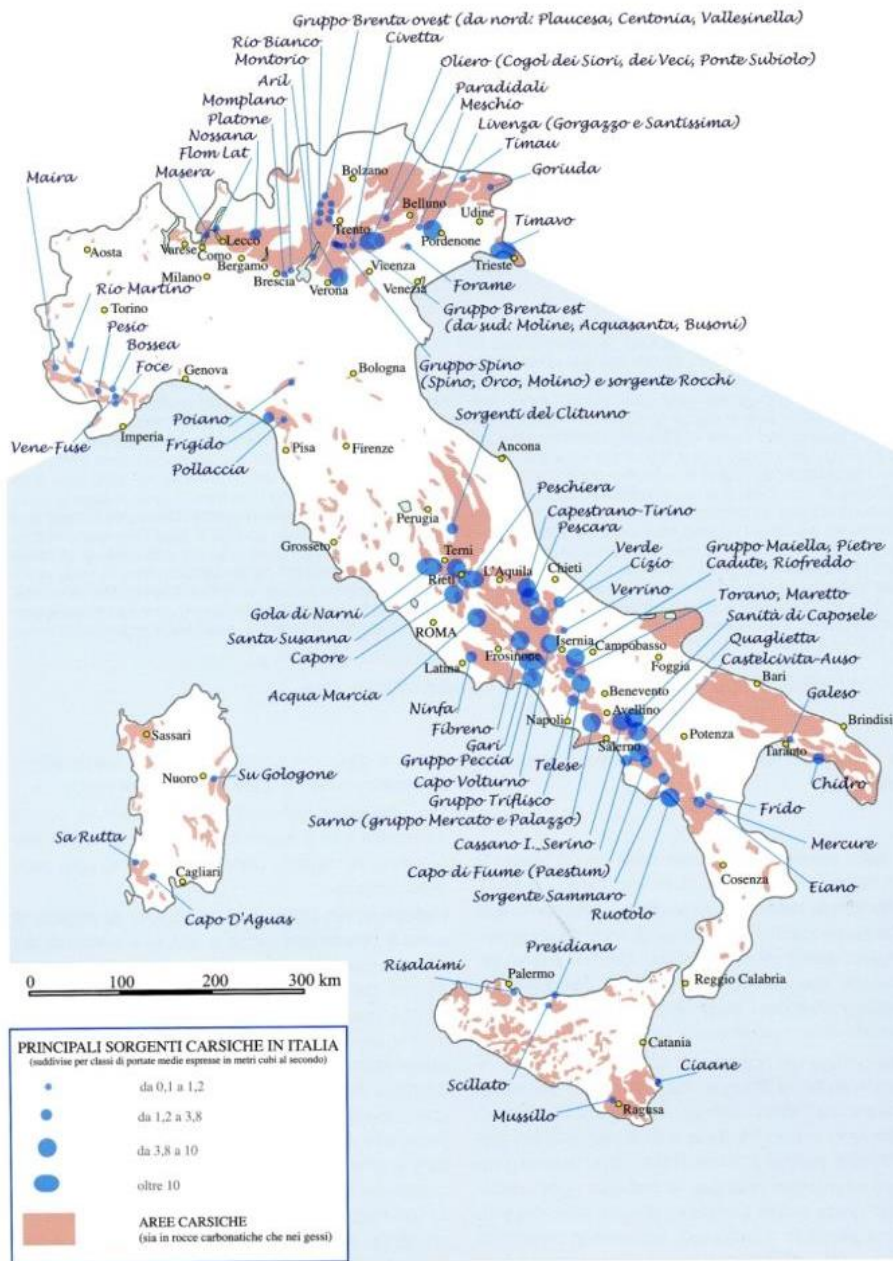


Fig. 2 - Andamento della portata, temperatura e conducibilità elettrica delle acque di una sorgente alimentata da un sistema a dreno dominante (Sorgente delle Fuse, Piemonte meridionale)

Discharge, temperature and electrical conductivity trend of spring water fed by a dominant main conduit system (Fuse spring, south Piemonte county)

Idrogeologia carsica

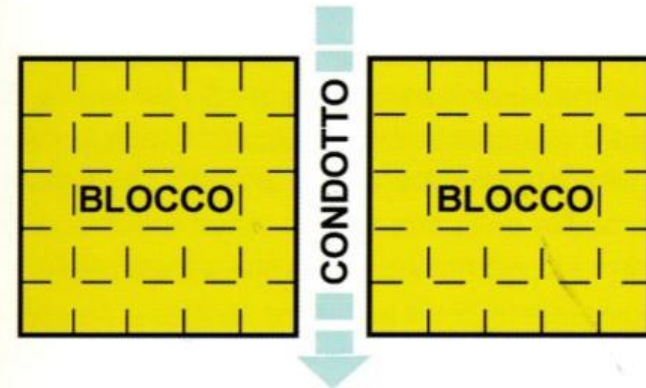


CONDOTTI DI DISSOLUZIONE:

alta permeabilità
circolazione veloce
volume piccolo

BLOCCHI:

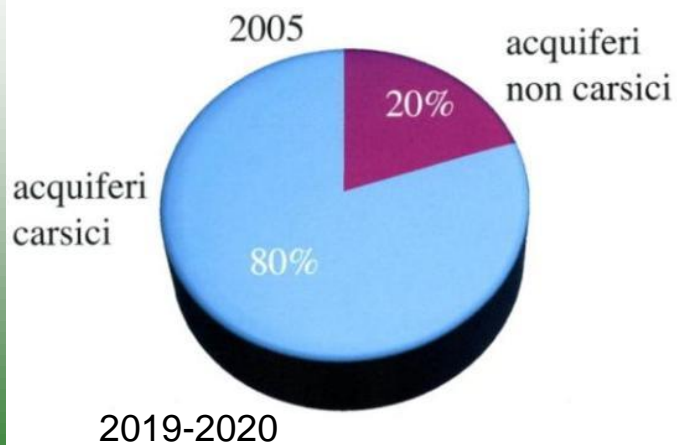
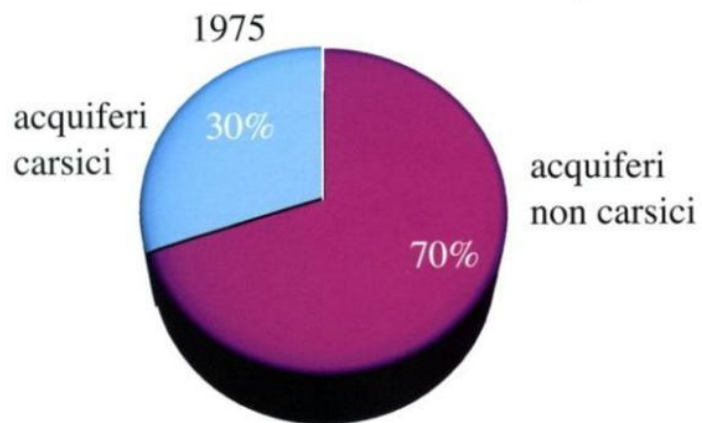
bassa permeabilità
circolazione lenta
volume notevole



ALLE RISORGENTI

Fig. 14 - Schematizzazione in blocchi e condotti di un acquifero carsico

Utilizzo



		Acquiferi non carsici	Acquiferi carsici
PERMEABILITÀ	porosità	importante	trascurabile
	fessurazione	trascurabile	importante
LIVELLO PIEZOMETRICO		unico	variabile
MOTO DELL'ACQUA		laminare/lento	turbolento/veloce
DIREZIONE DEL FLUSSO		unica lineare	variabile
RICARICA	piogge	sì	sì
	perdite di fiumi	sì	sì
	condensazione	no	sì
PORTATA ALLE SORGENTI		costante	variabile
PARAMETRI CHIMICO-FISICI		costanti	variabili
DEFINIZIONE DEL BACINO		facile	difficile

Fig. 13 - Principali differenze esistenti tra gli acquiferi carsici e non carsici

CONDOTTI DI DISSOLUZIONE:

alta permeabilità
circolazione veloce
volume piccolo

BLOCCHI:

bassa permeabilità
circolazione lenta
volume notevole

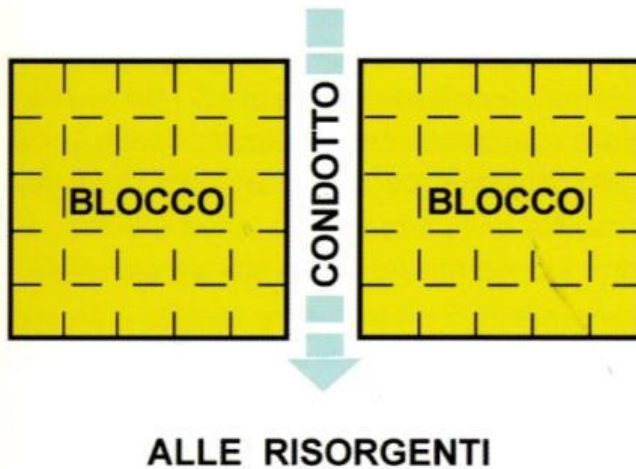
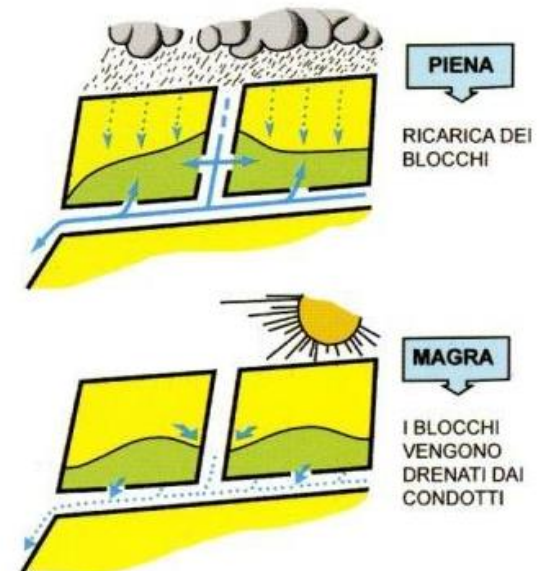


Fig. 14 - Schematizzazione in blocchi e condotti di un acquifero carsico

A COMPONENTI DEL REGIME IDRICO DELLE SORGENTI CARSIICHE



B



Non usare le grotte come discariche !



2019-2020

Carso D GFGeol - STAN

59

- Le acque carsiche sono importanti: acquedotti a Trieste, Puglie, Roma
- Ma le acque carsiche sono molto vulnerabili, perché manca l'azione di filtro che hanno i sedimenti porosi (ghiaie, sabbie) . Manca il tempo....(
- Soprattutto la roccia fratturata rappresenta un acquifero molto irregolare. Fratture sottili e vani ampi. Gli inquinanti possono sia raggiungere velocemente la falda, e quindi rimanere poco tempo nell'acquifero quando passano attraverso dreni dominanti sia rimanere intrappolati nelle piccole tratture dei blocchi ed essere rilasciati poco a poco..
- Le grotte sono importanti siti archeologici, fanno parte della storia dell'uomo: abitazioni, ripari, difesa, luoghi di culto, chiese

Concetti base:

- I fenomeni carsici avvengono in rocce solubili da parte di acque piovane arricchite in CO_2
- Le rocce solubili devono presentare superfici di discontinuità (fratture faglie, piani di strato) che condizionano i fenomeni carsici, sia ipogei che ipogei
- La superficie di un'area carsica NON ha un reticolo di acque superficiali, ha una morfologia contraddistinta da doline, grotte, affioramenti di calcari con piccole forme di corrosione
- Le doline sono legate a processi di dissoluzione superficiali e da crolli. In corrispondenza del centro della dolina ci sono punti di assorbimento
- L'acqua penetra nelle fratture, verso il basso, le allarga e forme le grotte
- La forma delle grotte è legata al tipo di discontinuità e al loro orientamento spaziale, alla posizione delle grotta rispetto alla superficie della falda.
- All'interno delle grotte si formano concrezioni, di forma diversa a seconda di come si muove l'acqua
- All'interno delle grotte ci sono importanti riserve di acque sotterranee