



IL GEOPARCO DEL CARSO CLASSICO



IL GEOPARCO DEL CARSO CLASSICO

IL GEOPARCO DEL CARSO CLASSICO

Interreg



UNIONE EUROPEA
EVROPSKA UNIJA

ITALIA-SLOVENIJA



GeoKarst

Progetto standard co-finanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale
Standardni projekt sofinancira Evropski sklad za regionalni razvoj

PUBBLICATO DA: Servizio geologico - Direzione centrale difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (RAFGV)

in collaborazione con il Comune di Sežana (Slovenia)

Responsabile del progetto: Fabrizio Fattor, Direttore del Servizio geologico della RAFVG

COORDINAMENTO DEL COMITATO EDITORIALE E DEL GRUPPO DI LAVORO:

Sara Bensi (*Servizio geologico della RAFVG*)

COMITATO EDITORIALE:

Matevž Novak (*Geološki Zavod Slovenije - GeoZS*)

Bojan Otoničar (*Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU*)

Chiara Calligaris, Franco Cucchi, Luca Zini, Lorenzo Bonini (*Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste - DMG-UniTS*)

Vincenzo Barone (*eco&eco S.r.l.*)

Samo Škrjanec (*Zavita d.o.o.*)

Chiara Piano (*Servizio geologico della RAFVG*)

AUTORI (in ordine alfabetico):

Vincenzo Barone¹, Sara Bensi², Lorenzo Bonini³, Chiara Calligaris³, Franco Cucchi³, Katja Fedrigo⁴, Furio Finocchiaro³, Marco Franceschi³, Franci Gabrovšek⁵, Petra Gostinčar⁶, Anna Natali¹, Matevž Novak⁶, Bojan Otoničar⁵, Chiara Piano², Samo Škrjanec⁷, Urška Šolc⁶, Aleksandra Trenčovska⁶, Luca Zini³, Nadja Zupan Hajna⁵

Nella stesura dei capitoli gli Autori sono stati coadiuvati da ricercatori ed esperti nei vari settori scientifici che riguardano le peculiarità del geoparco del Carso Classico, riportati in ordine alfabetico:

Deborah Arbulla⁸, Lorenzo Consorti⁹, Vesna Guštin¹⁰, Bogdan Jurkovšek⁶, Tea Kolar-Jurkovšek⁶, Andrej Kranjc⁵, Giuliana Renzi¹¹

¹eco&eco Economia & Ecologia Srl (Italia), ²Servizio geologico della RAFVG (Italia), ³Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste (Italia), ⁴Comune di Sežana (Slovenia), ⁵Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU (Slovenia), ⁶Geološki Zavod Slovenije GeoZS (Slovenia), ⁷ZaVita d.o.o. (Slovenia),

⁸Museo civico di Storia Naturale di Trieste (Italia), ⁹CNR Ismar di Trieste (Italia), ¹⁰Zadruga Naš Kras - Cooperativa Carso nostro (Italia), ¹¹Servizio biodiversità della RAFVG (Italia)

TRADUZIONI (in ordine alfabetico):

Vincenzo Barone, Sara Bensi, Lorenzo Bonini, Chiara Calligaris Franco Cucchi, Furio Finocchiaro, Marco Franceschi, Petra Gostinčar, Matevž Novak, Lorenzo Oretti¹, Bojan Otoničar, Quickline S.a.S., Petra Škrap⁶, Samo Škrjanec, Urška Šolc, Aleksandra Trenčovska, Luca Zini

GRAFICA, IMPAGINAZIONE DIGITALE E STAMPA:

Mosetti Tecniche Grafiche Srl, Trieste, Italia

TIRATURA:

500 copie

LUOGO E DATA:

Trieste, ottobre 2022

Il libro è disponibile in formato digitale all'indirizzo:

www.karst-geopark.eu

La pubblicazione del libro è cofinanziata nell'ambito del Programma di cooperazione transfrontaliera Italia - Slovenia 2014-2020 dal Fondo europeo di sviluppo regionale e da fondi nazionali.

Il contenuto della parte italiana è finanziato con risorse del Servizio geologico della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

I contenuti non riflettono necessariamente la posizione ufficiale dell'Unione Europea, pertanto gli autori ne sono responsabili.

RINGRAZIAMENTI:

Il gruppo di lavoro che ha curato la pubblicazione ringrazia tutti e in particolare i tanti ricercatori che direttamente e indirettamente, con i loro consigli e più in generale con le loro idee, avvalorate anche da numerosi ricercatori scientifici nel corso degli anni, hanno consentito di correlare i concetti esposti in questa pubblicazione. Risulta impossibile citare la vasta comunità scientifica e i collaboratori che hanno reso possibile questo lavoro, e ai quali siamo infinitamente grati.



REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

www.regione.fvg.it

www.ita-slo.eu/geokarst

Partner del progetto Interreg GeoKarst:

Capofila:



Comune di Sežana

www.sezana.si



Javni zavod Park Škocjanske jame

www.park-skocjanske-jame.si



Regione Veneto

www.regione.veneto.it

Tutti i diritti riservati. È vietato riprodurre, memorizzare in un sistema di recupero o trasmettere qualsiasi parte della presente pubblicazione in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo, sia esso elettronico, meccanico, di fotocopiatura, di registrazione o altro, senza la previa autorizzazione dell'editore.

Le immagini del sito Dinosauri del Villaggio del Pescatore sono utilizzate su concessione della Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio del Friuli Venezia Giulia - MiC e ne è vietata la riproduzione a scopo di lucro.

Immagini di copertina: Roberto Valenti (*Servizio foreste e corpo forestale, RAFVG*), Mario Saccomano - Shutterstock

Grafica di copertina: Fiorella Bieker (*Servizio geologico, RAFVG*) & Mosetti Tecniche Grafiche Srl

ISBN: 97888940394-5-0

Per la citazione, si prega di riportare:

Bensi S., Novak M., Otoničar B., Calligaris C., Cucchi F., Zini L., Bonini L., Barone V., Škrjanec S., Piano C. Eds (2022): Il geoparco del Carso Classico, Ed. a cura del Servizio geologico - Direzione centrale difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, 2022, Trieste

Prefazione

Questo speciale libro, intitolato „Il geoparco del Carso Classico“ testimonia il successo della cooperazione transfrontaliera che porterà all'istituzione di un geoparco transfrontaliero sul Carso. La pubblicazione è uno dei risultati del progetto GeoKarst, cofinanziato nell'ambito del Programma di Cooperazione Interreg V-A Italia-Slovenia 2014-2020, ed è inoltre frutto dell'impegno, anche finanziario, del Servizio geologico della Direzione centrale difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (RAFVG).

L'idea di creare un geoparco transfrontaliero è nata in fase di definizione della proposta per il progetto strategico KRAS-CARSO (Programma di cooperazione transfrontaliera Slovenia-Italia 2007-2013) rivelandosi, nel corso di attuazione dello stesso, quanto più appropriata. Lo studio di fattibilità sull'istituzione del geoparco ha infatti evidenziato in termini tecnici, economico-gestionali e partecipativi che l'integrazione dell'area carsica potrà essere raggiunta con questo strumento di sviluppo per un uso sostenibile delle risorse e il benessere delle persone che vivono sull'altopiano del Carso.

Nel 2015 e nel 2017 i 5 Comuni sloveni e i 12 italiani, che comprendono l'area di interesse, hanno formalmente deciso di istituire un geoparco transfrontaliero, tanto che dal 2018 il Servizio geologico RAFVG (coordinatore per la parte italiana) e il Comune di Sežana (coordinatore per la parte slovena) stanno collaborando intensamente per l'istituzione e la sua gestione.

Nel libro sono descritte tutte le principali caratteristiche del Carso che, quale „culla“ dello studio del carsismo, riveste rilevanza mondiale da un punto di vista storico-culturale e scientifico. Come vi capiterà di leggere nel libro, i toponimi nel Carso hanno dicitura bilingue nata dalla lunga storia dell'Altipiano, area di incontro tra diverse culture. Al giorno d'oggi, gli abitanti del Carso sono principalmente sloveni e italiani. La lingua e la cultura slovena, nella parte italiana del Carso, è sostenuta dalla legge di tutela delle minoranze linguistiche storiche.

Un sentito ringraziamento va a tutti coloro che hanno reso possibile la realizzazione di questo testo.

Indice

1 Introduzione	7	4.2 La geodiversità in immagini	82
1.1 Cos'è un geoparco e la rete globale dei Geoparchi UNESCO	7	4.2.1 I laghi carsici (geosito n. 3)	82
1.2 Perché un geoparco sul Carso Classico?	9	4.2.2 Il geosito del Villaggio del Pescatore (geosito n. 6)	83
2 Le caratteristiche delle aree carsiche	13	4.2.3 Gli olistoliti del Castello di Miramare (geosito n. 27)	84
2.1 Cos'è il carsismo	13	4.2.4 I campi solcati di Borgo Grotta Gigante-Brišički (geosito n. 28) ..	85
2.1.1 Rocce carsiche	14	4.2.5 Le grotte archeologiche	87
2.1.2 Dissoluzione delle rocce carbonatiche	15	4.2.6 I calcari fossiliferi di Tomaj (geosito n. 34)	89
2.2 Forme carsiche superficiali e sotterranee e terminologia carsica	15	4.2.7 La cava nei calcari a Rudiste di Lipica (geosito n. 45)	90
2.2.1 <i>Morfologie carsiche superficiali</i>	15	4.2.8 Le Cave romane di Aurisina-Nabrežina (geosito n. 24)	90
2.2.1.1 Morfologie di dissoluzione a piccola scala	15	4.2.9 La Val Rosandra-Glinščica (geosito n. 58)	91
2.2.1.2 Morfologie carsiche superficiali a media scala	17	4.2.10 La valle cieca del Matarsko Podolje (valle cieca Odolina) (geosito n. 61).....	93
2.2.1.3 Morfologie carsiche su ampia scala	19	4.2.11 La faglia del Raša (geosito n. 38)	95
2.2.1.4 Morfologie carsiche di contatto	20	4.2.12 Le grotte del Carso Classico	95
2.2.1.5 Piane carsiche	22	4.2.13 La Falesia di Duino-Devin (geosito n. 9)	102
2.2.1.6 Carsi costieri	22	4.2.14 Le Sorgenti del Timavo (geosito n. 5).....	103
2.2.1.7 Carsi fluviali	22	5 Il Carso e l'uomo	105
2.2.2 <i>Le cavità carsiche</i>	22	5.1 Le pietre del Carso.....	105
2.3 Caratteristiche idrogeologiche delle aree carsiche	25	5.2 Il Carso come paesaggio culturale	111
2.4 Tipi di carsismo	25	5.3 Agricoltura, tradizioni e geoprodotto del geoparco	118
2.4.1 <i>Principali tipologie di carsismo in Slovenia</i>	26	5.3.1 Agricoltura.....	118
2.4.2 <i>Principali tipologie di carsismo nella Regione Friuli Venezia Giulia</i>	28	5.3.2 I geoprodotto	119
3 Geologia e geomorfologia del Carso Classico	33	5.3.3 La cucina	121
3.1 L'area del geoparco del Carso Classico	33	5.3.4 <i>Eventi e tradizioni</i>	127
3.2 Storia delle esplorazioni e delle ricerche nel Carso Classico	35	6 Peculiarità biologiche del Carso Classico	131
3.2.1 <i>Le ricerche geologiche</i>	35	6.1 Introduzione – la geodiversità e la biodiversità dell'area	131
3.2.2 <i>Le ricerche speleologiche e idrogeologiche</i>	37	6.2 Flora	134
3.3 Storia geologica dell'area del geoparco	39	6.3 Fauna	137
3.4 Assetto strutturale del Carso Classico	55	7 Conservazione della natura	145
3.4.1 <i>L'orogenesi dinarica</i>	55	7.1 Le aree protette del geoparco. Protezione del patrimonio naturale e culturale.....	145
3.4.2 <i>La struttura e la storia del Carso Classico</i>	57	7.2 Codice etico per i visitatori dei geoparchi	147
3.5 La geomorfologia del Carso Classico	59	Allegato 1: La mappa dei geositi selezionati del geoparco transfrontaliero Kras-Carso	149
3.6 L'idrogeologia dell'area del geoparco.....	71	Riferimenti bibliografici e sitografici	155
4 La geodiversità raccontata attraverso le immagini: le attrazioni geologiche del geoparco	81		
4.1 Geodiversità e geositi del geoparco: introduzione	81		



INTRODUZIONE

1.1 Cos'è un geoparco e la rete globale dei geoparchi UNESCO?

Un geoparco è un'area geografica con confini ben definiti e di riconosciuta importanza geologica, in termini di rilevanza scientifica, rarità, valore estetico e educativo dei siti di interesse in essa contenuti. In un geoparco, gli scopi primari - cioè la protezione e la valorizzazione della geodiversità - sono combinati con obiettivi di educazione e sviluppo sostenibile che coinvolgono in particolare le comunità locali. Il geoparco valorizza il suo patrimonio geologico, in connessione con tutti gli altri aspetti del patrimonio naturale e culturale dell'area, per migliorare la consapevolezza e la comprensione delle questioni chiave che la società deve affrontare, come l'uso sostenibile delle risorse della terra, la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico e la riduzione dei rischi connessi ai pericoli naturali. Sensibilizzando sull'importanza del patrimonio geologico dell'area nella storia e nella società di oggi, i geoparchi danno alle comunità locali un senso di appartenenza per la loro regione e rafforzano la loro identificazione con l'area.

Il concetto di geoparco è nato intorno alla metà degli anni Novanta e viene ora promosso su scala internazionale anche dall'UNESCO. Nel 2000 è stata costituita la Rete Europea dei Geoparchi (EGN), successivamente confluita (2004) nella più ampia Rete Globale dei Geoparchi (GGN). Dal 2015 la rete viene supportata dall'UNESCO che, da allora, ha creato la categoria dei Geoparchi mondiali UNESCO (UGGp).

La **Carta europea dei Geoparchi**, che ogni membro dell'EGN è chiamato ad accettare e firmare, prevede lo sviluppo e la sperimentazione di:

- ◆ metodi di conservazione del patrimonio geologico;
- ◆ partnership con aziende locali per promuovere e sostenere la creazione e la commercializzazione di nuovi prodotti legati al patrimonio geologico;

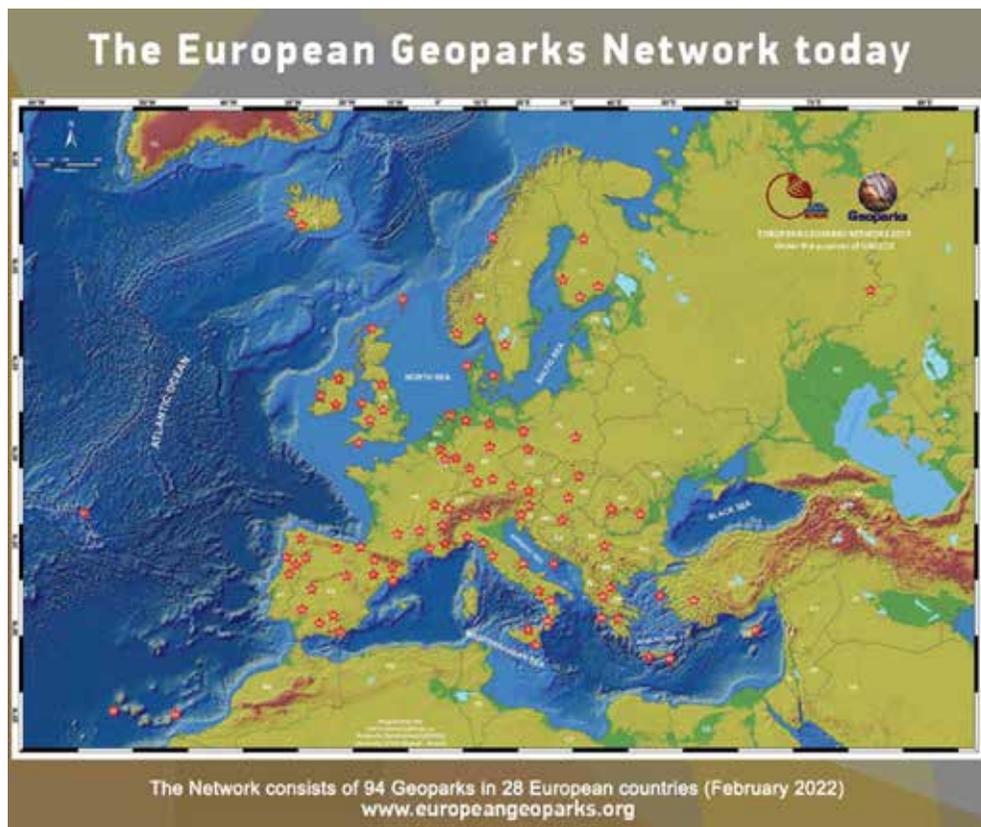
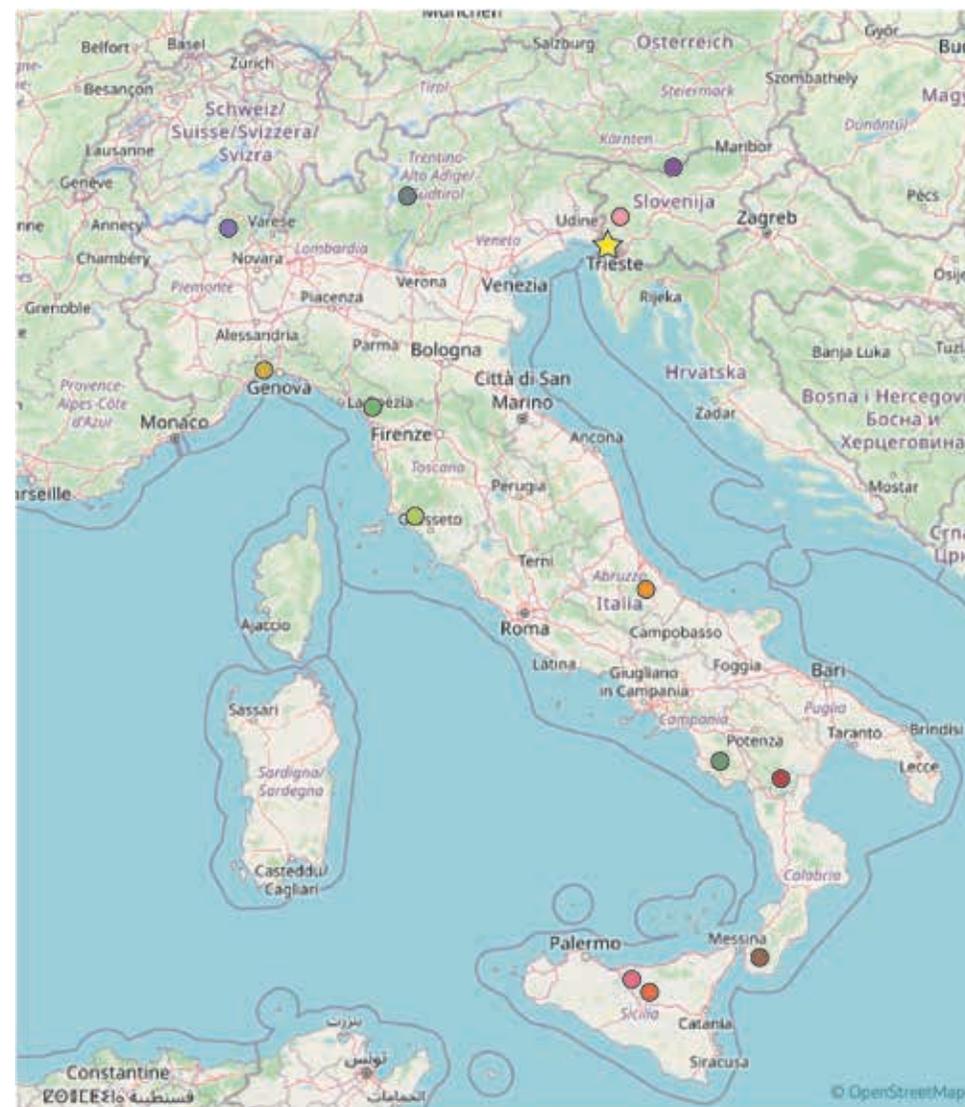


Figura 1.1.2.: Mappa dei Geoparchi che aderiscono alla EGN (dal sito: www.europeangeoparks.org) e, a destra mappa e lista dei Geoparchi italiani e sloveni, compresa l'ubicazione dell'aspirante geoparco del Carso Classico



- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| ★ CLASSICAL KARST GEOPARK | ● KARAWANKEN KARAVANKE GEOPARK |
| ● ADAMELLO BRENTA GEOPARK | ● MADONIE GEOPARK |
| ● APUAN ALPS GEOPARK | ● MAIELLA GEOPARK |
| ● ASPROMONTE GEOPARK | ● POLLINO GEOPARK |
| ● BEIGUA GEOPARK | ● ROCCA DI CERERE GEOPARK |
| ● CILENTO AND VALLO DI DIANO GEOPARK | ● SESIA VAL GRANDE GEOPARK |
| ● IDRIJA GEOPARK | ● TUSCAN MINING GEOPARK |

- ✦ attività di promozione del geoturismo e dello sviluppo economico olistico;
- ✦ attività di promozione dell'educazione ambientale e della ricerca scientifica nelle discipline delle Scienze della Terra.

Nel 2022, i Geoparchi che aderiscono alla rete globale dell'UNESCO sono 177, distribuiti in 46 Paesi di quattro continenti.

L'Italia e la Slovenia sono ben rappresentate sulla scena internazionale con 13 geoparchi riconosciuti nella Rete Europea e nella Rete Globale dei Geoparchi sotto l'egida dell'UNESCO, e in tutta Europa solo 4 geoparchi rientrano nella categoria dei geoparchi transfrontalieri. Anche l'altipiano del Carso-Kras è un'area transfrontaliera, dalle caratteristiche geologiche e geomorfologiche uniche e di importanza internazionale, grazie alle quali è diventata la "culla" del carsismo, il "Carso Classico" in senso stretto.



Figura 1.2.1: Il corso d'acqua sotterraneo del fiume Reka-Timavo sul fondo dell'Abisso di Trebiciano-Labadnica è stato esplorato a 326 metri di profondità nel 1841 (Antonio Federico Lindner, 1841)

1.2 Perché un geoparco del Carso Classico?

Ciascun geoparco dispone e conserva un patrimonio geologico di rilevanza internazionale e valorizza i processi geologici significativi, le caratteristiche, i periodi relativi alle ere geologiche, i temi storici legati alla geologia o le bellezze geologiche eccezionali.

I principali punti di forza geologici del Geoparco del Carso Classico sono:

- ✦ La geomorfologia carsica, caratterizzata da tutti i tipi di fenomeni carsici superficiali e sotterranei e da una particolare rete idrogeologica, attraverso la quale il Carso Classico ha contribuito alla nascita e allo sviluppo della carsologia, della speleologia e della speleobiologia come discipline scientifiche nel XIX secolo. Infatti, la speleologia moderna (esplorazione e mappatura sistematica delle grotte) ha avuto origine in quest'area, a partire dalla ricerca di un approvvigionamento idrico per Trieste. Nel 1841 fu raggiunto il corso d'acqua sotterraneo del fiume Reka-Timavo sul fondo dell'Abisso di Trebiciano-Labadnica, a 326 metri di profondità (Figura 1.2.1). A causa delle forme distintive del rilievo, i termini locali per i fenomeni carsici, come le parole "Kras", "Carso" e "Karst", così come *dolina* e *polje* sono entrati nella terminologia scientifica internazionale.
- ✦ L'evoluzione geologica del geoparco si riflette al meglio nelle grotte carsiche formatesi nel sistema idrogeologico del fiume Reka-Timavo. Qui si sono formate le Grotte di Škocjan, un eccezionale sistema carsico con uno dei più grandi canyon sotterranei conosciuti al mondo. Esempi da manuale di doline, ponti naturali, gole, marmitte, doline di crollo, abissi, un canyon sotterraneo, sorgenti e passaggi ricoperti da depositi di pietra fluviale conferiscono a questa piccola area un'importanza mondiale nello studio delle caratteristiche e dei processi carsici. Per la loro importanza naturale e culturale, le Grotte di Škocjan sono state inserite nella lista del Patrimonio mondiale dell'UNESCO dal 1986 (Figura 1.2.2). Sul versante italiano è notevole, per l'aspetto e le dimensioni anche la Grotta Gigante-Briška jama, con la più grande sala naturale di una grotta turistica del mondo.



- ✦ La successione sedimentaria, che copre un arco di tempo di quasi 100 milioni di anni: dall'inizio del Cretacico, circa 140 milioni di anni fa (mya), alla metà dell'Eocene, circa 45 mya. Registra il cambiamento delle caratteristiche geologiche su una piattaforma carbonatica marina poco profonda, influenzata dai cambiamenti climatici, dalle variazioni eustatiche del livello del mare e dai movimenti tettonici globali e locali.
- ✦ Uno dei dinosauri più completi e meglio conservati al mondo, rinvenuto al Villaggio del Pescatore-Ribiško naselje, e altri vertebrati fossili eccezionalmente ben conservati si trovano nei calcari tabulari delle aree di Komen e Tomaj, insieme a un inventario fossile molto ricco e diversificato di diversi elementi faunistici e floreali.
- ✦ L'evento di estinzione di massa Cretacico-Paleogene (Mesozoico-Cenozoico), una delle più devastanti estinzioni di massa avvenute sul pianeta, è registrato in diversi profili nell'area.
- ✦ Il paesaggio culturale carsico, fortemente caratterizzato dalla superficie rocciosa e dall'uso della pietra come materiale da costruzione. L'arte dei muri a secco, le conoscenze e le tecniche sono state classificate dall'UNESCO nel 2018 come Patrimonio Culturale immateriale dell'Umanità.

La significativa presenza di risorse ambientali e culturali geo-correlate del Carso Classico è completata da:

- ✦ circa 80 geositi, molti dei quali riconosciuti per la loro importanza internazionale e visitati e goduti da centinaia di migliaia di visitatori all'anno.
- ✦ l'eccezionale biodiversità di specie vegetali e animali e il gran numero di specie rare ed endemiche, collocano il Carso tra le aree con la più alta biodiversità in Europa. È importante per la conservazione degli habitat delle specie vegetali e animali minacciate in Europa. L'area ha anche una grande importanza scientifica e di ricerca per lo studio della flora e della fauna delle grotte.
- ✦ un significativo patrimonio naturale è testimoniato anche dal 67% del territorio che rientra nella rete Natura 2000; con due Riserve della Biosfera sotto l'egida dell'UNESCO con il programma intergovernativo MaB - Man and Biosphere, il Parco delle Grotte Škocjan e l'Area Marina Protetta di Miramare.
- ✦ il patrimonio culturale, caratterizzato dai numerosi siti archeologici presenti sul territorio, le fortificazioni e i manufatti di difesa della Prima Guerra Mondiale, che ha registrato una delle pagine più sanguinose della storia di quest'area, le risorse agroalimentari tipiche, dai vini all'olio, dai formaggi al prosciutto, fortemente legate alle caratteristiche del suolo e della geologia.

◀ *Figura 1.2.2: Grotte di Škocjan, nella Lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO dal 1986 (Foto: Borut Lozej – Archivio fotografico del Parco delle grotte di Škocjan)*



Carsus, ubicata a nord-est del Golfo di Trieste nell'attuale Slovenia e Italia. Nel tempo troviamo vari toponimi, quali *Karst* (tedesco), *Carso* (italiano), *Kras* (sloveno). Il termine è stato successivamente esteso a tutte le aree con caratteristiche simili. Ad esempio, in sloveno *kras* significa paesaggio roccioso, spoglio e arido ed è spesso usato come toponimo descrittivo di questo tipo di paesaggio nel Carso Dinarico nordoccidentale della Slovenia e della Croazia.

2.1.1 Rocce carsiche

Il processo carsico avviene sia su rocce debolmente solubili come i carbonati (ad es. calcari (Figura 2.1.3A), dolomie, conglomerati e breccie carbonatiche (Figura 2.1.3B), marmi e carbonatiti), che su quelle altamente solubili come le evaporiti (ad es. gessi, anidriti e salgemma (Figura 2.1.3C)). I calcari e le dolomie sono decisamente le rocce più diffuse e quelle in cui i processi carsici sono maggiormente conosciuti e descritti. Sono rocce che si sono formate in aree tropicali e subtropicali dove nel passato si sono formate piattaforme carbonatiche e barriere coralline del tutto simili a quelle che oggi si possono osservare alle Bahamas (Figura 2.1.4), lungo la costa del Golfo Persico e in Australia. Successivamente i movimenti della tet-

Figura 2.1.3: Rocce carsiche; A) Calcare stratificato del Dachstein (Triassico superiore) del Monte Kanin (Alpi Giulie, Slovenia), B) breccia calcarea/conglomeratica del Cretacico (Valle di Učja, Ovest Slovenia), C) sale Paleozoico (Queshm Island, Iran).



Figura 2.1.4: Dune sabbiose carbonatiche sottomarine, parzialmente emerse, a ovest dell'isola di Eleuthera a Great Bahama Bank, Bahamas (Foto: Bojan Otoničar).

tonica a placche hanno spostato le piattaforme carbonatiche dalla loro posizione geografica originaria.

Per lo sviluppo del carsismo sono importanti la porosità primaria e quella secondaria delle rocce carbonatiche, la loro composizione mineralogica e petrografica, le caratteristiche strutturali e tessiturali, il grado di impurità. Decisivi sono inoltre l'assetto strutturale (strati suborizzontali, mediamente inclinati, subverticali, ...), lo spessore degli strati, il loro grado di suddivisione, la presenza di faglie. L'acqua, infatti, filtra preferibilmente attraverso spazi aperti e continui (fessure, fratture, faglie, piani di strato, ...) e li amplia attraverso i processi di corrosione. Più

pura è la roccia carbonatica, meno residuo insolubile contiene, più si ampliano le discontinuità. Le dolomie si dissolvono più lentamente dei calcari e quindi in genere le morfologie che le interessano sono più legate a disgregazione meccanica e ad erosione che a dissoluzione.

2.1.2 Dissoluzione delle rocce carbonatiche

L'intensità della dissoluzione del calcare è influenzata dalle proprietà della roccia e soprattutto dalla quantità di precipitazioni e dalla pressione parziale della CO_2 , entrambe dipendenti dal clima. In generale, la roccia si dissolve tanto più rapidamente quanta più acqua e CO_2 sono a disposizione per formare l'acido carbonico. L'acqua provoca la dissoluzione in base alla sua composizione chimica e alle proprietà meccaniche, cioè alla quantità e alla natura del flusso d'acqua e alle caratteristiche del suo contatto con la roccia. La carsificazione dei sedimenti/rocce carbonatiche inizia non appena vengono esposti all'azione delle acque, siano esse dolci o miste. In linea di principio la carsificazione comporta la dissoluzione dei minerali calcite e dolomite e la loro asportazione; le impurità rimangono come residuo insolubile e sono movimentate per trasporto idrico. L'acqua piovana arricchita con CO_2 dall'atmosfera e dal suolo forma un acido carbonico debole. Quando filtra attraverso le rocce carbonatiche, questo acido le dissolve, formando ioni calcio e idrogeno-carbonato. Quando nel sottosuolo l'acqua, arricchita con gli ioni disciolti e del residuo insolubile, raggiunge un ambiente di grotta aperto, la differenza di pressione parziale di CO_2 innesca il degassaggio della soluzione che provoca la precipitazione della calcite in varie forme di deposito (stalattiti e concrezioni varie).

Una superficie carsica soggetta agli agenti atmosferici, subisce una rimozione di materiale carbonatico in forma ionica (cioè asportato dall'acqua) che comporta un abbassamento uniforme della superficie stessa. I tassi di abbassamento dipendono principalmente dal clima (quantità di precipitazioni e temperatura), dall'evapotraspirazione, dalla pressione parziale di CO_2 e dalla composizione della roccia (minerali, tessitura, struttura, impurità, ecc.). Secondo i dati sperimentali in un clima temperato come quello che contraddistingue il Carso/Kras, il tasso di denudamento della superficie carsica è di circa 0,02-0,06 mm/anno, il che significa un abbassamento medio della superficie di 20 - 60 metri ogni milione di anni.

2.2 Forme carsiche superficiali e sotterranee e terminologia carsica

I fenomeni carsici superficiali si formano per dissoluzione da acqua piovana (ad es. karren, doline di dissoluzione), per falde acquifere carsiche (fondi dei *polje*, piane carsiche) e per trasferimento di morfologie carsiche sotterranee in superficie (es. doline di crollo, grotte scoperchiate). Gli ingressi naturali delle grotte fanno parte della superficie carsica e conducono al sottosuolo. Si tratta di pozzi, abissi, inghiottitoi, sorgenti e aperture sul fondo di doline di crollo che si creano per denudazione ovvero abbassamento, a causa dell'intersezione tra la superficie erosiva e le cavità.

I fenomeni carsici ipogei, le cavità nel sottosuolo, hanno sviluppo, estensione, dimensioni e forma complessiva ben diversa a seconda della geologia locale (composizione della roccia e assetto strutturale ad es. fratture, faglie, giunti di strato), della posizione geografica (latitudine, elevazione), delle caratteristiche delle acque sotterranee (allogeniche o autigene, ...), del meccanismo dominante di dissoluzione (acido prevalente, corrosione per mescolamento, raffreddamento dell'acqua di risalita, ecc.), dell'evoluzione del territorio (diverse strutture geotettoniche) e del clima (temperato, tropicale ecc.).

2.2.1 Morfologie carsiche superficiali

I processi carsici agiscono con intensità differente in funzione dell'intensità delle piogge, della tipologia della roccia, della presenza del suolo e della vegetazione e dell'acclività del terreno. I morfotipi che si generano si suole distinguerli in piccole forme o forme a scala minuta (ad es. scannellature, karren, meandri, kamenitze, solchi nei pavimenti calcarei ecc.), a media scala e in grandi forme o forme a scala ampia (ad es. doline, colline a forma di cono, *polje*).

2.2.1.1 Morfologie di dissoluzione a piccola scala

Le cosiddette piccole forme (*karren*, in senso lato e in tedesco), si originano sulle superfici carsificabili direttamente esposte agli agenti atmosferici o coperte da suoli (ed allora si parla di carsismo sottocutaneo) e possono presentare numerose tipologie (Figura 2.2.1). La loro formazione dipende dalla quantità delle precipitazioni, dalla natura del flusso e dal contatto tra l'acqua e la superficie della roccia.

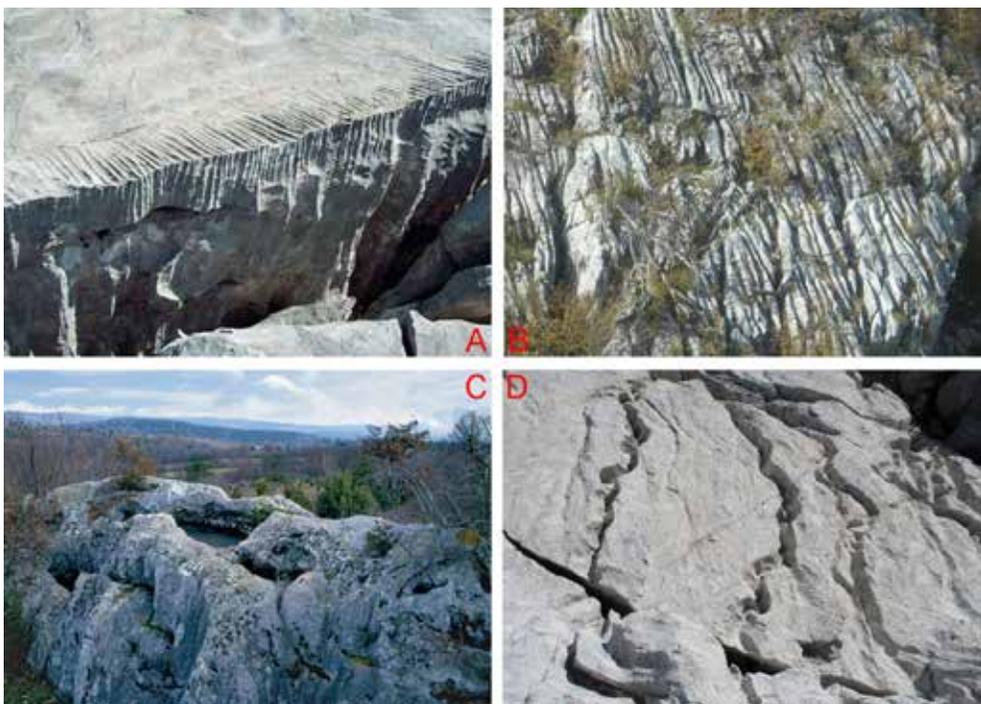


Figura 2.2.1: Forme di dissoluzione carsica a piccola scala: A) scannellature (Carso Classico), B) solchi carsici (monte Canin-Kanin, Slovenia occidentale), C) vaschette di dissoluzione (kamenitzas) (Carso Classico), D) solchi e crepacci carsici (Carso Classico).

Sulla superficie del calcare si formano piccoli segni di corrosione di varie dimensioni, che rendono la superficie delle rocce irregolare e ruvida (Figura 2.2.1A, B). Le vaschette di dissoluzione o *kamenitze* si formano su superfici rocciose piane (Figura 2.2.1C), mentre sulle superfici inclinate si formano solchi e scannellature (Figura 2.2.1A, B). Se i solchi si sono formati sotto il suolo (a volte anche muschio) che è stato successivamente rimosso, presentano forme più o meno arrotondate. Quando le discontinuità o altre aree di minore resistenza vengono allargate dalla corrosione, si formano campi solcati (Figura 2.2.1D), che separano la roccia in blocchi di dimensioni diverse. I blocchi sono tanto più grandi quanto la stratificazione è potente o massiva. Soprattutto sopra affioramenti di calcari fittamente stratificati troviamo spesso distese di piccoli frammenti di roccia caoticamente suddivisi che danno luogo alle *grize* – pietraie.

Le piccole forme sono legate o alla dissoluzione attiva delle acque

che scorrono su superfici più o meno acclivi (solubilità dinamica) o alla dissoluzione statica delle acque stagnanti nelle depressioni superficiali (solubilità statica). Le prime possono essere ulteriormente divise fra quelle impostate lungo linee di massima pendenza e quelle impostate lungo piani di discontinuità della massa rocciosa.

Si riconoscono così:

- ◆ le scannellature (in tedesco *Rillenkarren*, in inglese *solution flutes*, ...) (Figura 2.2.1A)

Sono forme minute rappresentate da brevi solchi rettilinei (profondi circa 1 cm, larghi 1-4 cm, lunghi 5-50 cm) a sezione arrotondata. In genere sono riunite in complessi e sono separate da creste aguzze che fungono da spartiacque, sono tipiche di superfici mediamente o poco inclinate. In funzione dell'aspetto, chi vuole può distinguere le scannellature a pettine, a penna, a fascio, a isola. La genesi va ricondotta alla corrosione delle acque piovane per solubilità dinamica lungo linee di massima pendenza.

- ◆ i solchi carsici (in tedesco *Rinnenkarren* o *Wandkarren* a seconda della morfologia, in inglese *solution grooves*, in francese *lapiès*, ...) (Figura 2.2.1B)

Sono solchi (larghi più di 5 cm, profondi più di 3 cm, lunghi almeno 100 cm) che seguono la massima pendenza della superficie calcarea. Hanno morfologia varia: la sezione è sempre ad U, ma i fianchi possono essere più o meno acclivi in funzione della quantità e velocità delle acque di ruscellamento. Lo sviluppo è solitamente rettilineo ma anche tortuoso o a meandri, questi ultimi più frequenti sulle superfici poco inclinate. Il fondo è liscio, spesso incavato da un solco secondario, effetto dissolutivo del flusso minimo di percolazione. Si tratta di "grondaie", la cui genesi è legata allo scorrere lineare concentrato delle acque di ruscellamento, per cui la morfologia dipende dall'inclinazione della superficie di scorrimento, dalla presenza di organismi vegetali, dal tipo di clima: sono il classico effetto di quella che viene definita corrosione accelerata.

- ◆ le vaschette di corrosione (internazionalmente con il termine sloveno *kamenitza*, in tedesco *Napfkarren*, in inglese *solution pan*, ...) (Figura 2.2.1C)

Sono piccole conche chiuse (profondità da 2 a 50 cm, larghezza

da 5 a 200 cm), tondeggianti, di diametro variabile, poco profonde rispetto le dimensioni areali. Il fondo è quasi sempre orizzontale, la sezione è a piatto o a scodella allargata verso il basso. Spesso hanno un canale emissario di scarico, e talvolta anche, specie se evolutesi lungo fratture, un limitato bacino di impluvio.

La genesi è legata allo stagnare dell'acqua in una micro-depressione, talvolta originata o favorita da fito-carsismo. Se nella vaschetta permangono depositi o organismi anche durante le fasi di svuotamento, si possono generare delle tasche di approfondimento per carsismo sottocutaneo. Le vaschette si allargano più velocemente di quanto si approfondiscano in quanto la corrosione è più attiva ai bordi che sul fondo. Spesso, durante le fasi di progressivo svuotamento della *kamenitza* per approfondimento progressivo del solco di scarico, si creano, alla base delle pareti, delle nicchie aggettanti, quasi dei "solchi di corrosione" simili ai solchi di battente.

- ◆ i crepacci carsici (in tedesco *Kluftkarren*, in inglese *grikes*, in francese *lapiés de diaclase*, ...) (Fig. 2.2.1D)

Sono fratture profonde, incarsite, raramente legate ad anastomosi di fori, più spesso delle vere vie di deflusso preferenziale delle acque guidate dalla fratturazione. I fianchi sono sempre molto inclinati, il fondo è piatto o a V poco aperta. Dal punto di vista genetico sono simili ai solchi carsici; tuttavia, mentre nei solchi è la massima pendenza a guidare il defluire delle acque, nei crepacci sono i piani di discontinuità (normalmente quelli di frattura) a condizionare la direzione del movimento.

- ◆ le grize (*griže*)
Pietraie date da blocchetti di roccia isolati dal substrato roccioso per carsismo lungo le superfici di discontinuità (stratificazione e fratturazione) e rimasti in posto, senza essere mobilizzati da gravità o acque scorrenti.
- ◆ i campi carreggiati o *campi solcati* (*Karrenfeld* in tedesco, *lapiés* in francese, anche *limestone pavements* in inglese)
Sono affioramenti rocciosi in cui sono presenti, in associazione, più morfotipi dissolutivi quali solchi, scannellature, vaschette, fori, ecc. Di solito si sviluppano su superfici subpianeggianti di banche calcaree.

- ◆ torri calcaree o torrioni calcarei – funghi calcarei
Blocchi residui isolati (5-10 m di altezza i torrioni, 2-3 m i funghi) che testimoniano le antiche superfici.

2.2.1.2 Morfologie carsiche superficiali a media scala

La grande forma tipica del paesaggio carsico alle medie latitudini è la dolina (termine internazionale derivato dallo sloveno: *dol* o *dolina* = valle) (Figura 2.2.2). La dolina di dissoluzione è una depressione chiusa, solitamente più larga che profonda che si apre in rocce calcaree o calcareo dolomitiche.

Le dimensioni sono estremamente variabili e vanno da pochi metri ad alcune centinaia di metri di larghezza, per profondità che variano da pochi metri ad alcune decine di metri.

Il fondo può essere riempito da materiale grossolano (clasti mobilizzati e/o franati dai versanti) e/o da depositi fini sciolti o più o meno cementati; le cosiddette terre rosse: residuo di quanto non disciolto o materiale "intrappolato" per accumulo eolico o colluviale.

Figura 2.2.2: Una dolina antropizzata (Bela Krajina, Slovenia meridionale) (Foto: Bojan Otoničar)





Volendo, si possono riconoscere vari aspetti delle doline: a imbuto, a ciotola, a piatto, prendendo dagli oggetti di comune utilizzo, ma è meglio badare, più che al suo aspetto esteriore, alla genesi della dolina che è legata ad un punto o ad una ristretta area che assorbe le acque ruscellanti in superficie. Il ruscellamento genera dissoluzione centripeta della roccia, per cui l'inghiottitoio diventa dolina per allargamento progressivo dei fianchi ed approfondimento progressivo del fondo. Nel sottosuolo si genera una rete di assorbimento delle acque che dà luogo a diverse morfologie carsiche ipogee.

Dimensioni, fondo e fianchi definiscono quindi delle forme attive la cui genesi è legata ad assorbimento localizzato di acque (punti-forme o concentrato – uno o più punti idrovori-) con un progressivo allargamento radiale per erosione e corrosione accelerata ed approfondimento per corrosione sottocutanea.

Particolare morfotipo è la dolina di crollo (Figura 2.2.3), sprofondamento che si genera per fenomeni di collasso del soffitto di cavità prossime alla superficie. Ha pianta solitamente circolare, pareti subverticali e fondo occupato da depositi di crollo dalla volta e dalle pareti. Nel tempo può naturalmente evolvere verso forme più ampie e dai fianchi meno acclivi in funzione delle caratteristiche geomecchaniche dei versanti e del regime delle acque superficiali.

Tipica forma di rilievo carsico è anche l'uvala, articolata depressione chiusa, formatasi per coalescenza di più doline che hanno allargato il diametro fino a far scomparire quasi completamente le pareti di separazione. I contorni (il diametro maggiore di un'uvala è solitamente di alcune centinaia di metri) sono sinuosi, lobati e la profondità è di alcune decine di metri.

Le uvala sono frequenti sulle rocce dolomitiche ove si esplicano sia processi di denudazione che geomorfico fluvio-erosivi e sono presenti depressioni allungate e dolcemente inclinate. Sul carso dolomitico si forma più suolo che nelle aree carsiche calcaree e il paesaggio è quindi più adatto ad insediamenti e coltivazioni (Figura 2.2.4).

◀ *Figura 2.2.3: Dolina di crollo presso Osp (SW Slovenia). In piena, le acque fluiscono da una grotta sita alla base delle pareti subverticali (Foto: Matej Blatnik)*



Figura 2.2.4: Superficie topografica debolmente ondulata nelle dolomie tra Gorenje e Bukovje in prossimità di Postumia (SW Slovenia) (Foto: Bojan Otoničar).

2.2.1.3 Morfologie carsiche su ampia scala

Il *polje* (Figura 2.2.5) è il tipo di depressione carsica più estesa. Si tratta di depressioni chiuse di origine mista carsica e litologico-strutturale, con dimensioni talvolta fino a decine di chilometri. Sono forme allungate da mettere in relazione a strutture tettoniche lineari come faglie e/o assi di pieghe. I fianchi (o uno dei fianchi) sono ripidi, acclivi o comunque non raccordati al fondo della depressione; il fondo è piatto o sub-orizzontale, roccioso o argilloso-alluvionale. Il fondo e/o la fascia di raccordo con i fianchi sono spesso caratteriz-

Figura 2.2.5: Il polje di Cerknica, un lago effimero. Alle spalle, sono visibili i monti Javorniki e Snežnik (SW Slovenia) (Foto: Bojan Otoničar)



zati da piccole depressioni e/o da inghiottitoi; questi ultimi possono funzionare anche da sorgenti temporanee, dette *inversac*. Durante i periodi di precipitazioni più intense il fondo del *polje* può allagarsi formando un lago temporaneo. Tipico esempio, nel Carso Classico-Kras è il Lago di Doberdò-Doberdob (Figura 2.2.6).

2.2.1.4 Morfologie carsiche di contatto

Si definisce “carso di contatto” un’area in cui le acque superficiali mutano tipologia di reticolo, passando da quello fluviale, sostenuto da rocce poco o non permeabili, a quello carsico, ben presto assorbito nel sottosuolo. Le acque che defluiscono sui calcari carsificati danno origine, nella zona topograficamente più depressa dell’area, a inghiottitoi, doline e cavità. Si originano così quelle che vengono definite “valli cieche”. A monte del contatto con i carbonati continuano ad essere attivi i processi erosivi e di trasporto e in corrispondenza dei punti di assorbimento sono i processi di deposito che prevalgo-

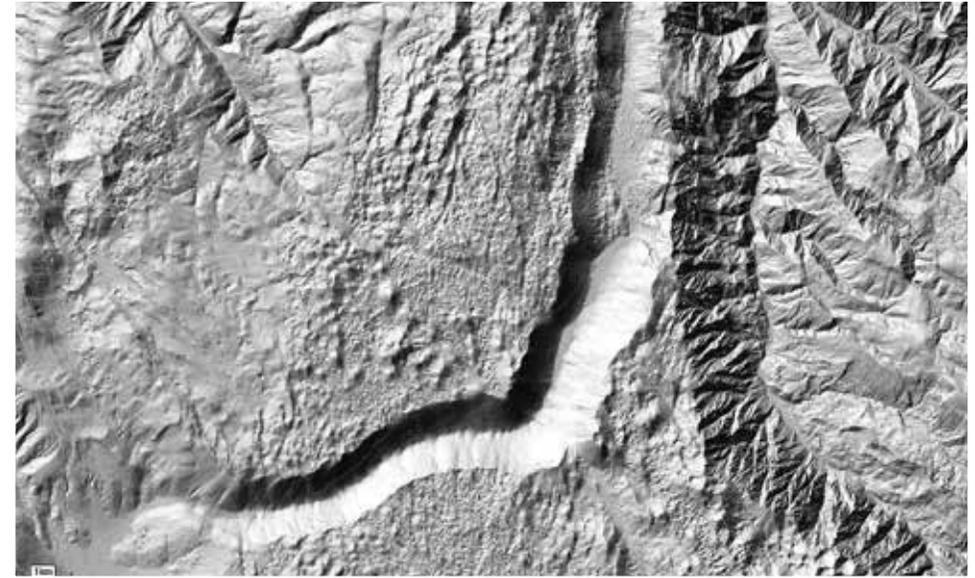
Figura 2.2.6: Il lago di Doberdò in magra (Foto: Philippe Turpaud)



no, mentre quelli corrosivi ed erosivi si trasferiscono nel sottosuolo. Durante le piene, quando i calcari non sono in grado di assorbire tutta la portata fluviale si verificano delle inondazioni.

Altro esempio sono le valli secche (Figura 2.2.7) che rappresentano valli fluviali che in passato attraversavano aree carsiche incidendole. Oggi non hanno un corso d'acqua attivo per tutta o parte della loro lunghezza ed hanno un fondo carsificato con doline e altre forme carsiche superficiali.

Figura 2.2.7: Immagine Lidar (Agenzia dell'Ambiente della Repubblica Slovena) del Čepovanski Dol, valle secca incisa per più di 500 m nell'altopiano Banjščica (Slovenia occidentale) ▶



2.2.1.5 Piane carsiche

Le piane carsiche (Figura 2.2.8) sono superfici livellate, frutto di erosione e corrosione da parte di acque vicine al livello di base. I complessi processi che producono le piane di corrosione nelle aree carsiche sono il risultato di una combinazione fra dissoluzione prevalentemente orizzontale, erosione ai piedi dei versanti e cessazione dell'alimentazione idrica.

2.2.1.6 Carsi costieri

Il carsismo costiero si sviluppa in corrispondenza della linea di costa. Le tipiche forme carsiche di questo ambiente si sviluppano alcune decine di metri sopra e sotto il livello del mare. In queste condizioni ambientali e geografiche, tutte le morfologie carsiche sono esaltate, oltre che dal potere erosivo del moto ondoso e da quello dissolutivo degli aerosol marini, dai numerosi effetti microbici innescati dagli organismi marini che vivono in corrispondenza della battigia e dei fondali. Come non bastasse, la miscela acqua di mare / acqua di falda dolce / cuneo salino favoriscono la genesi e lo sviluppo di solchi di battente e di cavità sorgenti.



Figura 2.2.8: Panorama dal monte Trstelj sulla piana carsica debolmente inclinata dell'altopiano carsico circondato dai rilievi collinari (Foto: Bojan Otoničar)

2.2.1.7 Carsi fluviali

Là dove per ragioni geologiche, strutturali, climatiche, geografiche, i corsi d'acqua hanno potere erosivo e di trasporto più elevato di quello dissolutivo, vengono spesso a formarsi delle vere e proprie valli fluviali, solitamente a versanti acclivi se non a forra. Il paesaggio non pare più carsico anche se si è in presenza di massicci calcarei, ma prettamente fluviale, con marmitte, forre a meandro, rapide e cascate.

2.2.2 Le cavità carsiche

I fenomeni carsici più caratteristici, senza i quali non si può parlare di "vero" carsismo, sono le cavità. Per definizione, le cavità o grotte sono vuoti sotterranei abbastanza grandi da consentire l'ingresso degli esseri umani. Possono essere verticali o orizzontali e riempite d'acqua. Le grotte di solito hanno passaggi interconnessi di varie dimensioni e forme, come gallerie, canali, canyon, tunnel a forma di buco della serratura, fessure allargate e meandri. Le gallerie, allargandosi, possono diventare grandi caverne e sale.

Le cavità carsiche si formano per dissoluzione delle rocce lungo le discontinuità geologiche (piani di strato, fratture, faglie...) ad opera di acque sotterranee. La composizione litologica delle rocce carbonatiche e ancor più l'assetto geologico strutturale hanno quindi un'influenza decisiva sulla formazione e lo sviluppo delle cavità e quindi sull'idrogeologia carsica locale. Nell'acquifero carsico l'acqua nel suo percorso corrode chimicamente e meccanicamente la roccia carbonatica formando canali ovvero cavità carsiche.

Le caratteristiche delle cavità carsiche, dalle quali si può dedurre la loro origine, sono principalmente il risultato delle condizioni idrauliche in cui si sono formate. Dal punto di vista idraulico, le grotte sono canali nel massiccio roccioso, in cui, a causa della dissoluzione si stabilisce un flusso d'acqua turbolento. L'acqua, spinta inizialmente attraverso fessure capillari da una pressione costante, ne corrode gradualmente le pareti. In questo modo il flusso aumenta e la fessura si allarga; l'acqua chimicamente aggressiva, penetra sempre più in profondità. La continuazione di questo processo porta, attraverso la crescita accelerata della fessura, a un punto di svolta in cui la velocità del flusso aumenta di diversi ordini di grandezza in un periodo molto breve. I canali delle grotte possono formarsi in una zona costantemente allagata (ovvero freatica o satura), sotto il livello



Figura 2.2.9: Cavità freatiche successivamente modificate nelle zone epifreatiche e vadose.

a) Canale freatico ovale e a forma di buco di serratura periodicamente inondata (grotta Amaterska, Carso moravo, Repubblica Ceca) (Foto: Bojan Otoničar);

b) Canyon nelle grotte di Škocjan periodicamente inondato a diversi livelli dal Reka (Foto: Matej Blatnik);

c) Canale freatico relitto riempito da sedimenti e concrezioni (Grotte di Postojna, Slovenia occidentale) (Archivio IZRK ZRC SAZU)

della falda carsica con un lento flusso in pressione. Originariamente è in questa zona che si forma la maggior parte delle gallerie delle grotte, mentre successivamente, in condizioni diverse, crescono e si trasformano nelle zone idrogeologiche occasionalmente allagate (epifreatiche) e non allagate (vadoso). Sebbene la zona freatica sia dominata da gallerie più o meno orizzontali, in condizioni particolari possono formarsi anche canali verticali che ricordano i pozzi.

I condotti si sviluppano lungo tutta la loro circonferenza, per cui i tipici passaggi freatici sono di forma rotonda o ovale (Figura 2.2.9a). Nella zona epifreatica, l'acqua di solito scorre più velocemente attraverso i canali. Nella stagione secca l'acqua ricopre solo il fondo del canale o alveo mentre durante la stagione delle piogge i canali sono completamente allagati. Le più grandi condotte carsiche si formano nelle zone di oscillazione della falda sotterranea. Questi passaggi si sviluppano in parte in condizioni freatiche, ovvero simmetricamente sotto pressione, e in parte in condizioni vadoso, dunque con flusso a pelo libero. La forma tipica dei passaggi è solitamente una combinazione della forma ovale (freatica) e del passaggio tipo canyon (vadoso) (Figura 2.2.9a, b).

Quando, per vari motivi, il livello della falda sotterranea scende, i canali freatici passano nella zona vadoso, dove l'acqua scorre secondo il principio della caduta libera, ad eccezione degli orizzonti freatici sospesi. La forma principale della condotta carsica nella zona vadoso è il camino, versione leggermente modificata di un pozzo, ma vi si possono formare anche meandri, corrosi ed erosi meccanicamente dalle falde sospese. Nella zona vadoso acquista importanza l'erosione meccanica e le pareti delle cavità sono fortemente modificate da processi di collasso. Sabbia e ghiaia nei corsi d'acqua sotterranei possono erodere meccanicamente e trasformare in modo significativo la morfologia delle gallerie, delle sale, dei pozzi, delle condotte che costituiscono il reticolo carsico ipogeo.

Nelle zone epifreatiche e vadoso, le gallerie possono essere variamente riempite con sedimenti di grotta e concrezioni calcitiche (Fig. 2.2.9c). I sedimenti che si depositano coprendo la circonferenza delle gallerie proteggono le pareti dalla corrosione. Se i sedimenti ricoprono il fondo del canale, la cavità si sviluppa generalmente verso l'alto, dove le pareti continuano ad essere esposte alla corrosione. Questo tipo di sviluppo delle condotte carsiche è tecnicamente noto come "paragenesi".

Anche le grotte vadoso si formano tra il piano campagna e la falda acquifera sotterranea. L'acqua in questo caso percola soltanto per gravità asportando solo una parte limitata del soffitto della grotta. Di conseguenza, la maggior parte delle grotte nella zona vadoso sono pozzi e meandri.

Poiché nelle aree carsiche solitamente il livello della falda sotterranea (e anche la superficie) si abbassa nel tempo, le grotte freatiche "viaggiano" verso l'alto attraverso il profilo idrogeologico, prima nella zona delle oscillazioni del livello dell'acqua (zona epifreatica) e poi più in alto nella zona insatura o vadoso (Figura 2.2.9c). Qui si intersecano con pozzi carsici vadosi creati dall'acqua che percola dalla superficie. Il progressivo abbassamento della superficie topografica (denudazione) e della falda possono esporre alcuni tratti di cavità, originariamente di origine freatica, alla superficie, dove fanno ormai parte del rilievo carsico superficiale (Fig. 2.2.10). Queste cosiddette grotte scoperte o *roofles cave*, possono dirci molto sulla storia geologica, geomorfologica, idrogeologica e climatica di una determinata area, soprattutto se sono riempite con depositi di cavità, chimici e/o clastici.

Altrettanto importanti sono i sedimenti sciolti e speleotemi/concrezioni nelle gallerie fossili di grotte un tempo freatiche ed epifreatiche. Con il termine speleogenesi si intende descrivere l'intero ciclo vitale delle cavità, dalla loro formazione fino alla loro scomparsa.

Figura 2.2.10: Cavità scoperte che testimoniano l'evoluzione geotettonica, idrogeologica e climatica di una determinata regione: A) e B) tratti di cavità scoperta riempita di sedimenti (Kozina, SW Slovenia) (Foto: Archivio IZRK ZRC SAZU)



2.3 Caratteristiche idrogeologiche del carsismo

Le aree carsiche occupano circa il 15% della superficie libera dai ghiacci, le falde acquifere in esse contenute forniscono acqua a circa il 20% della popolazione mondiale, il 30% della popolazione europea e a oltre il 50% degli sloveni. Sono quindi molto prolifiche ma divengono, nel tempo, molto vulnerabili.

Le rocce carbonatiche sono soggette alla dissoluzione da parte delle acque sotterranee e superficiali durante tutto il loro ciclo di vita e vengono a far parte del ciclo idrologico. L'acqua che scorre attraverso i carbonati dissolve la roccia lungo i pori o le superfici di discontinuità, formando reticoli ipogei di dissoluzione e trasporto di acque. Lo sviluppo dei reticoli si adatta continuamente alle condizioni geologiche e idrologiche della zona in quanto si evolvono per fornire lo scarico ottimale delle acque di infiltrazione e ricarica.

In un massiccio carsico maturo, la distribuzione dei condotti è il risultato dell'evoluzione geologica a lungo termine dell'area, che comprende sollevamenti ed abbassamenti, genesi di pieghe, faglie e fratture, movimenti del livello di base, cambiamenti delle condizioni idrologiche, ecc. In una falda acquifera carsica matura, la distribuzione delle cavità che determina in gran parte il flusso al suo interno, è estremamente complessa e imprevedibile.

La ricarica delle falde acquifere carsiche può essere di vario tipo. Normalmente la ricarica prevalente è l'infiltrazione efficace dovuta alle precipitazioni. Frequenti sono poi i casi di bacini fluviali più o meno vasti ed evoluti le cui acque vengono a contatto con aree carsiche. A contatto con il carsismo, l'evoluzione della rete fluviale e l'evoluzione della rete carsica sotterranea coesistono, interagendo. Il risultato finale, tuttavia, è uno o più corsi d'acqua che sprofondano nel sottosuolo al contatto tra rocce solubili e insolubili. Talora flussi superficiali diffusi si formano all'interno di un bacino carsico per poi essere inghiottiti nel sottosuolo come flusso concentrato. Le sorgenti carsiche hanno caratteristiche idrologiche uniche. Le falde acquifere carsiche sono solitamente gerarchizzate, per cui l'acqua di un'ampia area di ricarica sgorga in un'areale ristretto se non in un'unica sorgente. Sorgenti con portate costanti di decine di metri cubi al secondo sono caratteristiche dei soli acquiferi carsici.

Approssimativamente, tutti gli acquiferi possono essere suddivisi nella zona freatica e in quella vadosa. La zona freatica è permanentemente satura di acque sotterranee, mentre la zona vadosa è piena d'aria e il flusso d'acqua è diretto verso la superficie piezometrica delle acque sotterranee per gravità. Grandi fluttuazioni nella ricarica, specialmente nei sistemi carsici con ricarica alloctona, possono provocare fluttuazioni molto grandi nei livelli delle acque sotterranee, che in casi estremi possono salire fino a 200 m in meno di un giorno.

Proprio a causa dei grandi condotti idrici sotterranei e della carsificazione dell'epicarso (il volume competente alla zona vadosa), spesso non sono presenti acque superficiali e la zona insatura può essere potente più di due chilometri. La perforazione di qualche centinaia di metri dalla superficie topografica alla falda è la regola piuttosto che l'eccezione.

L'acqua che percola, così come quella che scorre attraverso la falda carsica può seguire un sistema di grandi condotte e canali dall'afflusso alla sorgente, ma può anche fluire dapprima molto lentamente lungo sistemi di minuscole fratture ed entrare solo dopo in strutture e condotti gerarchicamente più grandi. Infatti, la maggior parte dell'acqua in qualsiasi acquifero è immagazzinata in sistemi di fratture mentre il deflusso dell'acquifero avviene attraverso condotti/dreni più larghi. Il tempo impiegato da un'unità d'acqua per viaggiare dal punto di ingresso alla sorgente nella stessa falda acquifera può variare da un paio d'ore a millenni. Di conseguenza, le falde acquifere carsiche sono difficili da proteggere. Un contaminante può passare attraverso la falda acquifera nel giro di poche ore, ma può anche rimanervi per decenni.

2.4. Tipi di carsismo

Le diverse condizioni geologiche, climatologiche e idrologiche portano all'evoluzione di morfologie carsiche superficiali ed ipogee diverse, comunque legate essenzialmente alla quantità d'acqua a disposizione ed in seconda battuta alla solubilità delle rocce e all'evoluzione del reticolo di cavità ipogee. Le aree carsiche occupano circa il 20% della superficie dei continenti là dove sono disponibili rocce solubili come carbonati (es. calcare, dolomite) ed evaporiti.

ti (gesso, sale). Cavità e morfologie simili a quelle carsiche possono formarsi anche in altre rocce come arenarie quarzifere o graniti, ma la loro genesi non è legata ai processi carsici. Cavità si formano ad esempio anche nei ghiacciai e nelle lave, ma con processi ben diversi.

I tassi di dissoluzione globale dei calcari sono determinati dalla quantità di acqua e di anidride carbonica a disposizione, quindi dipendono essenzialmente dalle caratteristiche climatiche e vegetazionali. Pertanto, ci sono numerose varianti di paesaggi carsici in tutto il mondo generalmente legate alla posizione geografica cioè a latitudine, longitudine e altitudine. Certo, il carsismo è significativo nelle aree in cui l'acqua è abbondante, ma il freddo ne ostacola lo sviluppo mentre in un clima tropicale i processi di dissoluzione sono molto più rapidi e danno origine a morfologie particolari.

2.4.1 Principali tipologie di carsismo in Slovenia

Le aree carsiche occupano quasi la metà della superficie in Slovenia. Secondo Habič (1969) queste aree carsiche possono essere ricondotte a tre unità principali in base alle impostazioni geologiche, idrologiche, morfologiche e paesaggistiche (Figura 2.4.1):

- 1) Carso alpino – paesaggi carsici di alta montagna e montagna, quali quelli delle Alpi Giulie, delle Alpi di Kamnik-Savinja e delle Karavanke;
- 2) Carso Dinarico – paesaggi carsici collinari e montuosi quali quelli delle regioni Primorska, Notranjska e Dolenjska;
- 3) Carsi isolati prealpini, intermedi e prepannonici, quali quelli delle aree di Idrija, di Cerkno e Tolmin, delle colline Rovte, delle Dolomiti di Polhov Gradec, delle pieghe di Posavje, di Gorjanci e di alcune aree della Slovenia nordorientale, ulteriormente suddivisibili in regioni minori in funzione della morfologia e delle caratteristiche.

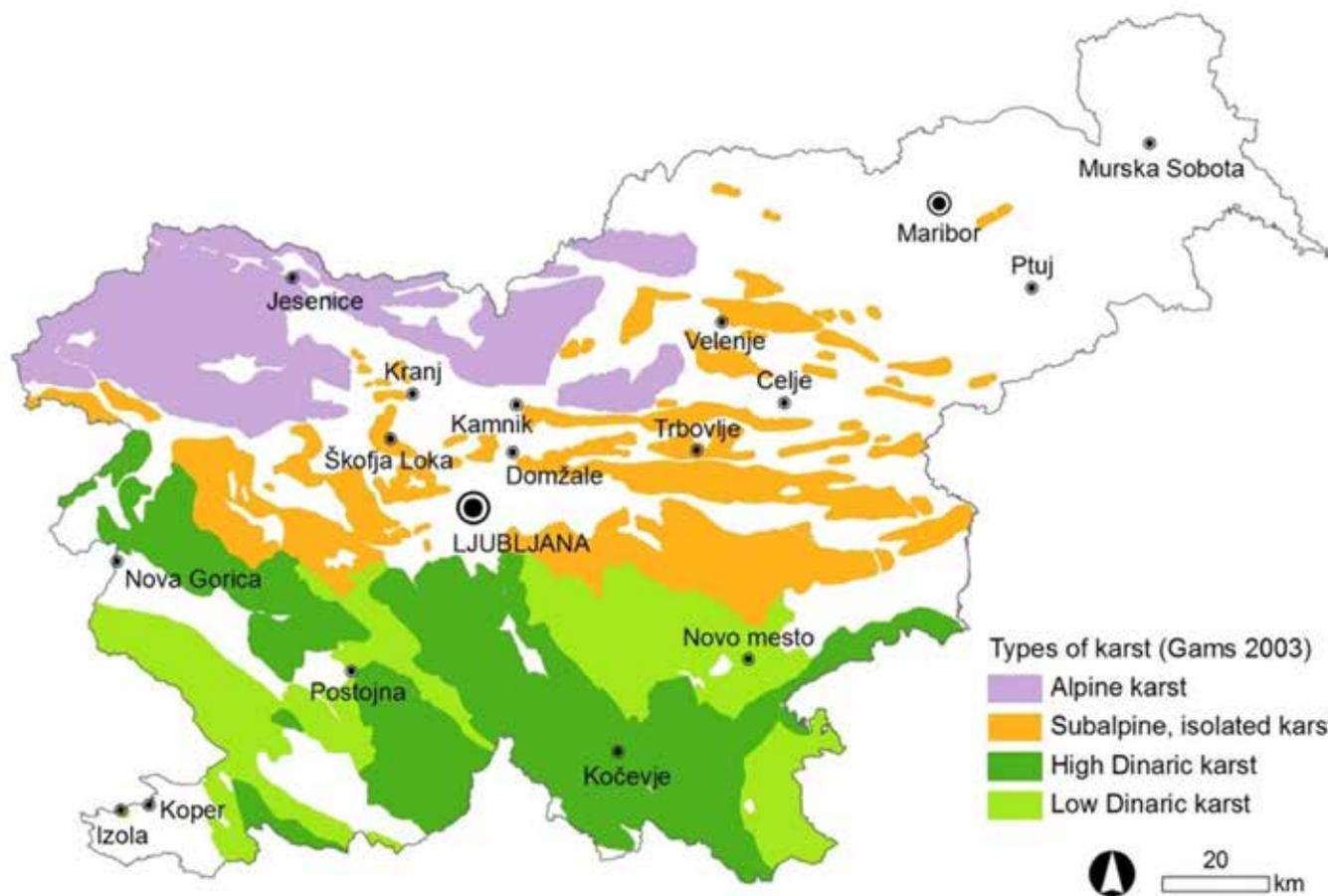


Figura 2.4.1: Mappa rappresentante i diversi tipi di carso in Slovenia (da Gams, 2003)

Il carsismo alpino o il carsismo di alta montagna (Figura 2.4.2), è il paesaggio caratterizzato da pronunciati gradienti verticali e dall'interazione fra più processi fluviali, glaciali e carsici, che danno luogo a valli fluviali profondamente incise fra rilievi e altopiani. Si forma in tutte le rocce carbonatiche di età da Devoniano a Cretacico, con particolare diffusione nei calcari triassici e giurassici. Nel carsismo alpino sloveno si riscontrano più o meno tutte le caratteristiche morfologie carsiche d'alta montagna come campi solcati, karren, piccole depressioni con pareti verticali (*kotličiči*) e grandi doline (*konte*). Tipici sono i profondi pozzi e i sistemi complessi di cavità ipogee, prevalentemente verticali. Le grotte più profonde della Slovenia si trovano sul monte Canin e sull'adiacente altopiano del monte Rombon (ad es. Čehi 2 ha una profondità di oltre 1500 m).

Il Carso Dinarico si trova nella parte meridionale della Slovenia ed è suddivisibile in Carso Dinarico Basso e Carso Dinarico Alto. Si for-

ma in calcari e dolomie dal Permiano al Paleogene, con una netta prevalenza dei calcari e dolomie del Cretacico. Le principali linee tettoniche dell'area sono rappresentate da faglie più o meno inclinate ad andamento dinarico (NW-SE) e antidinarico (NE-SW) e sovrascorimenti SW vergenti.

Le forme predominanti dei rilievi sono estese superfici livellate a diverse altitudini, grandi depressioni allungate chiuse (*polje*) e colline a forma di cono. Corsi d'acqua si trovano solo sul fondo dei *polje*. I rari corsi allogenicici, che provengono da aree non carsiche, formano valli cieche o attraversano il carso incidendo profonde valli carsiche e canyon. Numerosi, estesi e complessi sono i sistemi di cavità, spesso collegati ad inghiottitoi e pozzi, che rappresentano vie di drenaggio attive o relitte.

Molto famose sono le Grotte di Škocjan, patrimonio mondiale dell'UNESCO e le Grotte turistiche di Postojna, associate a fiumi cat-



Figura 2.4.2: Carsismo di alta montagna sul monte Canin (NW Slovenia)
(Foto: Bojan Otoničar)

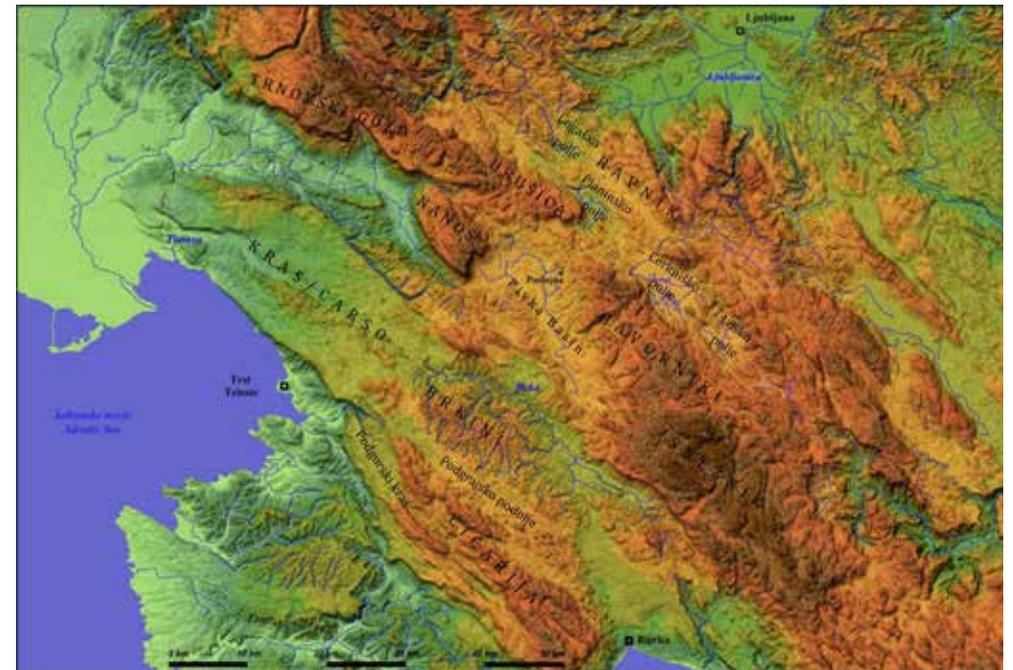


Figura 2.4.3: Il DEM del SW della Slovenia (con parte della Croazia e dell'Italia) mette in evidenza la presenza di diverse regioni carsiche del Carso Dinarico, compreso l'altopiano del Carso Classico (Archivio IZRK ZRC SAZU)



Figura 2.4.4: La valle del Vipava separa il Carso dagli altopiani carsici di Trnovski Gozd e Nanos (in alto e a destra) (Foto: Bojan Otoničar)

turati da inghiottitoi. Nelle cavità sono frequenti e talora imponenti i diversi depositi quali sedimenti allogenici e speleotemi.

Le forme di carsismo superficiale sono quelle “classiche”, cioè doline di dissoluzione e di crollo di tutte le dimensioni, campi solcati, karren, kamenitze, cavità scoperchiate, ingressi di cavità, pozzi, gallerie, ecc.

Il carsismo isolato intermedio interessa aree piuttosto limitate, circondate da rocce non carbonatiche, sviluppate sotto l'influenza dell'afflusso allogenico, con morfologia a sé stante in funzione dell'assetto strutturale, dell'idrografia, delle caratteristiche climatiche. Le cavità, solitamente suborizzontali, sono formate dalle perdite di corsi d'acqua che generalmente hanno un elevato carico di sedimenti clastici. Inghiottitoi (*ponor*) e sorgenti sono quindi comuni.

Le più interessanti si sviluppano in calcari e dolomie di età dal Paleozoico al Neogene e si trovano nella parte centrale della Slovenia, lungo una fascia orientata Ovest – Est tra le Alpi e le Dinaridi. Le principali strutture tettoniche in questa parte sono quindi orientate sia E-O (alpina) che NW-SE (orientazione dinarica). Altre piccole aree a carsismo isolato si trovano in rocce carbonatiche di età prevalentemente miocenica nella parte centrale e orientale della Slovenia, ovvero nell'area del bacino pannonic.

2.4.2 Principali tipologie di carsismo nella Regione Friuli Venezia Giulia

Nei 7.850 km² del territorio della regione sono presenti affioramenti di rocce carbonatiche che coprono circa 1.900 km² interessando circa 5.000 km² di aree montuose e collinari. Sono quasi 7.500 le grotte individuate ed inventariate, di cui ben oltre 3.000 si trovano nel versante italiano del Carso Classico.

In base a criteri geologici, morfologici e idrogeologici sono state recentemente individuate e delineate una sessantina di aree carsiche sviluppate in calcari, calcari dolomitici, dolomie, brecce calcaree e conglomerati. In una cinquantina di queste aree affiorano rocce

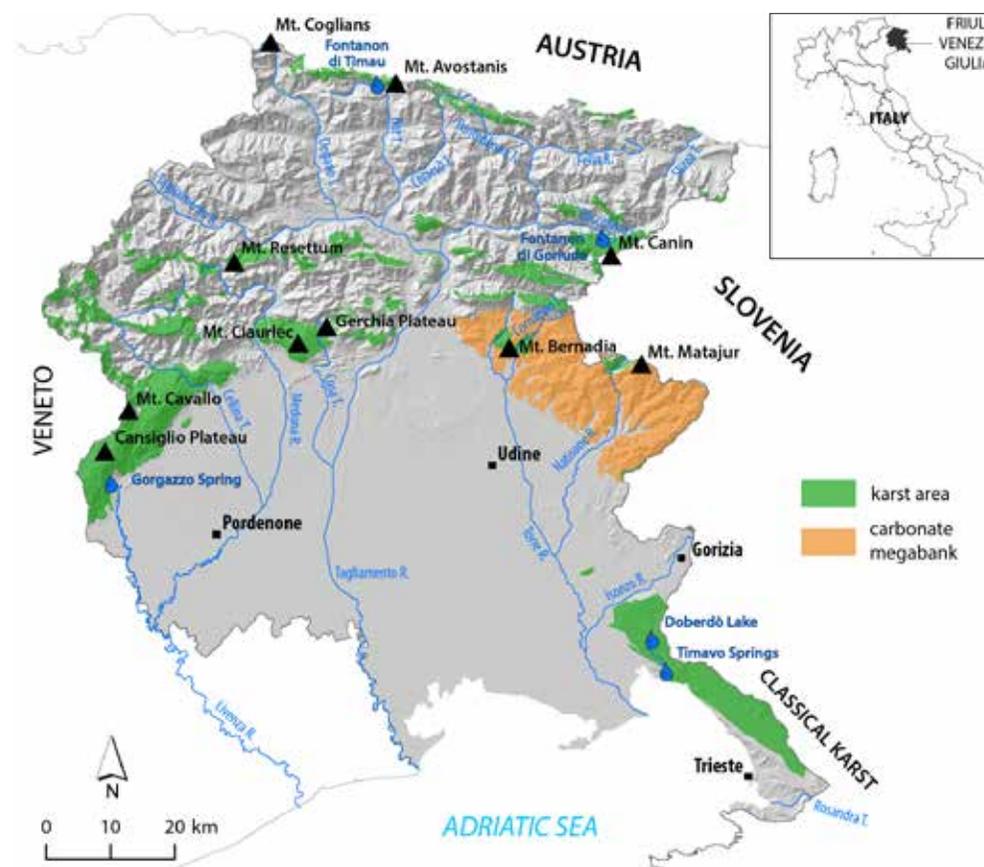


Figura 2.4.5: Aree carsiche nella Regione Friuli Venezia Giulia (da Cucchi e Finocchiaro, 2017).

calcaree o dolomitiche in cui il carsismo è accertato dalla presenza di significative forme carsiche superficiali e/o ipogee (doline, ingressi di grotte, reticoli carsici ipogei, sorgenti carsiche, campi solcati, e piccole forme di carsismo superficiale, *polje*, valli cieche, ecc.). Una decina sono le aree particolarmente significative, alcune transfrontaliere, condivise tra Italia e Austria o Slovenia.

Dal punto di vista morfologico, e quindi anche da quello della carsificazione, si possono riconoscere tre tipi di aree carsiche, cioè alcuni carsi alpini, numerosi carsi prealpini ed alcuni carsi di altopiano.

I carsi alpini si sviluppano nelle Alpi Carniche in strette aree allineate lungo il confine austriaco e sono caratterizzate da un'elevata frequenza di grotte e di affioramenti intensamente carsificati. Contengono acquiferi isolati ma spesso ricchi d'acqua. Vanto regionale è sicuramente il carsismo nella fita successione Triassico-Cretacea del Monte Canin. Qui possono essere individuati tutti i tratti epigei carsici dell'alta montagna, spesso esemplari, accompagnati da imponenti sistemi ipogei, come il Complesso del Col delle Erbe (oltre 23 km in sviluppo, con decine di pozzi profondi che raggiungono i -935 m) e il Complesso del Foran del Mus (oltre 13 km in sviluppo).

Nelle Prealpi carniche pordenonesi e nelle Prealpi Giulie si esten-

dono numerose aree a carso prealpino, boschose, con cavità interessanti e carsismo superficiale diffuso e vario. Ricordiamo il carso di Pradis, del Monte Resettum, del Monte Ciaurlec, del Bernadia e dei Musi, caratterizzati da una notevole frequenza di grotte, doline, e affioramenti intensamente carsificati oltre che da ricchi acquiferi. Particolare è il carso sviluppato nelle bancate calcaree intercalate nel Flysch paleocenico ed eocenico del Friuli orientale che ospita estesi sistemi di cavità idricamente attive le cui sorgenti sono messe in luce dal reticolo fluviale ma in cui scarse sono le testimonianze di un carsismo superficiale.

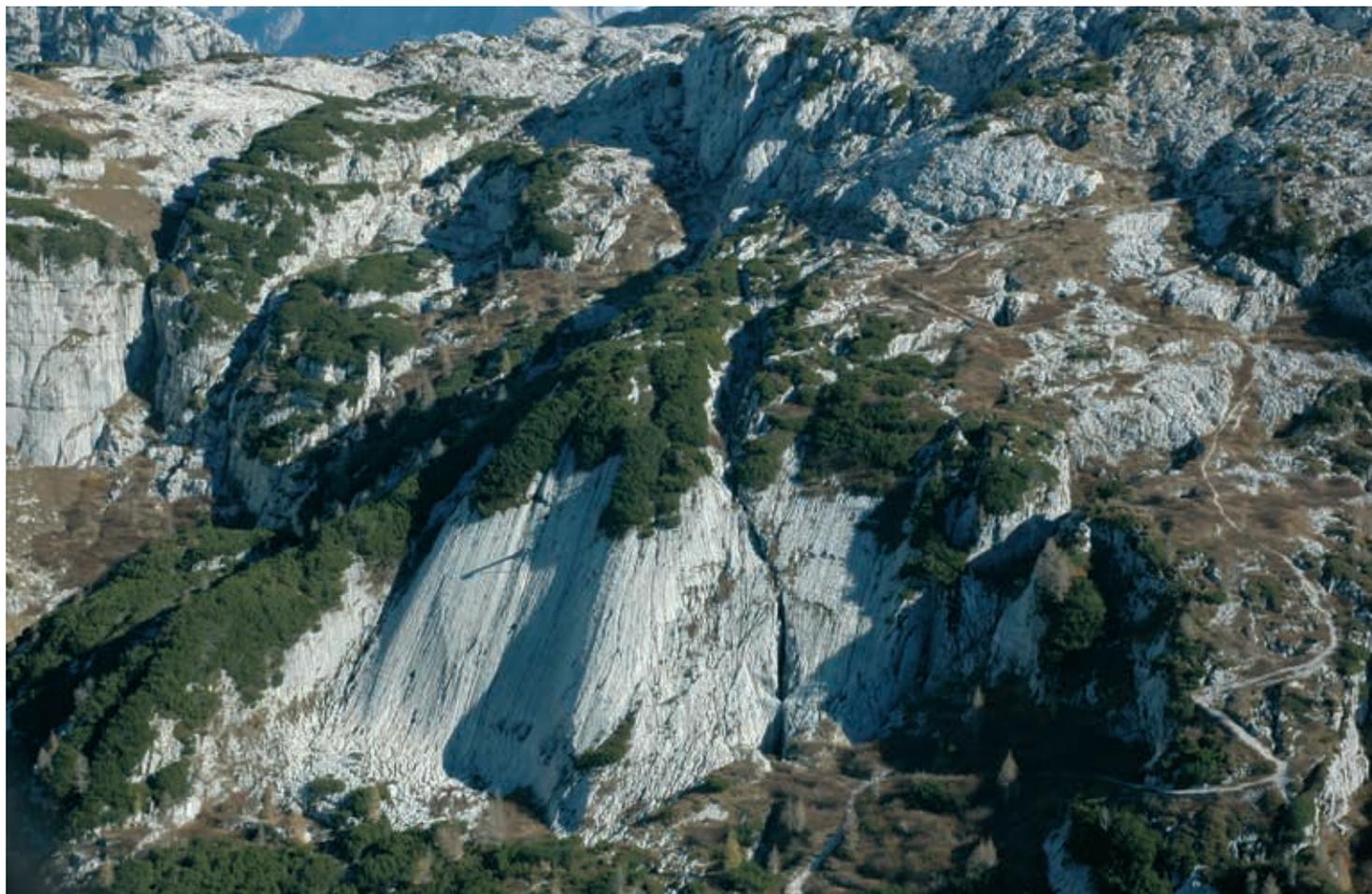


Figura 2.4.6: Il carsismo Alpino del monte Poviz (Foto: Giacomo Casagrande)



Figura 2.4.7: Campi solcati e grize sull'altopiano del monte Ciastelat (provincia di Pordenone) (Foto: Barbara Grillo)

Due sono i carsi di altopiano: uno è quello prospiciente il mare rappresentato dal Carso Classico, l'altro è il vasto altopiano del Cansiglio-Cavallo sovrastante la pianura friulana i cui confini geologici trascendono quelli regionali. Sono particolari il *polje* del Piancavallo e i vasti affioramenti di calcari cretacei variamente carsificati con notevoli e diffusi caratteri carsici superficiali. Tra questi le doline che delimitano l'altopiano sul versante orientale, simmetriche, fitte, profonde, con fianchi interessati da splendidi campi solcati ed i campi solcati del settore settentrionale (Monte Ciastelat). Tra le grotte basti citare gli abissi principali Bus de la Lum e Bus de la Genziana e le sorgenti del Gorgazzo, della Santissima e del Molinetto, zona sorgiva del fiume Livenza.

Figura 2.4.8: La sorgente del Gorgazzo ai piedi dell'area carsica del Cansiglio-Cavallo (Foto: Franco Cucchi)





GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DEL CARSO CLASSICO

3.1 L'area del geoparco del Carso Classico

Il Carso Classico (matični Kras) è un altopiano calcareo che si estende in direzione nordovest-sudest ed è delimitato da: il fiume Isonzo-Soča (Italia e Slovenia) a nord, il Mare Adriatico ad ovest, le colline di Brkini e la parte inferiore della valle del fiume Reka a sud, e dalla valle del Vipava ad est.

Ha una superficie di 936 Km², dei quali 213 Km² in territorio italiano e 723 Km² in territorio sloveno, con un'inclinazione dolce verso nordovest da 674 m della cima del monte Cocusso - Kokoš al livello del mare, alle sorgenti del Timavo.

L'altopiano è costituito principalmente da rocce calcaree e dolomitiche, con queste ultime che emergono in misura minore e soprattutto nelle colline.

L'area comprende 17 comuni, alcuni dei quali nella loro interezza mentre altri solo in parte, come i centri di Trieste e Monfalcone; sul versante italiano sono presenti 12 comuni, mentre su quello sloveno 5. I comuni italiani coinvolgono sia il Carso goriziano (Savogna d'Isonzo-Sovodnje ob Soči, Sagra- do, Fogliano Redipuglia, San Pier d'Isonzo, Ronchi dei Legionari-Ronke, Doberdò del Lago-Doberdob, Monfalcone), che il Carso triestino (Duino-Aurisina – Devin-Nabrežina, Sgonico, Monrupino-Repentabor, Trieste e San Dorlingo della Valle-Dolina). I cinque comuni del Carso classico sloveno sono: Sežana, Miren-Kostanjevica, Hrpelje-Kozina, Divača, Komen.

Il Geoparco è attraversato da importanti reti infrastrutturali sia sulla direttrice est- ovest che su quella nord-sud. Queste importanti infrastrutture viarie se da un lato favoriscono i collegamenti tra le regioni europee, dall'altro lato accrescono la vulnerabilità ambientale dell'area.

L'ambiente naturale del Carso è caratterizzato da alcuni aspetti peculiari, che mostrano una tipologia completa di ciò che è la carsologia, e che possono essere riassunti nei seguenti punti:

1. **Corsi d'acqua sotterranei, sorgenti e laghi carsici**, accompagnati da una ridotta superficie con rete idrografica e dalla scarsa presenza di sistemi vallivi modellati dall'erosione.
2. **Altopiani irregolari e ondulati**, con rilievi arrotondati e a cupola ed estese aree pianeggianti, dall'aspetto aspro.
3. **Depressioni chiuse a forma di conca** (doline).
4. **Vasti affioramenti rocciosi**: Karrenfeld (campi solcati) modellati da varie forme dissolutive, chiamate *microforme*, per distinguerle dalle *macroforme* (doline, uvala, polje).
5. **Cavità, pozzi, abissi, grotte, caverne**.

L'aspetto morfologico del Carso Classico è caratterizzato anche dall'impostazione tettonica con andamento strutturale dinarico: in Italia questa struttura crea un'ampia anticlinale con un asse avente orientamento nordovest-sudest, ma asimmetrica, cioè con un fianco verticale sud-occidentale e un fianco nord-orientale molto meno inclinato dove si sviluppa l'altopiano carsico.

Grazie alla vicinanza del mare e all'influenza del clima mediterraneo, il Carso è stato continuamente abitato fin dal Paleolitico. A causa degli strati sottili di suolo fertile, superfici spoglie e pietrose e della

duratura siccità estiva, lo sfruttamento del territorio è stato tradizionalmente orientato alla pastorizia e all'allevamento del bestiame da stalla. Solo nelle terre più fertili si è sviluppata l'agricoltura, che negli ultimi anni si è distinta per l'eccellenza del vino e dell'olio d'oliva. La città di Trieste, vicina al territorio del Carso Classico, è un importante attrattore per i servizi, il turismo e l'occupazione dei residenti del geoparco. Il geoturismo ha una lunga tradizione nell'area, legata in particolare – ma non solo - alla presenza di grotte, tra cui spiccano come attrazioni le Grotte di Škocjan e la Grotta Gigante-Briška jama.



Figura 3.1.2: L'area del geoparco transfrontaliero del Carso Classico con i confini dei comuni (a cura di ZaVita d.o.o.)

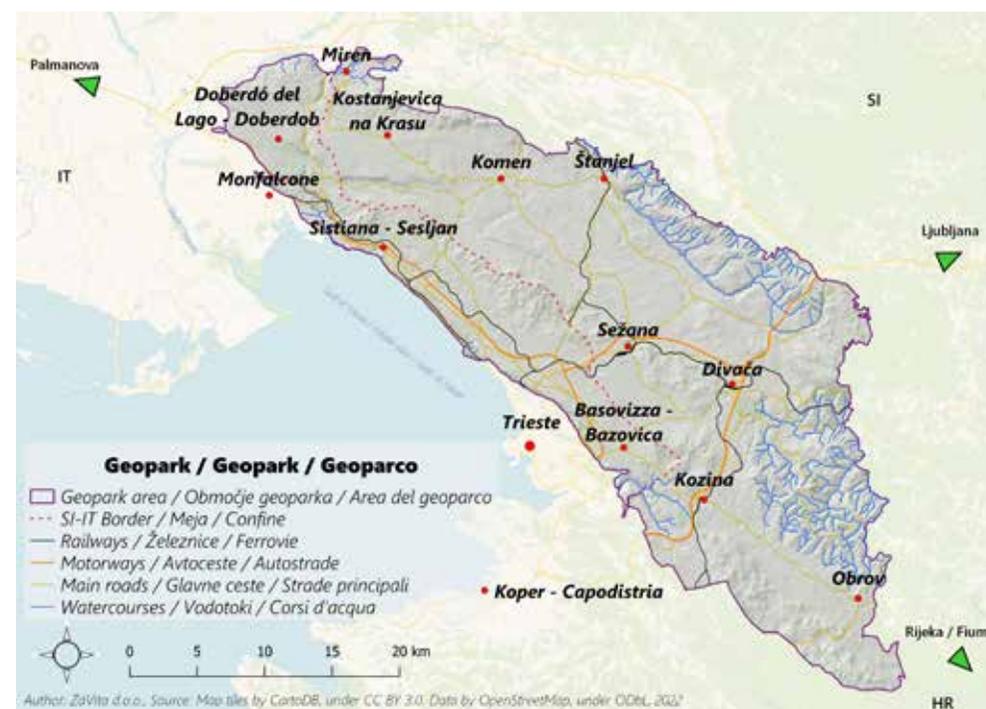


Figura 3.1.3: La mappa delle infrastrutture e dei corsi d'acqua nell'area del geoparco (a cura di ZaVita d.o.o.)

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

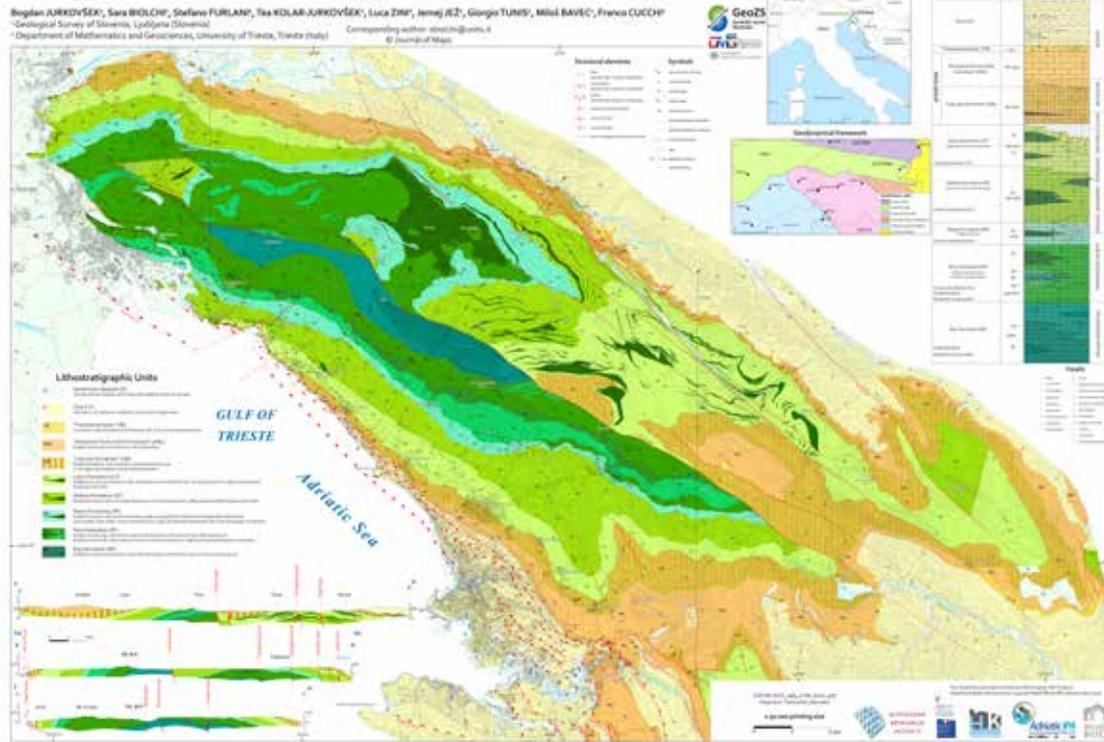


Figura 3.2.2 La Carta geologica del Carso Classico redatta nell'ambito dei Progetti HydroKarst e RoofOfRock del programma INTERREG Italia-Slovenia (Jurkovšek et al., 2016)

Dopo la 1^a Guerra Mondiale, il Carso fu studiato nel dettaglio per lo più da geologi italiani, quali C. D'Ambrosi dal 1925 al 1955, A. Comel dal 1927 al 1940, F. Kossmat dal 1935 al 1938, che redassero fogli alla scala 1:100.000 e Note illustrative per la "Carta geologica delle Tre Venezie".

Dopo la 2^a Guerra Mondiale continuarono, ma separatamente, gli studi da parte di numerosi geologi italiani e sloveni con l'elaborazione di una nuova cartografia geologica locale a completamento di quella già redatta, alla scala 1:25.000 e 1:100.00. Per l'Italia la ricerca è stata condotta da B. Martinis dal 1949 al 1975. In Slovenia, la realizzazione delle carte geologiche della zona è stata guidata da S. Buser dal 1967 al 1973 e da M. Pleničar dal 1969 al 1973 e condotta nell'ambito del progetto *Osnovna Geološka Karta* - Carta geologica di base dell'ex RSF Jugoslavia (scala 1:100.000). Anche il corretto approccio ai problemi legati alla complessa realtà geo-strutturale è iniziato in questo periodo, specie ad opera di L. Placer che, dal 1969 ad oggi, ha prodotto numerosi lavori sulla geodinamica alpino-dinarica post cretacea e proponendone la suddivisione geotettonica. L'ultimo periodo di ricerca geologica dettagliata in Slovenia, iniziato negli anni '90 da B. Jurkovšek, ha portato alla produzione di carte geologiche delle parti meridionali e settentrionali dell'altopiano di Trieste-Komen (Jurkovšek et al., 1996; Jurkovšek, 2008, 2010).

li dell'altopiano di Trieste-Komen (Jurkovšek et al., 1996; Jurkovšek, 2008, 2010).

A partire dal 1999, il Servizio geologico della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia in collaborazione con l'Università degli Studi di Trieste, attraverso i progetti Carta Geologica Tecnica (CGT) e Carta geologica formazionale (GEO-CGT), ha realizzato nuove carte geologiche digitalizzate a scala 1:5.000 e 1:10.000 di alcune aree della Regione, tra cui i fogli "Trieste", "Caresana", "Gorizia" e "Grado", che comprendono il Carso Classico. A seguito del lavoro collettivo nel 2013 è stata pubblicata la Carta geologica del Carso Classico italiano in scala 1:50.000 (Cucchi & Piano, 2013).

All'inizio del XXI secolo, anche attraverso una serie di progetti comunitari INTERREG, le collaborazioni tra geologi italiani e sloveni sono diventate più intense. A seguito dell'unione delle suddette mo-

derne carte nazionali e della collaborazione transfrontaliera, nel 2016 è stata pubblicata la carta geologica in scala 1:50.000, dell'intera area transfrontaliera del Carso Classico (Figura 3.2.2).

3.2.2 Le ricerche speleologiche e idrogeologiche

Per quanto riguarda geomorfologia e speleologia, Posidonio di Apameia (135-50 aC) può essere considerato il primo esploratore, ma menziona solamente l'inghiottitoio del fiume Reka le cui acque sotterranee "corrono verso il Timavo". Un millennio dopo, nel 1599, il farmacista Ferrante Imperato studiò le sorgenti del Timavo cercando di appurarne il legame con le Grotte di Škocjan: usò dei galleggianti che non risolsero l'ipotesi.

Nel 1664 apparso il primo trattato di speleologia con notizie sul Carso: nel volume *Mundus Subterraneus*, il gesuita Athanasius Kirchner mappò, nei pressi del "Timavus Mons", le bocche già cantate da Virgilio da cui scaturiva il Timavo, ricordando che da tempo si supponeva che le acque provenissero da Škocjan. Nel volume Kircher illustrò una sua teoria sui serbatoi sotterranei collegati al mare, prendendo esempio dalle Alpi Retiche.

La nascita della speleologia scientifica nell'area del Carso si deve allo sloveno J. V. Valvasor, che nel 1687 descrisse l'idrogeologia del Lago di Cerknica (*Cerkniško jezero*) e dei territori circostanti. Pochi anni dopo, nel 1689, nella sua opera più famosa, *Die Ehre des Herzogstums Crain* (La gloria del Ducato della Carniola) descrisse le grotte più note del territorio carsico fra le quali quelle di Postojna e di Škocjan. Sebbene Valvasor non si interessasse tanto del Carso Classico quanto dei fenomeni carsici della Carniola (*Notranjska e Dolenjska*), le sue pubblicazioni suscitarono un grande interesse per i fenomeni carsici. Tanto che nel 1748 il matematico di corte J. A. Nagel fu incaricato dall'imperatore a vedere e riferire quanto c'era di vero nelle notizie di "fenomeni insoliti e miracolosi" nel Carniola. Nel suo resoconto descrisse la Grotta Vilenica, presso Lokev (*Jama Vilenica*) che allora era una "grotta turistica" già da tempo, accompagnando la descrizione con numerose belle illustrazioni. Va ricordato infatti che il territorio non è solo culla della speleologia scientifica, ma anche del turismo speleologico. Il primo libro delle firme dei visitatori delle grotte di Škocjan risale al 1819, ma esiste un documento

del 1633 che indica che il conte Petazzi, proprietario del terreno in cui si apriva la grotta Vilenica, concesse la caverna come feudo alla parrocchia di Corgnale (Lokev), concordando che i guadagni sarebbero stati spartiti tra lui e la parrocchia. La cavità pertanto può vantare di essere la prima grotta turistica al mondo.

L'evolversi della Speleologia nel territorio del Carso è legato con la vita economica di Trieste. La concessione dello status di Porto Franco da parte di Carlo VI nel 1719, portò ad un sensibile aumento dei traffici navali e dell'importanza della città: si stima che nel 1780 per Trieste passasse un quarto di tutto il commercio dell'Impero austriaco. Nel giro di un secolo la città subì importanti trasformazioni: il porto venne ampliato, vennero costruiti nuovi quartieri e la popolazione crebbe in modo considerevole. Di conseguenza aumentò anche il fabbisogno idrico.

A metà del '700 venne costruito il *Teresianischer Aquädukt* (l'Acquedotto Teresiano) che traeva acqua dai versanti in flysch addossati al Carso e alimentava fontane poste nelle piazze principali. Nell'800 l'acquedotto venne man mano potenziato scavando nuove gallerie, ma le portate non furono mai così elevate da risolvere i problemi dell'approvvigionamento idrico della città e del porto.

Le esplorazioni speleologiche connesse al corso sotterraneo del Timavo sono legate proprio a queste problematiche. All'inizio dell'Ottocento prevalevano le ricerche individuali di persone entusiaste e desiderose di conoscenza. Un buon esempio è Eggenhöfer, che nel 1816 nuotò nel Reka (il Timavo superiore) dall'inghiottitoio attraverso le sale Michelangelo e (*Mariničeva e Mahorčičeva*) fino alla Piccola Dolina (la *Mala Dolina*), dando il via alle ricerche collettive e organizzate.

Il coinvolgimento del Comune di Trieste e di altri Enti pubblici, l'interessamento di alcuni personaggi di spicco della città a questo argomento sono documentati fin dai primi anni del '800. Nel 1828 venne nominata una "Commissione alle acque" incaricata di valutare le risorse idriche del territorio da Aurisina-Nabrežina a Škocjan. Vennero eseguite livellazioni definendo quote e dislivelli per valutare la possibilità di scavare una galleria di 11 km per convogliare le acque del Timavo superiore.

Nel 1838 A. F. Lindner avviò una ricerca sistematica nei luoghi

(i "buchi soffianti") dove, durante le piene del Timavo, l'aria veniva espulsa dal risalire delle acque nella zona di oscillazione della falda sotterranea, allo scopo di individuare un punto intermedio lungo il corso sotterraneo del Timavo. Fu così che venne scoperto l'Abisso di Trebiciano-Labadnica. L'esplorazione fu un'impresa eccezionale per quei tempi: durò 5 mesi di scavi con apertura di strettoie anche con l'utilizzo di mine. Il 5 aprile 1841 L. Kral di Trebiciano-Trebče e A. Arich, minatore di Idrija, scesero nella grande caverna dell'abisso, sul cui fondo scorreva, a 326 m di profondità, il Timavo. Si aprì così la prima finestra sul suo corso sotterraneo.

Durante una delle prime discese erano stati raccolti esemplari di *Pterostichus fasciatopunctatus*, un coleottero caratteristico della valle del Timavo superiore, prova scientifica della connessione tra Timavo superiore e Timavo sotterraneo e uno dei primi esempi di tracciante biologico. La notizia fece il giro dell'Europa, tanto che fino all'inizio del XX secolo la grotta fu considerata la più profonda del mondo.

Ma la scoperta non aveva risolto i problemi idrici della città, la quota delle acque (12 m s.l.m.) era troppo bassa. Venne finanziata la costruzione di scale fisse e per un anno si studiarono le caratteristiche delle acque e il livello del fiume per valutare fino a che quota potesse risalire l'acqua. Negli anni successivi la costruzione della *Südbahn* (la Ferrovia meridionale austriaca) aggravò il problema dell'alimentazione idrica e i progetti di derivazione dalle cavità del Carso furono abbandonati e si decise di sfruttare le Sorgenti di Aurisina.

È degno di nota che, per iniziativa dei costruttori delle Ferrovie del Sud, A. Schmidl iniziò a esplorare le cavità del Carso Classico negli anni Cinquanta del XIX secolo per scoprire quali erano le possibilità di dar corso ad un turismo speleologico.

Negli anni '80 del XIX secolo vennero fondati numerosi Gruppi Speleologici afferenti alle diverse associazioni alpinistiche triestine che iniziarono ad operare sul territorio alla ricerca ed alla esplorazione di cavità. Agli inizi del '900 attraverso esperimenti con traccianti chimici, con coloranti e con la marcatura radioattiva delle acque, G. Timeus dimostrò il collegamento idrico tra Škocjan, l'Abisso di Trebiciano e le Sorgenti di San Giovanni-Štivan. Fu la conferma scientifica delle tante ipotesi e dei tentativi, spesso empirici che, a partire da

quelli effettuati da Ferrante Imperato alla fine del '500, si erano susseguiti per tre secoli.

Nel 1888 fu scoperta la Grotta Kačna Jama (Grotta dei Serpenti) e nel 1889 gli speleologi, guidati da A. Hanke raggiunsero il suo fondo dove scorrono rami del Timavo sotterraneo (del Reka). Negli anni dal 1894 al 1895 cinque operai del posto costruirono, in meno di un anno, lungo il pozzo d'ingresso profondo 186 m scale in pietra e in legno che consentivano di entrare nella grotta senza attrezzature aggiuntive. Iniziativa unica al mondo e un grande risultato tecnico.

Nel 1890 gli speleo-esploratori raggiunsero l'ultimo sifone della Grotta di Škocjan esplorandola quasi interamente (con l'eccezione della parte chiamata *Tiha Jama*, che fu scoperta solo nel 1904). Contemporaneamente alle esplorazioni la grotta fu attrezzata anche per visite turistico-alpinistiche.

Durante la prima Guerra Mondiale il fronte raggiunse il Carso. Le esplorazioni non cessarono ma furono reindirizzate a scopi militari, cercando ed utilizzando le cavità naturali quali rifugi o postazioni. Un gruppo speciale guidato dallo speleologo A. Bock elaborò i piani per trasformare le grotte in rifugi, magazzini, ospedali: in alcune grotte c'era spazio per ben 2.000 uomini!

La fine della 1ª Guerra Mondiale rappresentò un cambiamento epocale per la città di Trieste e per i carsologi: negli anni acquistarono sempre maggior importanza le figure di L. Bertarelli e di E. Boegan, che nel 1926 diedero alle stampe il volume "2000 Grotte", una sintesi delle conoscenze speleologiche di allora e soprattutto il primo tentativo di stilare un elenco completo delle cavità del Carso Classico. Nel 1929 la fondazione dell'istituto statale, l'"Istituto Italiano di Speleologia" a Postojna, contribuì a molte ricerche. L'Istituto pubblicava la principale rivista speleologica italiana, le "Grotte d'Italia". Negli anni successivi Boegan approfondì e sintetizzò le conoscenze sul corso sotterraneo del Timavo e nel 1938 pubblicò "Il Timavo", volume che è rimasto per decenni uno dei migliori esempi di "studio sull'idrografia carsica subaerea e sotterranea", come recita il sottotitolo.

Dopo la seconda Guerra Mondiale, sia sul versante sloveno che quello italiano del Carso le ricerche videro un notevole incremento con l'obiettivo di diffondere la conoscenza speleologica e scoprire le grotte del sistema sotterraneo Reka-Timavo.

3.3 STORIA GEOLOGICA DELL'AREA DEL GEOPARCO

Paleogeografia

Il Carso Classico deve la sua identità alla roccia, per lo più bianca o grigio chiaro, chiamata calcare, che ne rappresenta la spina dorsale. Il calcare si è formato in antichi mari a partire da circa 140 milioni di anni fa, in un arco di tempo lungo quasi 100 milioni di anni. Poiché il carbonato di calcio, sotto forma di minerali come la calcite e l'aragonite, è solubile nell'acqua dolce, quando queste rocce sono esposte al di sopra del livello del mare, l'acqua agisce come un fine scalpello creando morfologie e forme caratteristiche. La varietà e la bellezza di queste strutture sono così straordinariamente rappresentate nell'area del Carso Classico che vengono definite carsiche e il fenomeno geomorfologico stesso della dissoluzione del calcare ad opera dell'acqua ha preso il nome di carsismo.

Sebbene i calcari del Carso possano apparire quasi uniformi al visitatore distratto, un occhio attento può notare differenze nello spessore degli strati, variazioni di colore e peculiari fossili. Ma il geologo esperto, anche con l'aiuto di semplici strumenti quali una lente d'ingrandimento, è in grado di leggere frammenti del lungo libro della storia geologica in ogni pezzo di queste rocce. La natura degli strati e i contatti tra di essi, e soprattutto la struttura interna della roccia e i piccoli fossili, chiamati microfossili, sono le pagine e le lettere della cronaca geologica. Essi trasmettono informazioni affascinanti sulla profondità, la temperatura, la salinità e l'ossigenazione degli antichi mari in cui si sono formati questi calcari, raccontano come la vita e l'ambiente nel passato geologico erano e sono cambiati nel tempo. Si parla di paleotemperatura, il paleoambiente, la paleogeografia o il paleocarsismo, utilizzando il prefisso -paleo che sta ad indicare come ci si riferisca a fenomeni o caratteristiche degli ambienti e del paesaggio che caratterizzavano l'area del geoparco molto tempo prima dell'avvento dell'umanità, nei periodi geologici del Cretacico e del Paleogene, durante il Mesozoico e il Cenozoico, dall'inizio del Cretacico, circa 140 milioni di anni fa, fino alla metà dell'Eocene, circa 45 milioni di anni fa.

Oggi si parla molto di cambiamenti climatici, effetto serra, innalzamento del livello del mare, emissioni di anidride carbonica e dei potenziali effetti di questi fenomeni sull'uomo, sulla società e sugli ecosistemi terrestri. In questa prospettiva, la storia raccontata dalle rocce del Carso Classico è particolarmente interessante. La prima parte del Cretacico è stata uno dei periodi più caldi della storia della Terra. All'epoca, la temperatura media annuale nell'emisfero settentrionale durante i mesi estivi è stata stimata in circa 18,4 °C, più di 4 °C più calda di oggi. Con temperature così elevate, non esistevano le calotte polari e il livello del mare era molto più alto di oggi proprio perché non c'erano grandi quantità acqua intrappolate sotto forma di ghiaccio sui continenti. Alla fine del Cretacico, la temperatura scese a circa 16,2 °C, e fino a 13,9 °C nell'Eocene medio. Queste variazioni di temperatura furono accompagnate da forti oscillazioni del livello del mare, che si innalzò anche di oltre 120 m e abbassò di oltre 40 m rispetto al livello attuale. Il confine tra il Cretacico e il Paleogene, che è anche il confine tra le ere Mesozoica e Cenozoica, è segnato da un grande evento di estinzione, associato all'impatto di un grande asteroide nell'area oggi occupata dalla penisola dello Yucatan, nel Golfo del Messico. Questo evento cambiò drasticamente la vita sulla Terra, cancellando oltre il 70% delle specie viventi, tra cui dinosauri, ammoniti e molti altri organismi che avevano prosperato sui continenti e negli oceani per milioni di anni.

Nel Cretacico, non solo l'ambiente in cui si formarono le rocce che avrebbero poi costruito l'altopiano del Carso, ma il mondo intero, e dunque la paleogeografia, erano molto diversi da quelli odierno. Solo all'inizio del Cretacico superiore, per la deriva delle masse continentali dovuta al fenomeno della tettonica delle placche, l'Oceano Atlantico meridionale si aprì tra l'Africa e il Sud America, e l'India si separò finalmente dal Madagascar e iniziò il viaggio che l'avrebbe portata a scontrarsi con l'Asia; il Nord America era ancora legato all'Europa e l'Australia all'Antartide. Verso la fine del Cretacico, le grandi masse continentali in cui era frammentato il vecchio supercontinente Gondwana si spostarono verso l'Eurasia, provocando la formazione di numerose catene montuose che vengono dette alpino-himalayane e all'assetto odierno dei continenti (Figura 3.3.1).

Nel Cretacico, come conseguenza del clima caldo e dell'alto livello del mare, ampie porzioni dei continenti che oggi sono terre emerse erano occupate da vasti mari poco profondi (denominati epicontinentali, cioè "sopra i continenti"). Ciò permise lo sviluppo ambienti marini brulicanti di vita, e la diffusione di quelle forme di vita che più tardi,

nel Cenozoico, avrebbero conquistato mari della Terra, come coralli, molluschi, echinodermi, granchi e pesci. I poli terrestri, come detto sopra, erano privi di ghiacci e l'acqua del mare aveva una circolazione più debole ed era meno ossigenata. Questo, a volte, portò all'accumulo di sedimenti neri e ricchi di sostanza organica sul fondo dei mari.

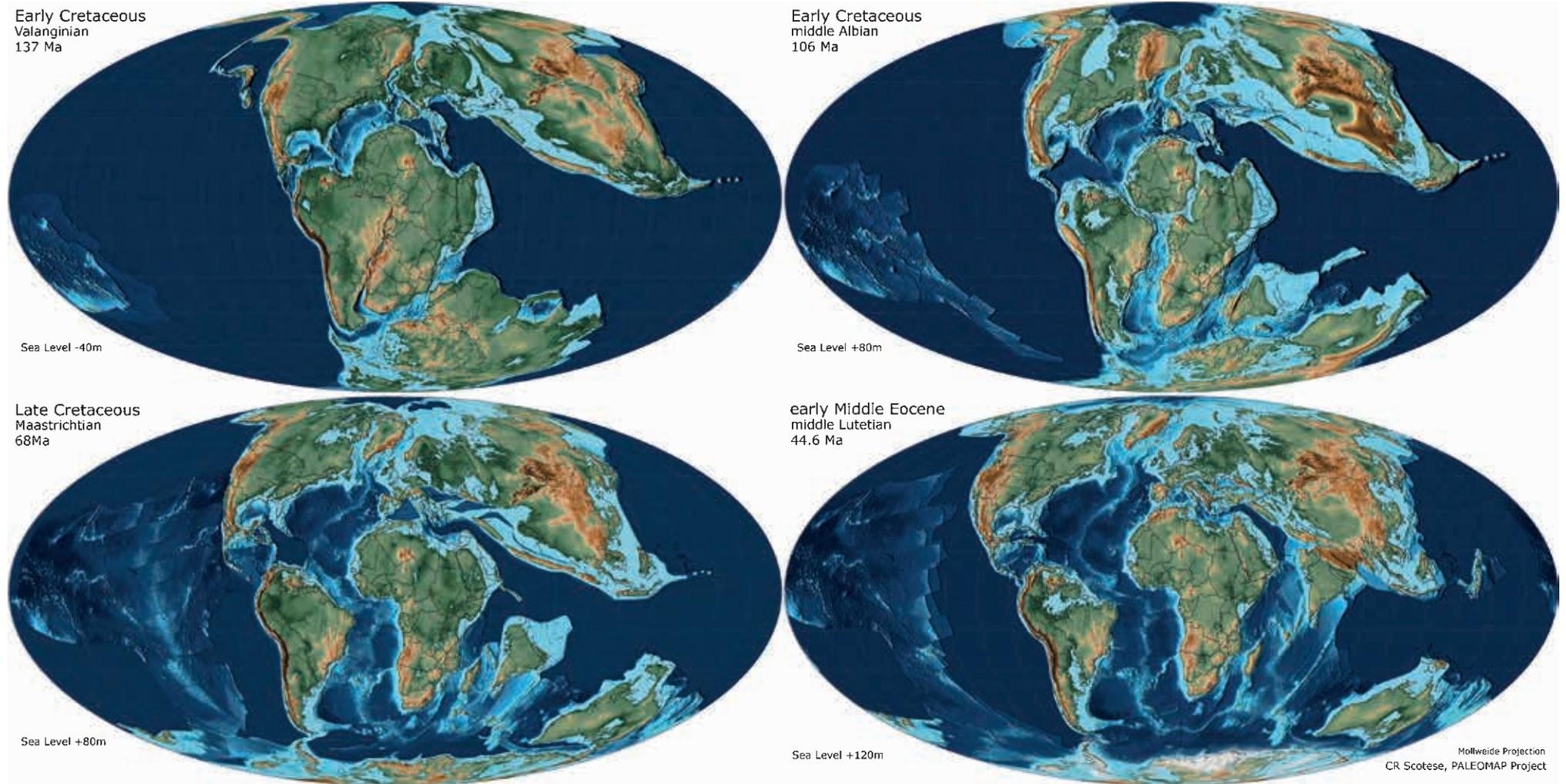


Figura 3.3.1: Il mondo che cambia dal Cretacico inferiore all'Eocene medio, nei periodi di formazione delle rocce che costituiscono il geoparco (da Scotese, 2014)

L'area del Carso Classico è composta da rocce sedimentarie appartenenti a quella che viene chiamata Piattaforma Carbonatica Adriatico-Dinarica (Figura 3.3.2). Una piattaforma carbonatica si forma quando l'accumulo di sedimenti calcarei nel mare è tale da creare un rilievo sul fondo marino. La parte più alta di questo accumulo è spesso vicina al livello del mare e piatta (da qui il termine "piattaforma") ed è occupata da acque relativamente poco profonde, come quelle che caratterizzano le lagune. Ai margini esterni di una piattaforma carbonatica, pendii più o meno ripidi uniscono la sua sommità al fondale oceanico più profondo circostante, in modo del tutto simile alle falde detritiche che si possono osservare alla base di una montagna. In alcuni casi, le piattaforme carbonatiche possono essere molto grandi. Esempi moderni sono, ad esempio, le Bahamas nel Golfo del Messico o la Grande Barriera Corallina in Australia. La Piattaforma Carbonatica Adriatico-Dinarica era veramente di grandi dimensioni, come dimostrato dal fatto che le rocce che la formano si possono osservare ("affiorano", dicono i geologi) dall'Italia nord-orientale, lungo tutte le Dinaridi, fino al Montenegro. La Piattaforma Adriatico-Dinarica si formò in un momento in cui disgregazione della Pangea, un mega-continente in cui tutte le masse continentali erano raggruppate all'inizio dell'era Giurassica, portò alla formazione di due masse continentali separate, dette Laurasia e Gondwana, con l'apertura dell'Oceano Tetide. La Tetide dapprima prese la forma di un ampio golfo, che si ampliò progressivamente mentre la Pangea si divideva fino a divenire un braccio di mare allungato approssimativamente da est a ovest che si estendeva a latitudini tropicali. Una delle parti costitutive della Gondwana era la Placca litosferica Africana. La Piattaforma Adriatico-Dinarica si è formata sulla microplacca Adria, un frammento di crosta terrestre inizialmente collegato alla Placca Africana e divenuto indipendente a partire dal Mesozoico. Durante il Cretacico, la microplacca Adria era situata a circa 2.000 km a sud rispetto a dove si trova ora, all'interno della fascia climatica (sub)tropicale. A queste latitudini, le condizioni erano ideali per la formazione dei sedimenti calcarei. La Piattaforma Adriatico-Dinarica esistette e fu sede di deposizione di questi sedimenti per milioni di anni, dal Giurassico all'inizio dell'Eocene, finché i movimenti tettonici legati alla collisione tra le placche litosferiche hanno porta-

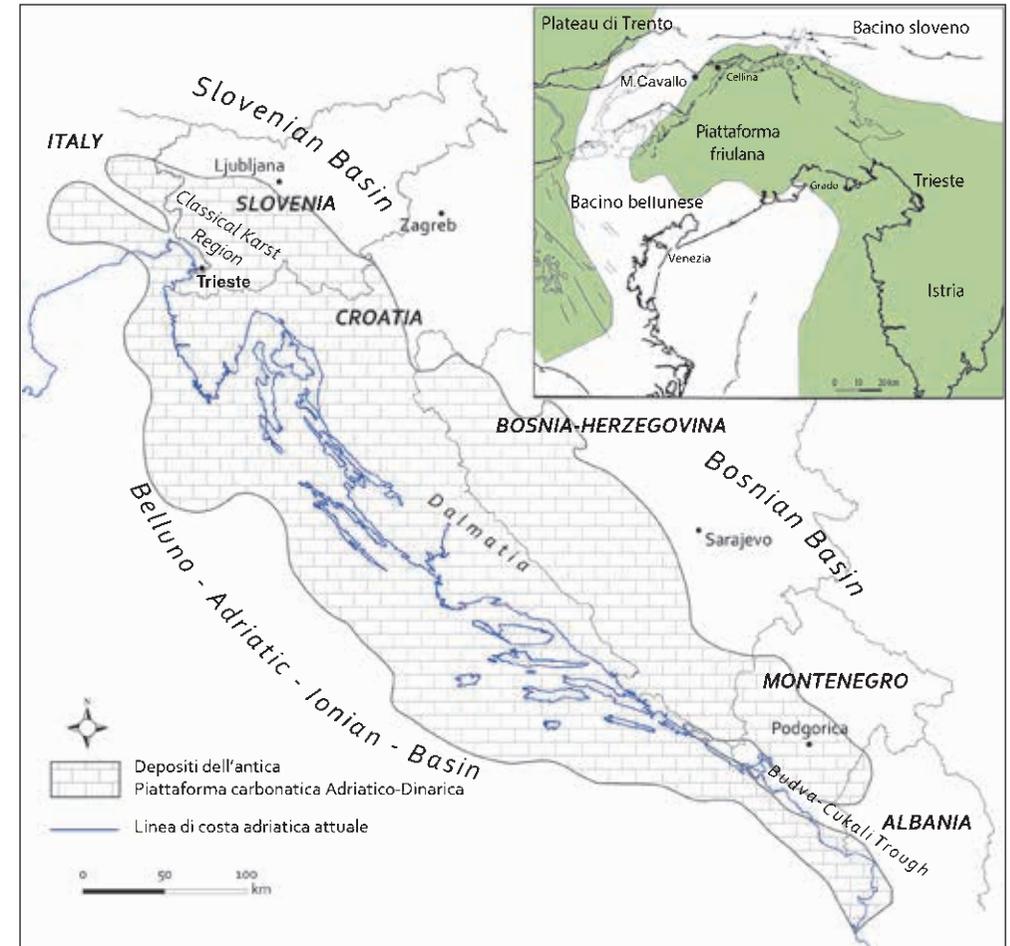


Figura 3.3.2: Carta geografica attuale con sovrapposta una mappa che mostra l'estensione della Piattaforma Carbonatica Adriatico-Dinarica (modificata da Dragičević & Velić, 2002) e un dettaglio della parte settentrionale con la Piattaforma Friulano-Adriatica (modificato da Consorti et al., 2021)

to all'innalzamento delle Alpi e al suo inabissamento negli oceani. Questo evento, nell'area del Carso Classico, è testimoniato dalle arenarie del Flysch, che derivano proprio dall'erosione delle montagne in sollevamento e si sono depositate quando l'area in cui prima si trovava la Piattaforma Adriatico-Dinarica fu occupata da un mare profondo all'inizio del Cenozoico (66 milioni di anni fa).

La spessa successione di rocce carbonatiche della regione del Carso Classico deriva da sedimenti che si depositarono nella parte interna della Piattaforma Adriatico-Dinarica, in un'area che si potrebbe comparare alla laguna delle odierne isole Bahamas. La porzione italiana dell'area del Carso Classico è chiamata anche Piattaforma Friulana e corrisponde al lembo nord-occidentale della Piattaforma Adriatico-Dinarica; durante il Cretacico, era delimitata da due tratti di mare profondo: il Bacino Sloveno a nord-est e il Bacino di Belluno a ovest (Figura 3.3.2). L'ambiente che caratterizzava la piattaforma restò praticamente immutato per diversi milioni di anni durante il Cretacico. Una differenziazione più pronunciata iniziò a partire dal Tardo Cretacico, quando la piattaforma iniziò ad essere coinvolta nei movimenti tettonici legati all'orogenesi alpina.

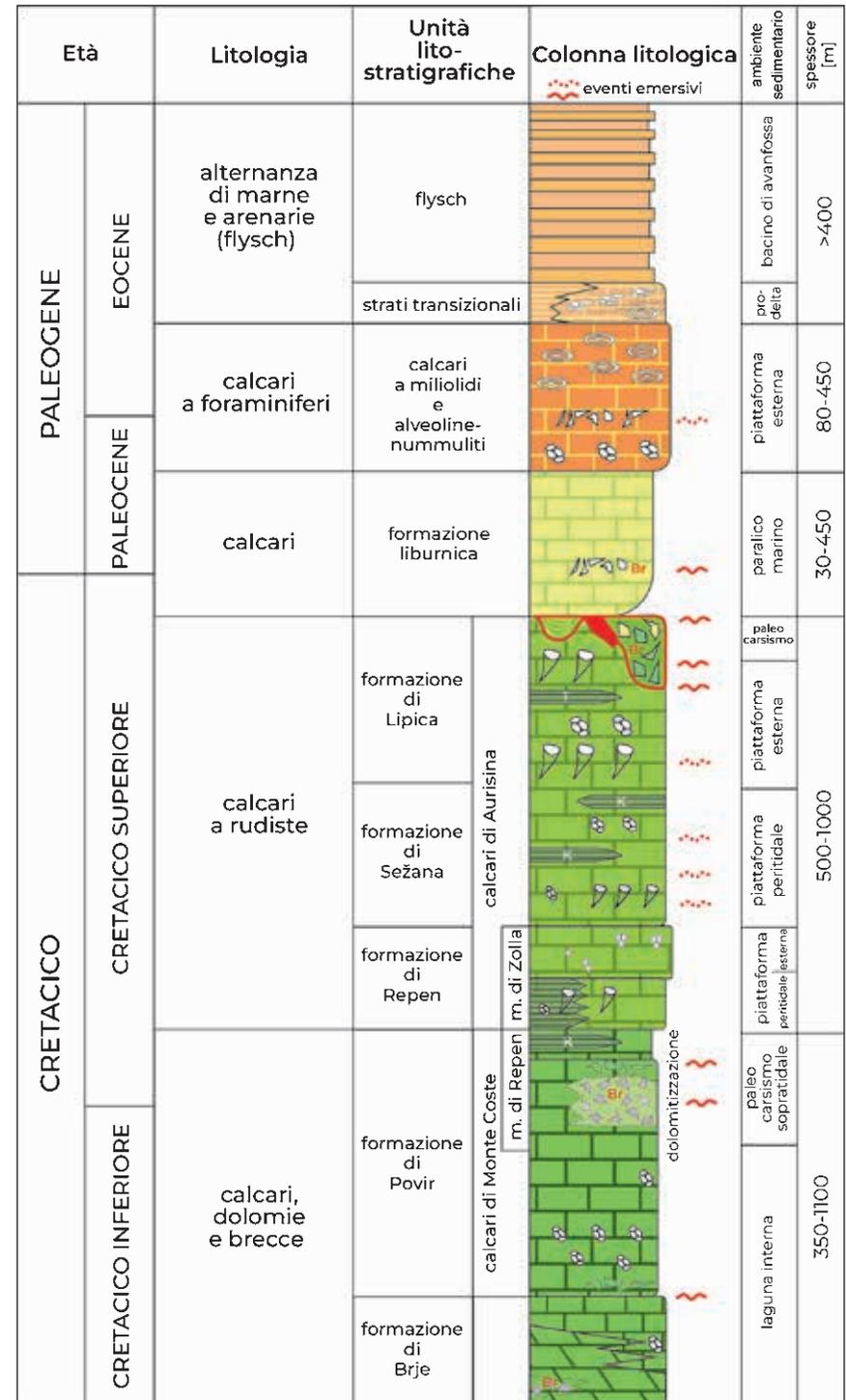


Figura 3.3.3: ▶
Colonna litostratigrafica, raffigurante le unità geologiche a cui appartengono le rocce affioranti nel geoparco (Br - breccia) (modificato da Jurkovšek et al., 2016 e Consorti et al., 2021)

Rocce e fossili del geoparco

Grazie alla prolungata stabilità dell'ambiente sedimentario, in tutta la Piattaforma Adriatico-Dinarica si è depositato un notevole spessore di sedimenti carbonatici. Le caratteristiche di questi sedimenti indicano univocamente ai geologi che essi si depositarono in un mare caldo e poco profondo. In queste acque prosperavano organismi microscopici come foraminiferi, coccolitoforidi e diatomee. Sulla piattaforma carbonatica abbondavano migliaia di forme di coralli, echinodermi, brachiopodi, crostacei e altri organismi. Oltre ad essi, si sviluppò un tipo particolare di molluschi (tecnicamente molluschi bivalvi), chiamati rudiste. Questi molluschi dalla forma insolita apparvero per la prima volta all'inizio del Cretacico, ma ebbero la loro massima diffusione nel Tardo Cretacico. Come molte altre piante e animali, si estinsero poi alla fine del Cretacico in corrispondenza della grande estinzione di massa che marca il passaggio tra il Mesozoico e il Cenozoico. Le rocce del Carso Classico mostrano anche tracce di molteplici esposizioni subaeree: degli intervalli di breve e lunga durata in cui la sommità della piattaforma emergeva al di sopra il livello del mare.

La potente successione di rocce del Carso Classico, spesso quasi 1500 metri, è stata suddivisa in diverse unità geologiche, che raggruppano rocce geneticamente correlate ed aventi caratteri distintivi. Un modo per rappresentare tali unità, chiamate dai geologi *formazioni* (a volte ulteriormente suddivise in porzioni più piccole chiamate *membri*, o unite in raggruppamenti più ampi chiamati *gruppi*) è la *colonna litostratigrafica* (Figura 3.3.3). In questo tipo di rappresentazione, le *formazioni* sono rappresentate dalla più antica in basso alla più giovane in alto. La colonna litostratigrafica del Carso Classico evidenzia le principali fasi dell'evoluzione dell'ambiente in quest'area nell'arco di quasi 100 milioni di anni. La distribuzione areale delle formazioni è riportata nella carta geologica. Per alcune di queste unità, i geologi sloveni e italiani utilizzano nomi diversi e anche alcune parti della successione sono suddivise in modo dissimile. In questo libro è stato adottato uno schema semplificato in cui le rocce del Carso Classico sono suddivise nelle unità più distintive. La descrizione che segue le presenta in ordine stratigrafico, cioè dalla più antica alla più recente.

✦ Calcari, dolomie e brecce del Cretacico Inferiore – Superiore

Le rocce carbonatiche più antiche dell'altopiano del Carso si sono depositate durante il Cretacico Inferiore, approssimativamente tra 140 e 90 milioni di anni, per lo più in un ambiente lagunare calmo e poco profondo che assomigliava a quello delle attuali isole tropicali. La maggior parte di queste rocce è costituita da calcari, ma è presente anche la dolomia. Mentre il calcare è composto principalmente dal minerale calcite, la dolomia è una roccia costituita in gran parte da dolomite, un minerale strettamente imparentato con la calcite (entrambi sono minerali carbonatici), ma con una composizione chimica e una struttura diverse. Non è raro incontrare le dolomie di color grigio scuro tra le unità rocciose più antiche del Carso Classico.

Nel corso del Cretacico l'ambiente non è mutato in maniera importante nell'area del Carso Classico, ma, essendo caratterizzato da acque poco profonde, poteva essere facilmente esposto nei momenti di oscillazione del livello del mare. È importante qui ricordare, infatti, che il livello marino può cambiare e lo può fare su scale temporali diverse e per motivi diversi. Tutti conosciamo le maree, oscillazioni del livello del mare che si verificano ogni giorno e sono causate dall'attrazione gravitazionale della Luna. Tuttavia, esistono fenomeni che avvengono in tempi molto più lunghi che possono causare oscillazioni del livello del mare. Ad esempio, la formazione o lo scioglimento delle calotte di ghiaccio ai poli, o i movimenti verso l'alto o verso il basso della crosta terrestre, come quelli che causano la crescita di una catena montuosa. Le piattaforme carbonatiche sono ambienti particolarmente sensibili alle oscillazioni del livello marino dal momento che la maggior parte della loro superficie si trova a profondità molto basse e quindi una modesta oscillazione del livello del mare può causarne l'emersione o la sommersione di vaste porzioni.

Nei periodi in cui il livello del mare si abbassò, ampie porzioni della piattaforma emersero esponendo il calcare alla dissoluzione dovuta alle piogge, alla circolazione d'acque dolci e agli agenti atmosferici con la formazione di strutture carsiche del tutto simili a quelle attuali. I fenomeni che indicano questa antica degradazione carsica, come le cavità carsiche riempite di sedimenti e concrezioni calcitiche, sono detti paleocarsici e un occhio esperto può ricono-



Figura 3.3.4: Breccia che testimonia gli importanti episodi di emersione subiti dalla piattaforma carbonatica (a ovest di Povir) (Foto: Bogdan Jurkovšek)

scerli nelle rocce del Carso Classico. Esistono prove che l'area della Piattaforma Adriatico-Dinarica sia emersa più volte durante il Cretacico; tuttavia, un episodio particolarmente prolungato di esposizione subaerea si verificò circa 110 milioni di anni fa e si pensa che rappresenti un evento di abbassamento globale del livello dei mari (chiamato dai geologi abbassamento *eustatico* del livello del mare). Esso è testimoniato da uno spesso strato di breccia (una roccia sedimentaria composta da frammenti di rocce spigolosi cementati insieme) che affiora in una stretta fascia che attraversa il territorio del Carso Classico. La breccia si formò probabilmente perché le rocce della piattaforma, una volta esposte, furono erose e frammentate e i prodotti di questi processi si accumularono in cavità prodotte dalla dissoluzione carsica causata dall'emersione (Figura 3.3.4).

Dopo questo periodo di emersione, il livello dell'oceano si alzò di

nuovo e questo portò al ristabilimento di condizioni marine nell'area del Carso Classico. I calcari formati in questo periodo contengono numerosi fossili come foraminiferi, un tipo di organismo unicellulare, e alghe *dasycladacee*. Si possono trovare anche frammenti di gusci di rudiste, talvolta concentrati in straterelli che si sono depositati durante le tempeste (detti *tempestiti*), ma non sono così abbondanti.

◆ **Calcari a rudiste del Cretacico Superiore con calcari lastriformi fossiliferi.**

I sedimenti calcarei continuarono ad accumularsi nel mare poco profondo della Piattaforma Carbonatica Adriatico-Dinarica anche nel Cretacico Superiore. La circolazione delle acque nella laguna poco profonda dell'antico Carso Classico non era tuttavia uniforme. C'erano zone in cui essa era più lenta e quindi le concentrazioni di ossigeno più basse. Inoltre, sebbene la topografia del fondale fosse piuttosto piatta, alcune parti erano caratterizzate da acque più profonde. Ciò portò alla formazione di alcune delle rocce più interessanti e paleontologicamente importanti del geoparco, i calcari lastriformi. Questi calcari a strati sottili e laminati, di colore grigio scuro, contengono strati sottili o lenti di selce, una roccia dura e densa composta da quarzo microcristallino, che quando viene rotta può emanare un forte odore di bitume (Figura 3.3.5). Questo accade perché tali calcari contengono un'alta concentrazione di materia organica la cui conservazione è stata favorita dal fatto che si depositavano in acque poco ossigenate. Quest'ultima caratteristica favorisce inoltre il processo di fossilizzazione e può consentire un'eccellente conservazione anche delle strutture più delicate degli organismi. Si tratta di calcari che si presentano come singoli pacchetti di un certo spessore all'interno di calcari a strati più spessi (i geologi direbbero più *potenti*) che appartengono a diverse formazioni del Cretacico Superiore di età compresa tra 95 e 80 milioni di anni. Una di queste, denominata Calcare di Komen dal nome del paese di Komen (conosciuta anche come "scisti di Komen" e persino chiamata "scisti a pesci" dal famoso paleontologo croato Gorjanović-Kramberger nel 1895) contiene resti di pesci, vari rettili e piante in eccezionale stato di conservazione (Figura 3.3.6).

Un altro calcare lastriforme laminato, leggermente più giovane, con sottili lenti o strati di selce è il Calcare di Tomaj. Questa unità contiene



Figura 3.3.5: Calcari lastriformi e laminati del Cretacico Superiore con selce (Calcari di Komen) presso il paese di Skopo (Foto: Stanko Buser)



Figura 3.3.6: Fossile di pesce nel calcare laminato di Komen (Foto: Bogdan Jurkovšek) e il disegno dell'olotipo (il primo esemplare descritto) di un pesce fossile *Coelodus vetteri* dalla monografia sui pesci fossili di Gorjanovč-Kramberger, pubblicata nel 1895.

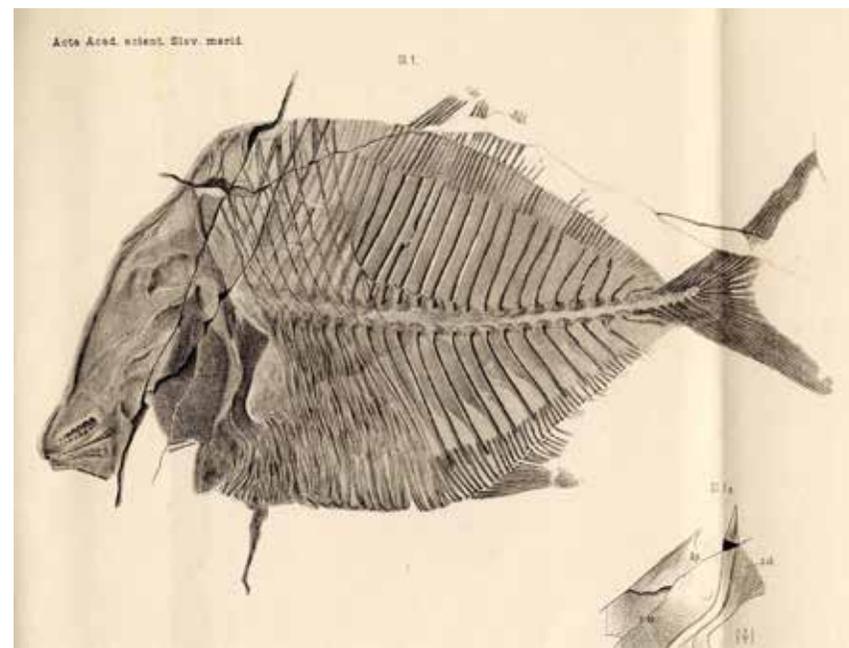




Figura 3.3.7: Ricostruzione di un ambiente marino poco profondo del Cretacico Superiore con i tipici organismi trovati come fossili sull'altopiano del Carso (Disegno: Barbara Jurkovšek)

numerosi e ben conservati fossili di pesci, ammoniti, crinoidi planctonici e altri organismi di mare aperto (Figura 3.3.7). La presenza di piante fossili con prevalenza di conifere indica la vicinanza della terraferma a sud della laguna (Figura 3.3.8; vedi anche Capitolo 4; geosito n. 34).

Queste rocce si trovano soprattutto nelle aree centrali e settentrionali del Carso Classico (Figura 3.3.9). I Calcari di Komen e Tomaj sono senza dubbio uno dei materiali da costruzione più antichi utilizzati nella zona. Già alla fine del XIX e all'inizio del XX secolo, la popolazione locale raccoglieva lastre di queste rocce per pavimentare

Figura 3.3.8: Ricostruzione dell'ambiente deposizionale di una piattaforma carbonatica di età cretacica dalla terraferma verso il mare aperto. Si possono osservare le localizzazioni della laguna, del margine della piattaforma, dei pendii adiacenti e del bacino marino profondo. Sono indicate le aree dove si depositavano alcune tipologie di rocce o dove vivevano alcuni organismi di cui si possono trovare testimonianze fossili nell'area del Carso Classico (Modello di Vlatko Brčić; Foto: Bogdan Jurkovšek e Marino Ierman, Museo Civico di Storia Naturale di Trieste)

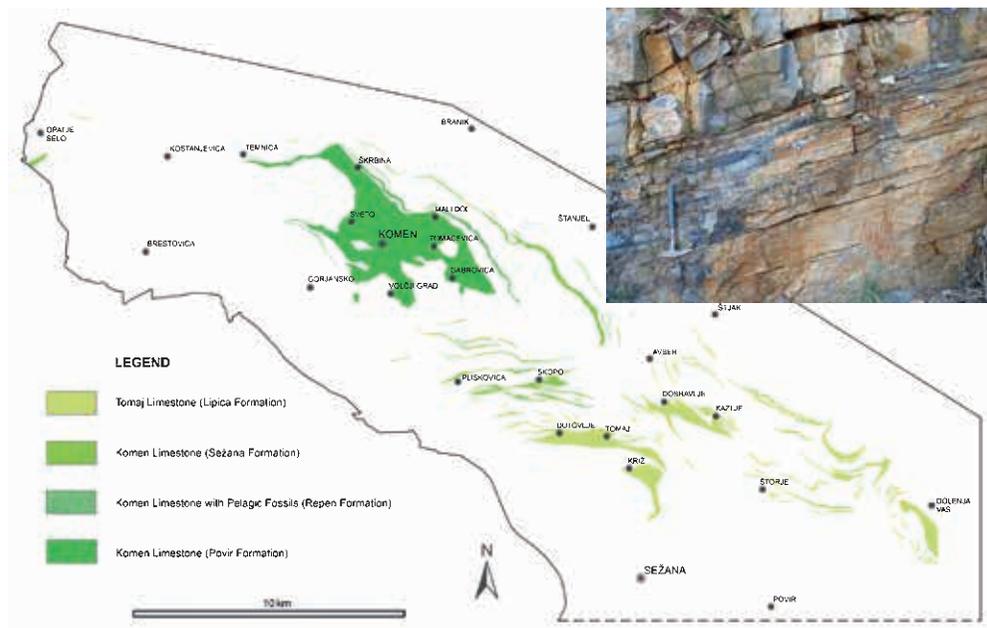


Figura 3.3.9: Aree di affioramento dei calcari lastriformi del Cretacico Superiore nella parte in Slovenia del Carso Classico (modificato da Jurkovšek et al., 2013). In alto a destra: Calcari laminati di Komen con lenti di selce (Foto: Bogdan Jurkovšek)



Figura 3.3.10: Calcare a rudiste nel taglio stradale di Divača (Foto: Bogdan Jurkovšek)

e coprire i tetti. Quando queste rocce sono esposte agli agenti atmosferici, può formarsi uno spesso strato di suolo bruno-rossastro chiamato terra rossa. La vite cresce molto bene su tale terreno.

Oltre a queste particolari rocce nere e laminate, la maggior parte del Cretacico Superiore del Carso Classico è rappresentato da calcari di colore grigio e grigio chiaro. Una delle loro caratteristiche più evidenti è l'abbondanza al loro interno di fossili di rudiste. Durante questo periodo tali molluschi bivalvi, perfettamente adattati a vivere attaccati a una varietà di substrati, si sono evolute in un numero incredibile di specie con forme diverse, che aiutano i geologi a determinare l'età relativa delle rocce in cui si trovano. Le più tipiche rudiste assomigliano a un corno di mucca. Le due valve sono completamente diverse tra loro, una più grande e una significativamente più piccola: la valva grande, di forma prevalentemente conica era di solito quella che si appoggiava al fondo marino, mentre la superiore, più piccola, a forma di cappuccio, fungeva da copertura. Durante il

Cretacico Superiore le rudiste prosperavano nelle acque poco profonde della piattaforma carbonatica e formavano estesi banchi. Le loro conchiglie rappresentano un importante elemento costitutivo delle rocce carbonatiche del Cretacico e sono uno degli elementi più caratteristici delle rocce Carso Classico. In alcuni casi, le rudiste sono in numero così elevato che le rocce appaiono quasi interamente costituite dai loro gusci o da frammenti di essi (Figure 3.3.10 e 3.3.11).

Nell'area del Carso Classico si trovano estesi depositi di calcare a rudiste, ad esempio nei pressi di Lipica, Kazlje, Vrhovlje, Povir, Gorjansko, Aurisina-Nabrežina, Borgo Grotta Gigante-Briščiki, Col e Repen; queste rocce vengono ancora estratte in molte cave come preziosa pietra ornamentale.

Nel calcare, i fossili di rudiste possono essere più o meno abbondanti, frammentati in pezzi più o meno grandi o conservati nella loro interezza. A seconda di ciò, il colore delle rocce e il loro aspetto quando vengono tagliate e lucidate è diverso e le rende più o meno adatte



Figura 3.3.11: Campione lucidato di calcare di Lipica con una sezione trasversale di un cluster di rudiste (Foto: Bogdan Jurkovšek)

a essere scolpite. Questo ha portato alla nascita di molti nomi locali che vengono utilizzati dai cavaatori per identificare le rocce che estraggono e vendono. Alcuni esempi di questi nomi sono Lipica (Figura 3.3.11), Repen, Kopriva, Granitello e Aurisina Fiorito (vedi capitolo 5.1).

Grazie alla struttura e alla tessitura omogenea, alcuni calcari appartenenti a questa unità rappresentano le rocce di maggior valore commerciale dell'area del Carso Classico. La Cava Romana di Aurisina-Nabrežina, in Italia, risale al I secolo a.C. La più grande cava di "calcare di Lipica/Aurisina" è oggi Lipica 1 in Slovenia, dove si estraggono grandi blocchi di calcare a rudiste massivo (vedi Capitolo 4 - geosito n. 24 e geosito n. 45). Altri fossili tipici che si possono trovare nel calcare del Cretacico Superiore sono quelli del mollusco bivalve *Chondrodonta ioannae*. Questi fossili si presentano come foglie con molti lobi e possono essere lunghi diversi centimetri (Figura 3.3.12). Abbondanti accumuli di conchiglie di *Chondrodonta ioannae* si trovano vicino a Sežana e nei pressi di Tabor – Rocca di Monrupino-Repentabor.



Figura 3.3.12: Calcare del Cretacico Superiore con fossile di *Chondrodonta* rinvenuto a nord di Sežana (Foto: Bogdan Jurkovšek)



Figura 3.3.13: Superficie paleocarsica evidenziata da una piccola depressione in un taglio stradale a Kozina. Si noti il contrasto cromatico tra il calcare di ambiente marino poco profondo grigio chiaro e il calcare di ambiente continentale palustre grigio scuro (Foto: Bojan Otoničar)

✦ **Calcari del Cretacico Superiore-Paleocene, testimoni degli importanti cambiamenti al limite Cretacico-Paleogene**

Alla fine del Cretacico si verificarono importanti cambiamenti ambientali. Alcune parti della Piattaforma Carbonatica Adriatico-Dinarica emersero dal mare e furono per questo soggette a un intenso carsismo. Si verificarono fenomeni carsici sia superficiali che sotterranei. Ciò avvenne perché i movimenti delle placche della crosta terrestre stavano causando lo spostamento della Placca Africana verso la Placca Europea. Questo ha portato alla formazione delle Alpi e di molte altre catene montuose come i Pirenei, i Carpazi e l'Himalaya. Come conseguenza del sollevamento, l'ambiente della Piattaforma Carbonatica Adriatico-Dinarica divenne caratterizzato da acque meno profonde che potevano diventare salmastre grazie all'apporto di acqua dolce dalle precipitazioni e dalla vicina terra ferma. Questo cambiamento ambientale si riflette nel contenuto paleontologico di

queste rocce, che è molto vario e presenta fossili animali e vegetali indicativi di ambienti che potevano essere terrestri o acquatici con acqua marina salmastra o salata. La vegetazione era così abbondante nelle parti emerse della piattaforma che in queste rocce si trovano depositi di carbone a Vremški Britof, Rodik e nelle aree vaste di Lipica e Štorje. Il carbone fu estratto per essere usato come combustibile nel XIX e all'inizio del XX secolo. L'esistenza di molte aree emerse rese possibile la vita per molti anfibi e per animali terrestri anche di grandi dimensioni. Lo testimoniano i ritrovamenti di resti fossili di cocodrilli, ossa e denti di dinosauri vegetariani appartenenti a diverse famiglie (*Hadrosauridae*, *Iguanodontidae* e *Dromosauridae*). I fossili più straordinari ed eccezionalmente conservati sono stati trovati in calcari scuri finemente laminati che affiorano presso il Villaggio del Pescatore nel comune di Duino Aurisina – Devin Nabrežina (Figura 3.3.14). Qui sono stati rinvenuti due scheletri completi di una specie di dinosauri detti adrosauri chiamata *Tethy-*



Figura 3.3.14: Calcari laminati nei pressi del Villaggio del Pescatore-Ribiško naselje, in cui sono stati trovati fossili di dinosauro (Foto: Sara Biolchi)

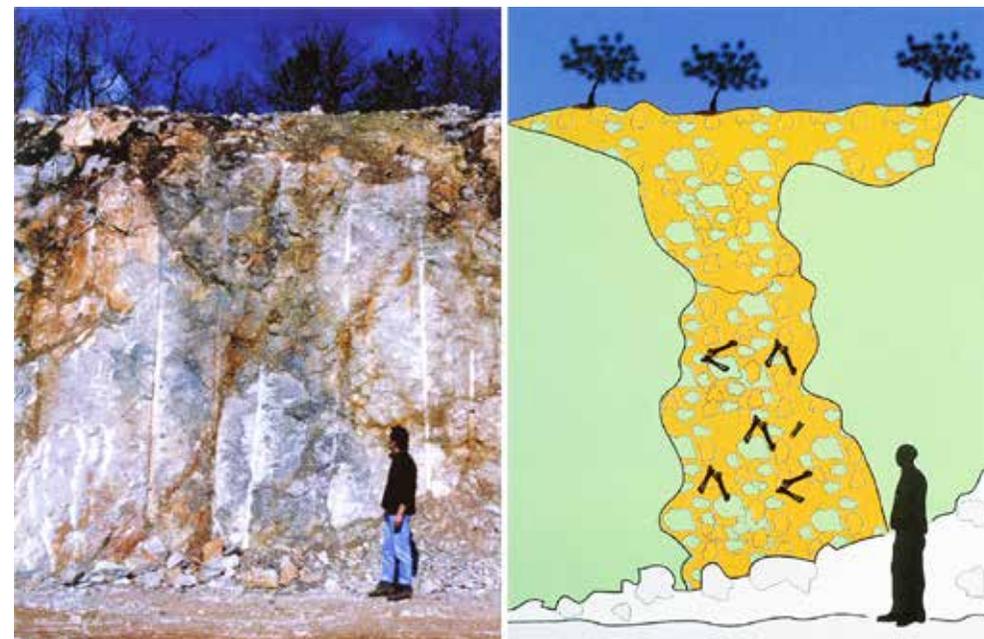


Figura 3.3.15: Il sito in cui si trovano le ossa di dinosauro nella breccia con clasti calcarei della Formazione Liburnica che riempie la cavità paleocarsica nei calcari nella Formazione Lipica nel taglio stradale presso Kozina (da Košir et al., 1999).



Figura 3.3.16: Le ossa di dinosauri, coccodrilli e altri vertebrati terrestri nella breccia paleocarsica (a sinistra) (Foto: Matevž Novak) e la struttura delle ossa di dinosauro al microscopio (5x e 40x) (a destra) (da Košir et al., 1999).



Figura 3.3.17: Fronte della cava abbandonata di Slivia-Slivno che espone la breccia paleocarsica (da Consorti et al., 2021) (Foto: Maurizio Ponton)

shadros insularis. Oltre agli adrosauri, il giacimento fossilifero del Villaggio del Pescatore contiene resti di pterosauri, coccodrilli, pesci e altri vertebrati (vedi Capitolo 4 - geosito n. 6). Anche in una cavità paleocarsica vicino a Kozina sono stati trovati resti fossili di vertebrati del Cretacico Superiore, soprattutto denti e ossa di dinosauro (Figure 3.3.15 e 3.3.16).

La cava abbandonata di Slivia-Slivno espone una breccia composta da blocchi di calcare disorganizzati (Figura 3.3.17). Questa breccia di crollo indica anche un episodio di emersione più lungo, accompagnato dallo sviluppo di un esteso sistema paleocarsico. La breccia di Slivia, conosciuta a livello commerciale anche come “Slivia di Napoleone” o “Marmo di Breccia Carsica”, era ampiamente utilizzata come pietra da costruzione ornamentale.

All'interno dei Calcari del Cretacico Superiore-Paleocene è inoltre registrato un momento molto importante della storia geologica della Terra: il limite Cretacico-Paleogene (dai geologi detto Limite K-Pg), dove si è verificata una delle più devastanti estinzioni di massa avvenute su pianeta, in coincidenza con l'impatto di un grande asteroide. I cambiamenti avvenuti al confine K-Pg sono così drammatici e visibili a scala globale che i geologi hanno collocato qui la transizione tra due Ere della storia geologica il Mesozoico e il Cenozoico. Numerose specie animali e vegetali, sia terrestri che marini, si estinsero. Tra queste, dinosauri, ammoniti e anche le rudiste di cui non si trova più traccia nelle rocce formatesi dopo il Limite K-Pg. Nel Carso Classico il limite K-Pg è ben visibile a Dolenja Vas.

✦ **Calcarei a foraminiferi del Paleocene e dell'Eocene**

Alla fine del Paleocene, il livello del mare iniziò lentamente a salire e questo portò al ristabilirsi di condizioni marine. Questa fase dell'evoluzione del Carso Classico è documentata da un'altra successione di calcari. I fossili presenti in queste rocce, formatesi tra il Paleocene e l'Eocene ci raccontano come la vita nei mari cambiò dopo la fine dell'era mesozoica. Si rinvengono, infatti, molte forme di alghe e foraminiferi notevolmente diverse da quelle che si possono osservare nelle rocce del Cretacico. Tra i foraminiferi, in particolare, compaiono molte nuove specie e si osserva come questi organismi siano divenuti progressivamente più grandi, tanto che nelle parti più recenti di queste rocce, possono essere visti anche a occhio nudo. Proprio grazie alla presenza di foraminiferi bentonici (che vivevano sul fondo del mare) di grandi dimensioni che in alcuni strati sono accumulati in gran numero, questi calcari sono facilmente identificabili (Figura 3.3.18). Alcuni di questi fossili assomigliano a delle monete antiche e per questo sono stati chiamati dai paleontologi Nummulitidi (dal latino *nummus* che significa moneta) (Figura 3.3.19); altri, chiamati Alveolinidi, hanno invece una struttura peculiare caratterizzata dalla presenza di numerose piccole cavità (dette camere) che, osservate con una lente di ingrandimento, appaiono come piccoli fori circolari (Figura 3.3.20). Esistono numerose specie diverse di foraminiferi e questo aiuta i geologi ad attribuire un'età più precisa alle rocce.

✦ **Flysch del bacino oceanico profondo dell'Eocene medio**

Le rocce più giovani che caratterizzano l'area del Carso Classico, formate nell'Eocene medio, sono completamente diverse da quelle di età precedente. A differenza dei calcari che costituiscono la maggior parte dell'altopiano carsico, infatti, queste rocce sono costituite principalmente da arenarie e da rocce più o meno argillose (dette siltiti, argilliti e marne), che si alternano in una sequenza ben nota ai geologi con il termine *flysch*.

I sedimenti che compongono il *flysch* derivano dall'erosione di rocce più antiche e la loro presenza rivela che le Alpi, a seguito della collisione tra la Placca Africana e la Placca Europea si stavano sollevando. Mentre le montagne crescevano, rocce più antiche erano esposte alla pioggia, ai venti e a tutti gli agenti atmosferici. I sedimenti derivanti



Figura 3.3.18: Calcarei a foraminiferi con Nummulitidi e Alveolinidi proveniente da ovest di Kozina (Foto: Matevž Novak)



Figura 3.3.20: Foraminifero Alveolinide visto al microscopio (Foto: Matevž Novak)

da questi processi venivano quindi trasportati negli oceani dai fiumi. Una volta giunte in mare, a volte queste sabbie e argille, quando non erano ancora litificate (cioè trasformate in rocce), potevano scivolare



Figura 3.3.19: Nummulitidi, simili a monete, estratti in modo naturale da rocce esposte agli agenti atmosferici (Foto: Matevž Novak)



Figura 3.3.21: Alternanza di strati di marne e arenarie che formano la sequenza del flysch a sud di Gora (Foto: Bogdan Jurkovšek)

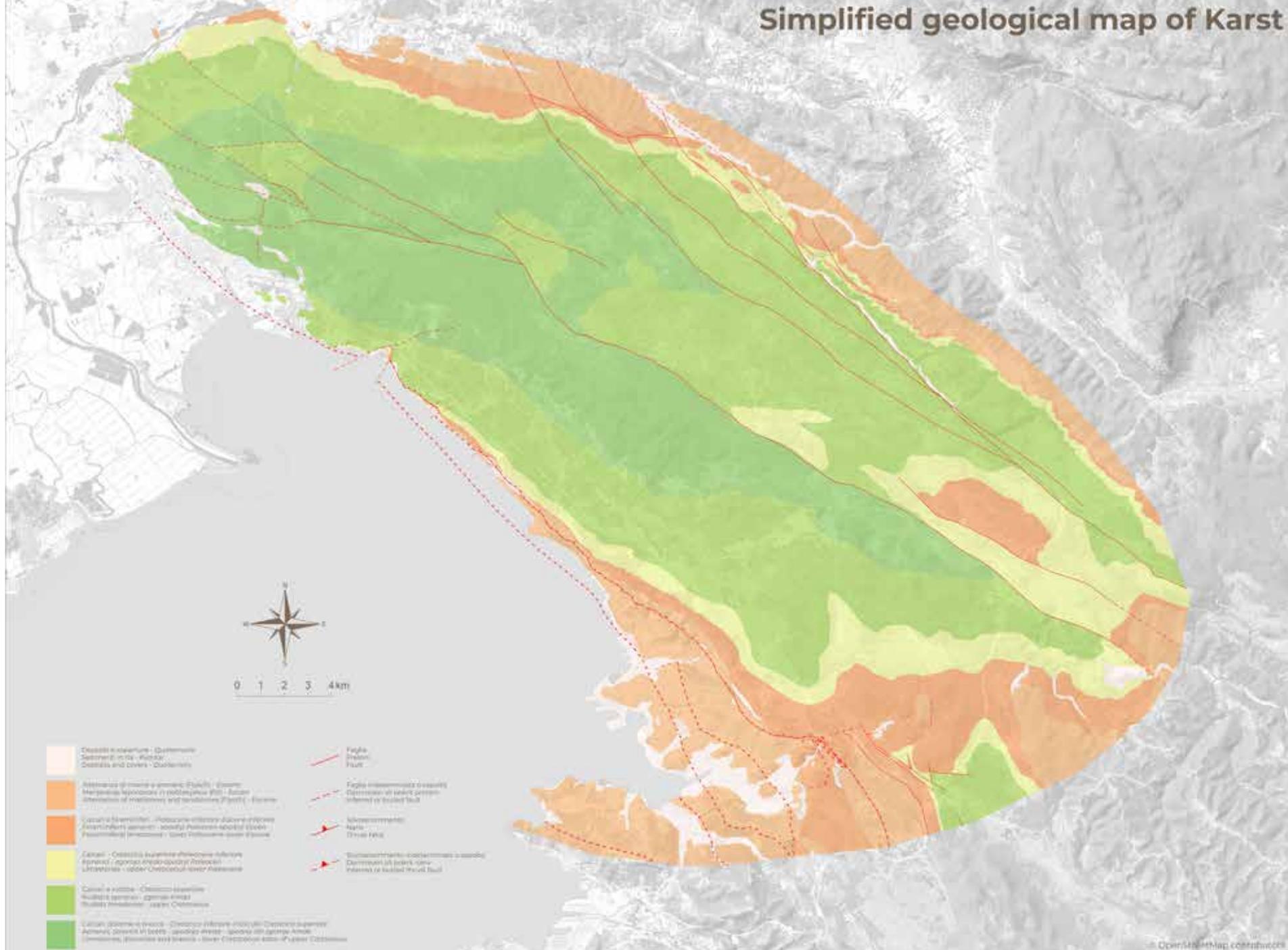
lungo le scarpate continentali sotto forma di frane sottomarine. Tali frane generano densi flussi carichi di sedimenti, chiamati dai geologi correnti di torbida, fenomeni che avvengono anche oggi. Dopo essere scivolate nelle zone più profonde dei mari, questi flussi ad alta densità, perdono velocità e quindi rilasciano il loro carico di sedimenti. I depositi sottomarini generati da una corrente di torbida hanno delle caratteristiche che li rendono ben distinguibili e sono chiamati *torbiditi*. Il *flysch* eocenico è costituito principalmente da torbiditi, organizzate in strati prevalentemente sottili. Sulla superficie di alcuni strati sono visibili le tracce del movimento di organismi sul fondale sabbioso. Tali tracce fossili sono chiamate *icnofossili* e a volte non è nota con certezza la natura degli organismi responsabili della loro formazione. Inoltre, queste rocce possono contenere abbondanti frammenti di piante, che rivelano la presenza di un'estesa copertura vegetale sulle vicine terre emerse. Una particolarità dei depositi di *flysch* nell'area

del geoparco si osserva nelle vicinanze del Castello di Miramare dove, sia nei pressi del castello che nel parco che lo circonda si possono osservare alcuni grandi blocchi dei calcari a foraminiferi del Paleocene ed Eocene, ricchi di fossili Nummulitidi e Alveolinidi. I geologi hanno osservato che questi blocchi sono a contatto sia superiormente che inferiormente con il *flysch* e che le arenarie nelle vicinanze dei blocchi presentano evidenze di deformazioni dovute a spinte e trascinamenti. Ciò indica che questi blocchi calcarei sono in realtà contenuti in un grande deposito di frana sottomarina scivolata nei fondali quando *flysch* si stava ancora depositando. Tale evidenza testimonia che, da qualche parte, i movimenti che stavano portando al sollevamento delle Alpi hanno portato in superficie le rocce di piattaforma carbonatica di età Cenozoica e che grossi frammenti di esse sono crollate nel mare dove si accumulavano le torbiditi del *flysch* (vedi Capitolo 4 - geosito n. 27).

Carta geologica semplificata del Carso

Poenostavljena geološka karta Krasa

Simplified geological map of Karst



- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Depositi quaternari - Quaternary
Sedimenti in situ - Karstic
Deposits and covers - Quaternary Metasedimenti mesozoici e sedimenti (Trias) - Eocene
Mesozoic carbonates and Mesozoic (Trias) - Eocene Rocce ignee paleozoiche - Paleozoic igneous rocks
Igneous rocks - Paleozoic igneous rocks Trias - Carbonati triasici e calcareo-arenaceo
Triassic - Triassic carbonates and calcareous-sandy Cretaceo superiore - Cretaceous upper
Superior Cretaceous - Superior Cretaceous Paleozoiche ignee - Paleozoic igneous rocks
Paleozoic igneous rocks - Paleozoic igneous rocks | <ul style="list-style-type: none"> Faglia
Fault Faglia inferenziale
Inferred or suspected fault Suduzorjenje
Fault Suduzorjenje inferenziale
Inferred or suspected fault |
|--|--|

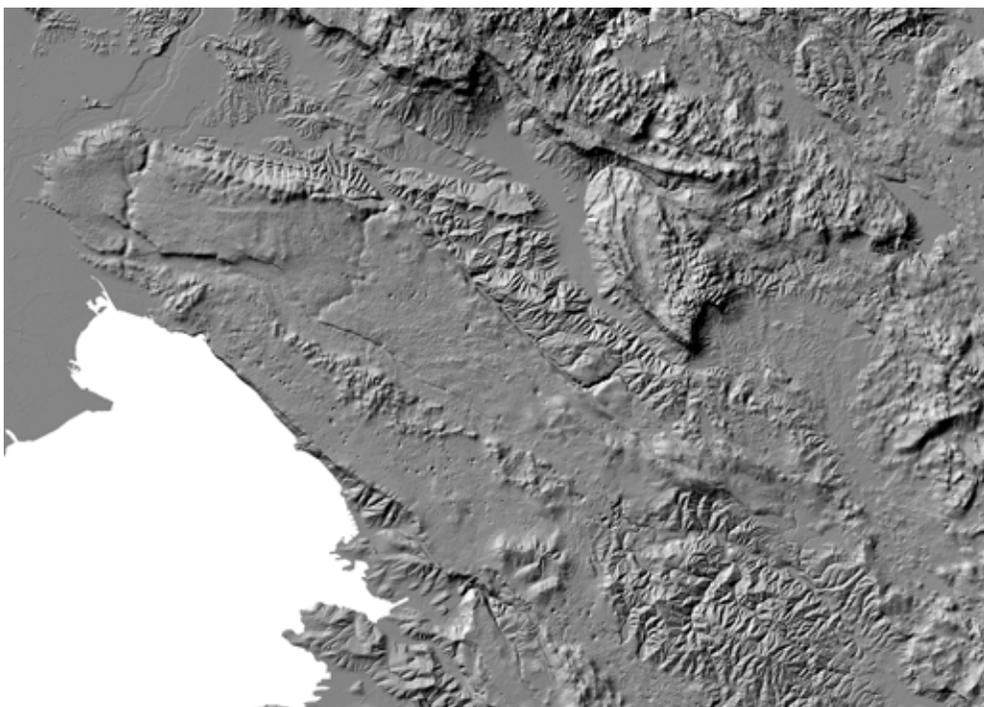


Figura 3.4.1: Rilievo ombreggiato del Carso Classico e dintorni realizzato nell'ambito del progetto HYDROKARST Interreg Italia-Slovenija 2007-2013

3.4 Assetto strutturale del Carso Classico

La morfologia odierna del Carso Classico deriva da una lunghissima storia deformativa iniziata milioni di anni fa. Ciononostante, la sua struttura può essere riassunta come un ampio altopiano con la sua parte sud-occidentale che si getta nella zona oggi occupata dalla città di Trieste e dal golfo che prende il suo nome (Figura 3.4.1).

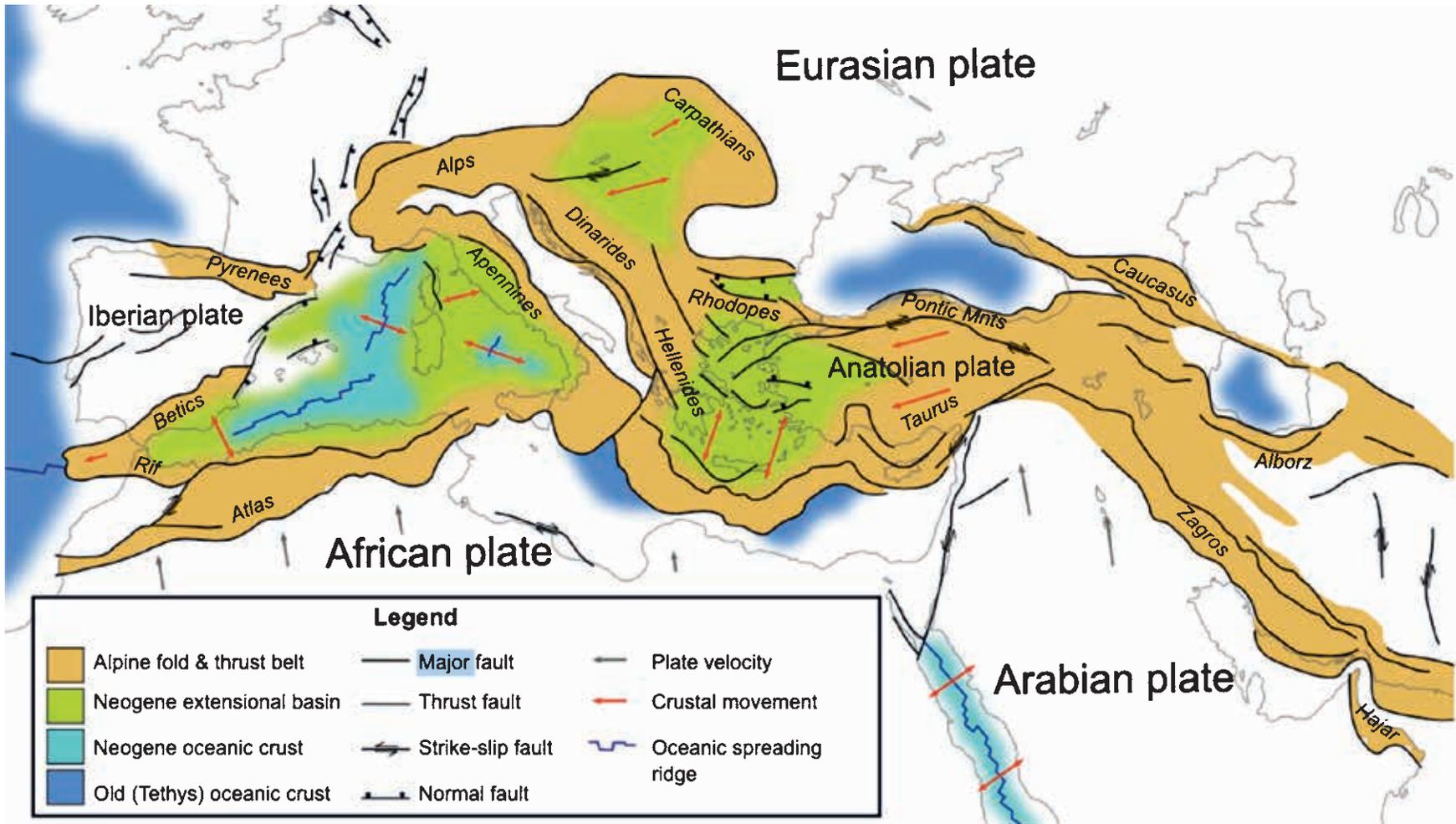
Il paesaggio che si pone davanti a noi deriva da una cosiddetta fase orogenica che ha coinvolto l'area nel corso degli ultimi 70-80 milioni di anni, a partire dal Cretacico. L'orogenesi è un processo dal quale si formano le montagne dovuto alla convergenza di due placche guidata dalla tettonica delle placche. Queste due placche erano l'Adria, ovvero il promontorio settentrionale della placca africana, e la placca euroasiatica (Figura 3.4.2).

3.4.1. L'orogenesi dinarica

Come risultato della fase orogenica vi è stata la formazione della catena dinarica, una fascia montuosa che inizia nel confine italo-sloveno e termina nella regione albanese/greca (Figura 3.4.2). L'area del Carso Classico si trova nel settore settentrionale delle Dinaridi. Come accennato in precedenza, le Dinaridi sono il risultato della convergenza tra due placche. Queste placche durante il Cretacico (70-80 milioni di anni fa) erano separate da un antico oceano, ovvero l'oceano Tetide. Quando le due placche iniziarono a convergere, le rocce del fondo oceanico iniziarono a subdurre. Si noti che le rocce oceaniche sono più dense delle rocce delle placche continentali. Ecco perché quando una placca continentale si scontra con una placca oceanica, la placca oceanica si immerge sotto quella continentale e affonda nelle porzioni interne del nostro pianeta. Durante l'evoluzione della convergenza, il processo di creazione di una fascia montuosa raggiunge l'apice quando tutte le rocce oceaniche (più dense) sono state consumate dalla subduzione e le due placche continentali, ugualmente dense, si scontrano. In geologia la placca in subduzione è detta inferiore e la seconda placca è detta superiore. Per descrivere semplicemente lo sviluppo di un'orogenesi e i meccanismi di accrescimento delle montagne, si può immaginare la placca superiore come un bulldozer o uno spazzaneve che strappa alcune

◀ Figura 3.3.22: Carta geologica semplificata dell'area del Carso Classico, realizzata per il centro visite del geoparco al Centro Didattico Naturalistico di Basovizza-Bazovica; la legenda considera lo stesso raggruppamento semplificato delle unità geologiche della colonna litostratigrafica rappresentata in Figura 3.3.3.

Figura 3.4.2
Carta tettonica
dell'Europa



porzioni delle rocce della placca inferiore e le accumula nella sua parte anteriore. Questo fronte è più spesso in prossimità del “bulldozer”, cioè in prossimità della placca sovrastante, o placca superiore, e più sottile verso la placca inferiore, raffigurante una sorta di cuneo. I geologi chiamano l’area in cui lavora il bulldozer come “hinterland” e “foreland” il settore in cui si sta dirigendo il cuneo. Tornando all’area del Carso Classico, possiamo immaginare che un bulldozer inizi

a comprimere, piegare e rompere le rocce da nord-est a sud-ovest, creando un cuneo in avanzamento con la sua parte più esterna che è il Carso Classico. Questo bulldozer naturale si muoveva sopra una placca in subduzione a una velocità di pochi millimetri all’anno, ma ha funzionato per milioni di anni creando la cintura orogenica dinarica. Nella parte anteriore del cuneo in avanzamento, la placca inferiore si è piegata a causa del carico del bulldozer creando uno

Figura 3.4.3.
Schema
semplificato
dell'evoluzione
dell'orogenesi
dinarica

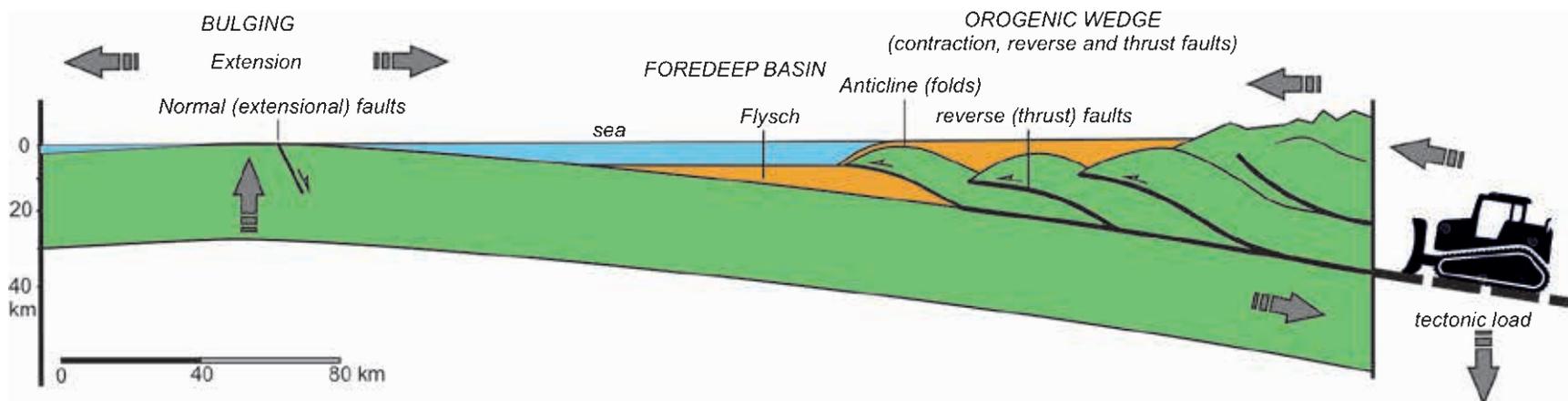
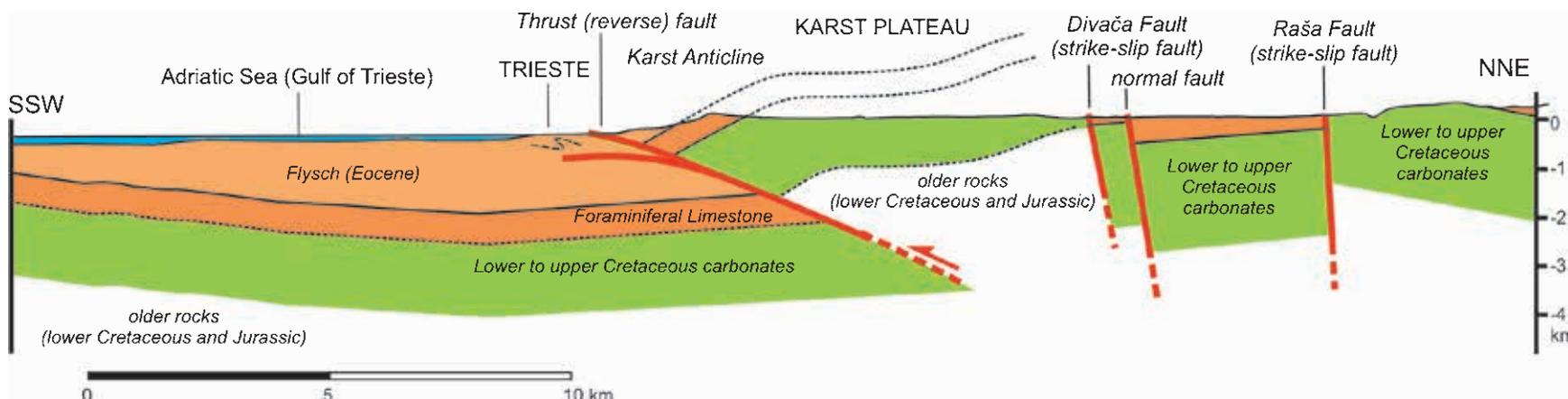


Figura 3.4.4
Sezione
geologica del
Carso Classico
che mostra
le principali
strutture
tettoniche
(pieghe e faglie).



spazio di accoglimento per i sedimenti derivati dall'erosione di questo enorme cuneo (flysch). Questo processo è terminato 20 milioni di anni fa. Dunque, la struttura geologica dell'area carsica è sostanzialmente la stessa da 20 milioni di anni ad oggi, raffigurante una grande piega asimmetrica, ovvero un'anticlinale (una piega a forma di A) con il lembo meridionale più inclinato di quello settentrionale.

3.4.2 La struttura e la storia del Carso Classico

Immaginando di tagliare verticalmente l'area del Carso Classico, se ne può osservare la struttura interna, ovvero l'Anticlinale del Carso (Figura 3.4.4).

Come accennato, questa anticlinale è asimmetrica e significa che un fianco è più ripido dell'altro. Il fianco che immerge verso sud-ovest è più inclinato del fianco che immerge verso nord-est. La ragio-



Figure 3.4.5: Il meccanismo di formazione di una piega che deforma l'asciugamano

ne di questa asimmetria è che le rocce sono state spinte da nord-est a sud-ovest. Per comprendere questo processo, si può immaginare di spingere un asciugamano su un tavolo (Figura 3.4.5). Quando l'asciugamano viene spinto, le pieghe sono asimmetriche perché la mano spinge in una direzione.

Tornando alle rocce odierne affioranti nell'area del Carso Classico, la carta geologica mostra come al centro dell'altopiano affiorano le rocce più antiche, ovvero i calcari a rudiste del Cretacico Inferiore e Superiore con livelli di calcari fossiliferi (vedi Sezione 3.3; aree verdi in Figura 3.3.22), e spostandosi verso il confine dell'area carsica sono presenti le rocce più giovani (rocce arancioni nella carta geologica di Figura 3.3.22).

La carta geologica mostra anche delle linee rosse che attraversano l'area. Queste linee rosse sono le faglie principali. In generale le faglie rappresentano fratture nelle rocce che si formano in conseguenza di fasi tettoniche compressive o estensionali durante l'evoluzione geologica di un'area. Le faglie possono essere classificate in: 1) faglie inverse che sono superfici in cui un blocco roccioso si solleva

rispetto ad un altro blocco; 2) faglie normali (estensionali) un blocco di roccia scende rispetto ad un altro blocco; 3) faglia trascorrente due blocchi si muovono lateralmente. Nell'area del Carso Classico esistono tutti questi tipi di faglie. La carta geologica e la sezione trasversale mostrano una faglia inversa nell'area sud-occidentale che ritaglia la superficie topografica nell'area di Trieste. Questa faglia inversa è anche nota come sovrascorrimento, ovvero una faglia inversa di basso angolo, formata durante l'ultima fase di contrazione dell'orogenesi dinarica insieme all'Anticlinale carsico. Entrambe queste strutture derivano dalla contrazione delle rocce. Spostandosi verso nord ci sono due faglie principali: le faglie Divača e Raša. Sono faglie trascorrenti nate però durante una fase tettonica più giovane, durante la quale si riattivano antiche faglie normali (riattivazione significa che una faglia cambia la sua cinematica durante il tempo geologico, ad esempio una faglia che era una faglia inversa a causa del cambiamento delle forze tettoniche nel tempo geologico può essere rimossa come faglia normale o faglia trascorrente). Ciò significa che le faglie Divača e Raša all'inizio della loro storia erano faglie normali e che quindi hanno cambiato il loro movimento da verticale in orizzontale. Si noti che in generale le faglie estensionali si formano quando le rocce vengono stirate. Tuttavia, è stata descritta solo una fase contrazionale, ovvero l'orogenesi dinarica e la struttura contrazionale (faglie inverse e di spinta). Per comprendere i meccanismi tettonici che hanno generato le faglie normali, è necessario guardare lo schema semplificato di Figura 3.4.3 e il bulldozer. Il bulldozer crea il cuneo contrazionale, le pieghe e le faglie inverse (sovrascorrimenti). Tuttavia, l'ispessimento del cuneo aumenta il carico sulla placca inferiore, inducendo rigonfiamenti e stiramenti nella zona di avanpaese, da qui la condizione per lo sviluppo di faglie estensionali (normali). Queste faglie normali sono coinvolte nel cuneo di contrazione quando il bulldozer raggiunge la loro posizione. Ora solo una domanda rimane irrisolta, ovvero perché le faglie di Divača e Raša ora sono faglie trascorrenti? Dopo la fine della fase di contrazione maggiore dinarica, il movimento della placca Adria ha continuato a cambiare leggermente direzione, cioè da nord-est a nord (fase nealpina). Questo cambiamento ha indotto una rotazione dei blocchi di roccia e una riattivazione trascorrente delle antiche faglie normali.

3.5 La geomorfologia del Carso Classico

Il Carso Classico è un altopiano carbonatico compreso tra il Golfo di Trieste e la Valle del Vipava che supera di poco l'altitudine di 500 m s.l.m. È delimitato a sud-ovest dal Golfo di Trieste e dai bassi rilievi non carbonatici del flysch e a nord-ovest dalla pianura alluvionale isontina. L'area collinare del flysch sopra i 600 metri sul livello del mare separa il Carso dal bacino del Pivka. Verso sud-est il Carso è delimitato dall'area in flysch di Brkini e la valle del Reka da una prateria mentre nella parte più meridionale si fonde gradualmente con le aree carsiche della Čičarija, Podgorski Kras e Matarsko Podolje. È un territorio di forma sub rettangolare che degrada dai 450 m s.l.m. di Lokev ai 98 m s.l.m. di Doberdò-Doberdob. Si estende per 46 km in direzione nord-ovest sud-est ed è largo una quindicina di km con un'estensione di circa 750 km².

Il Carso Classico ha un clima mediterraneo influenzato dalla sua posizione molto a nord e dall'altitudine. Le estati sono calde e secche, mentre gli inverni, sono piuttosto freddi e spesso caratterizzati dalla Bora, il vento freddo da nord-est. Nella parte centrale del Carso Classico, a Komen (290 m s.l.m.), che dista solo dieci chilometri dal mare, la temperatura media annua è di 12 °C. Le precipitazioni sono relativamente elevate con picchi nei mesi autunnali e valori medi annui compresi tra i 1400 e 1650 mm all'anno nell'interno e 1000 mm sulla costa.

Il tipico paesaggio carsico, così come si presenta oggi, è il risultato di molteplici fattori tra i quali i condizionamenti litologici e quelli tettonico-strutturali sono sicuramente tra i più importanti. A tutto ciò bisogna aggiungere il fatto che il Carso Classico è in evoluzione da oltre 10 milioni di anni e le originarie morfologie sono state completamente rielaborate. L'alta piovosità dell'area assieme alla presenza di corsi d'acqua che dopo aver fluito in superficie si inabissano nel sottosuolo e al contrasto tra le rocce carbonatiche (molto solubili e carsificabili) e il flysch (non carsificabile) hanno portato allo sviluppo di forme carsiche superficiali e sotterranee particolarmente maestose e imponenti che rappresentano un unicum.

Partendo dal mare e addentrandoci all'interno in direzione nord-est è possibile riconoscere diverse unità morfologiche, quasi tutte orientate nord-ovest sud-est:

- ◆ il carso costiero tra Duino-Devin e Aurisina-Nabrežina;
- ◆ l'allineamento collinare con i rilievi dei monti San Primo-Sv. Primož – Gurca-Gorka – Belvedere-Banovski – Calvo-Globojnar;
- ◆ la piana intensamente carsificata tra Sistiana-Sesljan, Aurisina-Nabrežina, Opicina-Opčine e Basovizza-Bazovica;
- ◆ l'allineamento collinare che va dal monte Ermada-Grmada al monte Lanaro-Volnik e al monte Tabor;
- ◆ l'ampio pianoro tra Doberdò, Kostanjevica na Krasu, Komen, Duvtovlje e Divača a meridione della quale è presente un'area depressa per cause strutturali (faglie del Colle Nero-Jamlje, di Brestovica e di Divača);
- ◆ l'allineamento collinare settentrionale che divide il Carso dalla valle del Vipava.

Parte a sé fanno la valle fluviocarsica del torrente Rosandra-Glinščica e il settore settentrionale del pianoro carsico di Matarsko Podolje con le caratteristiche valli cieche sul suo bordo nord-orientale.

Le morfologie superficiali di piccole dimensioni

I campi solcati sono indubbiamente una delle morfologie più caratteristiche e appariscenti del Carso Classico. Si sono sviluppati soprattutto nei calcari cretaci grazie alla maggior resistenza e potenza di queste rocce rispetto a quelle paleoceniche che sono solitamente a stratificazione più fitta e perciò più facilmente aggredibili dagli agenti atmosferici. Il processo carsico talvolta tende a delimitare singoli volumi di roccia compatta allargando le discontinuità subverticali presenti nella massa rocciosa e formando delle sorte di denti alti fino a 5 metri. Su questi denti di roccia ha agito il processo carsico anche quando questi erano ancora coperti dal terreno e le parti sommitali rappresentano la parte più antica su cui il processo è ancor oggi in atto. Il disboscamento e il pascolo, inoltre hanno favorito il denudamento di estesi affioramenti rocciosi sui quali si è enfatizzato il processo di dissoluzione modellando e scolpendo la roccia. I piani di strato sono stati plasmati dalle acque piovane e quindi scannellature, solchi, crepacci nonché vaschette di disso-



Figura 3.5.1:

A) I campi solcati presso l'Abisso Colognatti (Foto: Furio Finocchiaro);

B) Scannellature e vaschette di corrosione modellate dall'acqua piovana (Repen) (Foto: Bojan Otoničar)



luzione, conferiscono aspetti affascinanti alla superficie delle rocce (Figura 3.5.1 A e B). I fenomeni più caratteristici ed estesi si possono osservare nelle aree di San Pelagio-Šempolaj, Borgo Grotta Gigante-Briščiki, Opicina-Opčine in Italia e di Lipica e Divača in Slovenia. Anche se il suolo ha generalmente spessore esiguo ed è terroso-detritico, attualmente la vegetazione spontanea sta riprendendo vigore con licheni, muschi e suolo, fornendo tracce dell'evoluzione della superficie carsica e del suo utilizzo (dalla deforestazione, allo sfruttamento, al rimboschimento).

Le morfologie superficiali di medie dimensioni

L'elemento più caratteristico e numeroso di un territorio carsico sono le depressioni chiuse di varia dimensione. Il morfotipo più diffuso è quello delle doline di dissoluzione, anche se sono frequenti le doline di crollo, le uvale, le valli secche e i rilievi di forma conica (Figura 3.5.2).

Doline di diversa ampiezza e profondità, dal fondo riempito da terra rossa e i fianchi rimodellati da muretti a secco, siti archeologici, vigneti, giardini, prati sono numerosi in tutto il Carso Classico. Spesso il fondo delle doline viene livellato e diviene terreno da orto o giardino, mentre i frammenti rocciosi vengono rimossi e interrati o accatastati a formare muretti a secco (Figura 3.5.3).

In alcuni casi i fondi di dolina venivano compattati e impermeabilizzati divenendo riserve d'acqua, cioè piccoli stagni (*kal* in sloveno) (Figura 3.5.4).

Sono state individuate più di 22.400 doline, 5.900 nel versante italiano e 16.500 in quello sloveno. Coprono complessivamente una superficie di circa 20 km². In alcune aree come quelle di Basovizza, Opicina, Divača, Borgo Grotta Gigante, Gorjansko, Doberdò e San Martino del Carso, la densità di doline è superiore a 70 per km².



Figura 3.5.2:
Dolina di dissoluzione presso Padriciano-Padriče
(Foto: Furio Finocchiaro)



Figura 3.5.3: Dolina antropizzata nei pressi delle mura dell'insediamento preistorico Debela Griža vicino a Volčji Grad (Foto: Bojan Otoničar)

La maggior parte delle doline, il 62%, ha un diametro medio fino a 50 m, il 31,5% ha un diametro compreso tra 50 e 100 m e solo una dozzina ha un diametro maggiore di 500 m. Hanno una profondità media di circa 30 m.

Le doline di crollo sono distribuite variamente in tutta l'area del Carso Classico, e le più grandi sono profonde da 50 a 200 m e larghe fino ad alcune centinaia di metri, con volumi che arrivano a diversi milioni di m³. La maggiore concentrazione di grandi doline di crollo (ben 27) si trovano nell'area di Divača, nei pressi dell'inghiottitoio del fiume Reka e vicino a Sežana. In linea di massima si sviluppano in corrispondenza del percorso sotterraneo del Timavo diventandone parte integrante nelle Grotte di Škocjan e nell'Abisso dei Serpenti. Nell'area del Carso di Divača (31 km²), le doline di crollo occupano il 4% circa dell'area e tutte le doline nel loro insieme il 7%, ma si stima che il volume totale delle doline di crollo sia più di quattro volte il volume totale delle doline di dissoluzione. Ci sono anche alcune piccole aree ad alta concentrazione di doline di crollo nella parte settentrionale del Carso Classico, a sud di Kobjeglava e nell'area tra Kazlje e Štorje.

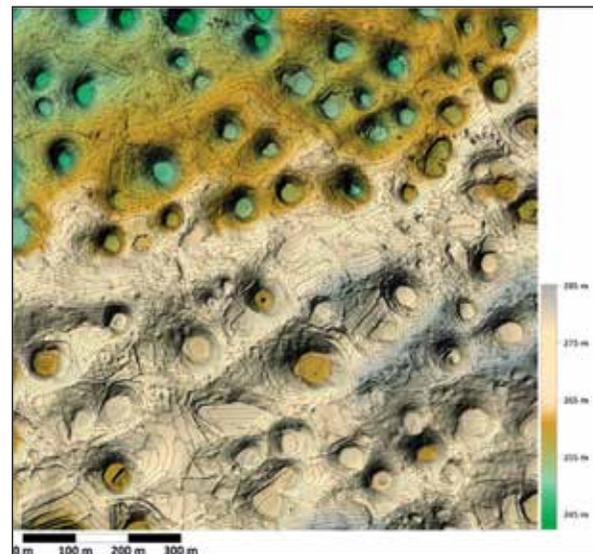


Figura 3.5.4: Lo stagno di Percedol-Prčendol sul fondo della omonima dolina, nei pressi di Opicina-Opčine (Foto: Furio Finocchiaro)

Figura 3.5.5: DEM dell'area del Lipiški Ravnik nel settore sud orientale del Carso. Si osservano doline caratterizzate da fianchi acclivi e fondi antropizzati subpianeggianti. In alcune doline le terre rosse sono state escavate e riportate. Le isoipse hanno un'equidistanza di 1 m (modificato da: Mihevc & Mihevc, 2021)

Fra Sistiana e Basovizza, si rinvengono alcune grandi doline la cui genesi potrebbe essere legata ad antichi collassi di volta di cavità poi evoluti con l'allargamento dei fianchi per dissoluzione e graviclastismo.

Nella zona pianeggiante tra Aurisina e Basovizza le numerosissime doline hanno dimensioni diverse in diametro e in profondità a seconda della loro genesi (dissoluzione e crollo) ed età (evoluzione).

Un'elevata concentrazione di questi morfotipi (frequenza maggiore di 40 per km²) si riscontra nell'ampio altopiano di Doberdò, fra Gorizia e Monfalcone. In quest'area posta ad un'altitudine compresa tra i 100 e i 200 m s.l.m., si rileva un elevatissimo numero di doline poco profonde e simili per estensione, con un diametro medio compreso tra 50 e 80 m.

Osservando il Carso nel suo insieme, sebbene le doline siano presenti un po' dappertutto (Figura 3.5.5), esse rappresentano meno del 10% della superficie totale (esclusa la parte collinare del Carso).

L'interpretazione genetica del Carso e in particolare dei rilievi è resa complicata dal fatto che l'antica superficie è stata completamente smantellata dai processi carsici tanto che anche sulle sommità dei rilievi si rilevano grotte scoperciate così come doline di crollo.



A parte le già citate superfici livellate, nell'area del geoparco non sono presenti altre forme carsiche di grandi dimensioni, se non l'uvala Senadolska Dolina o Dol presso Senadolice (Figura 5.3.6). Questa è una depressione carsica chiusa allungata in direzione sud-est nord-ovest, lunga poco più di 5 km, e larga oltre un chilometro, sul cui fondo si trovano spesso doline di forma regolare. È aperta a nord-ovest, dove curva leggermente verso una piana posta a quote inferiori di quasi 100 metri. La genesi può essere ricondotta alla dissoluzione accelerata lungo la fascia esterna non cataclasata della Faglia del Raša rispetto alla più lenta dissoluzione della zona interna argillosa e cataclasata. Potrebbe tuttavia essere semplicemente un residuo dell'antica valle cieca che drenava le acque dall'adiacente area a substrato torbiditico (flysch), oggi completamente erosa.

Carso di contatto carsico e valli cieche

Nell'area carsica, l'inghiottitoio più famoso è quello del fiume Reka (Timavo Superiore), che sprofonda alla fine della grande valle di Vreme nelle Grotte di Škocjan (Figura 3.5.7). Altri piccoli inghiottitoi si trovano presso Dane e Senožeče. Nei pressi di Kozina è presente quella che può essere considerata una valle cieca fossile: la valle di Vrhpolje. Tuttavia, le più note e tipiche valli cieche sono quelle lungo il versante nord-orientale del Matarsko Podolje sul confine sud-orientale del Carso Classico.

Sebbene nel Carso Classico vi siano alcune valli secche più piccole, spesso ancora attive e più o meno incise, due sono le più estese ed evidenti. La valle di Pletni Dol (Mali Dol) (Figura 3.5.8), nel settore centrale attraversa il Carso Classico tra la Valle Branica e il Brestoviški Dol, mentre il più pronunciato e grande Vallone di Doberdò-Doberdovski Dol attraversa il Carso isontino tra la valle del Vipava e Monfalcone.

La genesi di queste valli secche è ancora dibattuta. Alcuni autori ritengono che queste siano ciò che resta di antichi alvei fluviali, altri ritengono che possano essere la traccia di antiche grotte scoperte originatesi dall'abbassamento della superficie carsica, altri invece suggeriscono che siano il risultato dell'interconnessione di diverse depressioni carsiche come polje, grotte e uvala.



Figura 3.5.6: L'uvala Senadolski Dol nei pressi di Senadolice nel settore sud orientale del Carso si sviluppa con orientamento nord-ovest sud-est in corrispondenza della faglia del Raša (Foto: Bojan Otoničar)

Figura 3.5.7: La valle cieca del fiume Reka (Timavo Superiore) e l'inghiottitoio delle Grotte di Škocjan. Si noti verso nord-ovest la superficie spianata del Carso (parte centrale della figura) e il paesaggio collinare sullo sfondo (Foto: Matej Blatnik)



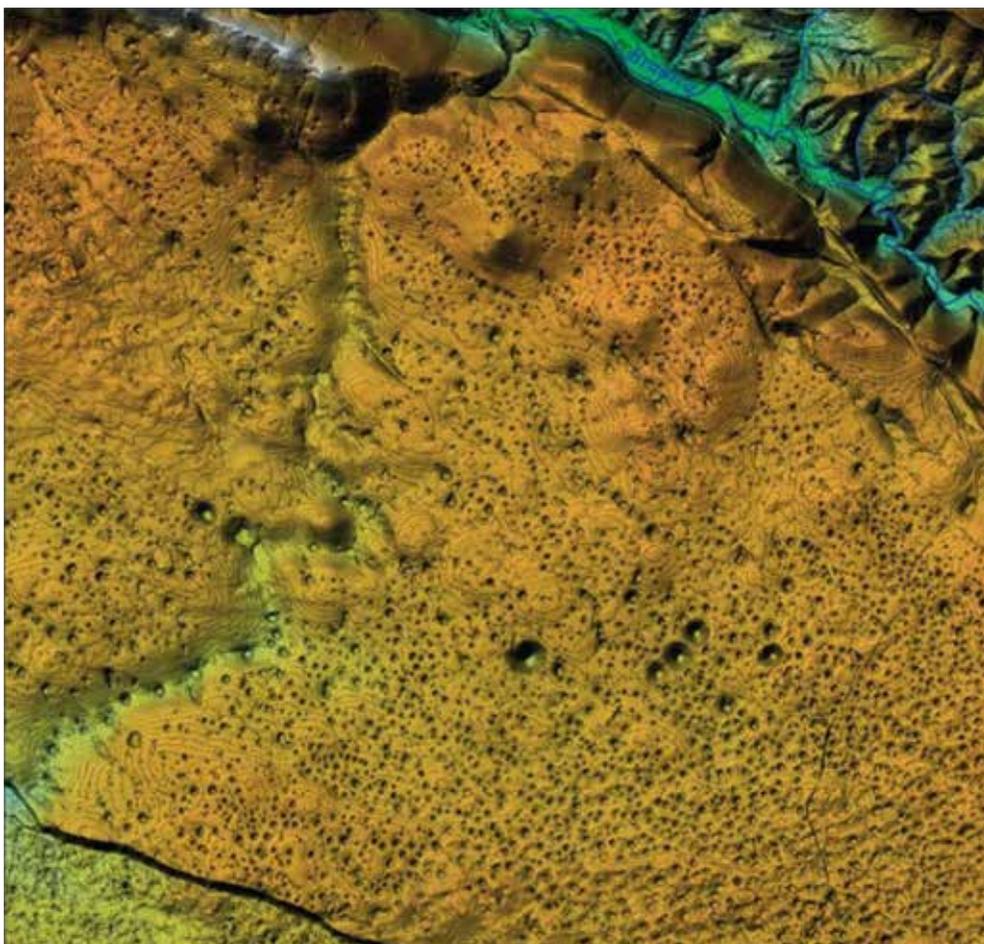


Figura 3.5.8: DEM della parte centrale dell'altopiano del Carso. Si possono osservare numerose doline e la valle secca di Mali Dol al cui interno sono presenti alcune doline. In basso a sinistra si può osservare la scarpata che si sviluppa in corrispondenza della faglia di Divača. Le isoipse hanno intervallo di 5 m (modificato da Mihevc & Mihevc, 2021)

Il già citato vallone Brestoviški Dol (Figura 3.5.9) è una depressione carsica sviluppatasi lungo la faglia regionale di Divača. È l'area del Carso sloveno posta alla minor quota topografica (solo poche decine di metri sul livello del mare) e dalla quale vengono estratte le acque che alimentano l'acquedotto sloveno.



Figura 3.5.9: Il vallone Brestoviški Dol nel settore nord orientale del Carso. Si noti il ripido fianco nord orientale della depressione (sulla sinistra dell'immagine) legato alla faglia di Divača (Foto: Matej Blatnik)

Figura 3.5.10: ►
La valle fluvio carsica del Torrente Rosandra-Glinščica (Foto: Furio Finocchiaro)

La fluvio carsica Val Rosandra-Glinščica

“La Valle”, come la chiamano i triestini, si apre all'estremo versante orientale dell'altopiano del Carso Classico (Figura 3.5.10). È una valle a forma di canyon scavata nei calcari cenozoici dal torrente Rosandra-Glinščica e rappresenta un raro esempio di valle fluviale carsica con idrologia superficiale.

Il torrente Rosandra-Glinščica scorre per alcuni chilometri in territorio sloveno sulle torbiditi del flysch eocenico, erodibili ma non carsificabili, ricevendo in destra e sinistra idrografica alcuni corsi d'ac-



qua temporanei. All'altezza del piccolo abitato di Bottazzo-Botač inizia il suo percorso sui calcari che lo porta a scavare una profonda forra dalla morfologia dei versanti e dall'andamento fortemente condizionati dalla tettonica e dalle variazioni litologiche. Il carsismo ipogeo è particolarmente sviluppato con la presenza di oltre 100 cavità talvolta con sviluppi superiori ai 100 m. In particolare, all'interno del monte Stena, in destra orografica, si sviluppa un sistema ipogeo di cavità, estese anche per alcuni chilometri, articolato e attivo su più livelli. Tra queste una delle più belle e interessanti è la Grotta Savi (n. CSR 5080) ricca in speleotemi il cui studio ha permesso di comprendere come la loro crescita e il loro sviluppo siano guidati dai cambiamenti climatici.

Le peculiari condizioni climatiche e geomorfologiche della Valle e la sua posizione geografica ne fanno un habitat speciale e importante. Ricordiamo che nei tempi passati era la principale via di comunicazione fra mare e interno, percorsa già in epoca preistorica perché

utilizzata per trasportare il sale dalla costa ai paesi dell'entroterra. Grotte con resti preistorici, ruderi di castelli e fortezze, mulini, pievi, ruderi dell'acquedotto romano e cave abbandonate testimoniano gli intensi e antichi insediamenti nella zona.

Carso costiero

Lungo la costa tra Aurisina Mare e il Villaggio del Pescatore, affiorano con continuità calcari intensamente carsificati. La costa moderatamente digradante fino a Sistiana diventa un'alta scogliera fino al porticciolo di Duino e gli strati calcarei divengono da molto inclinati a subverticali se non rovesciati (Figura 3.5.11). L'aerosol marino e le miscele acqua dolce – acqua di mare contribuiscono allo sviluppo di tutte le morfologie carsiche epigee caratteristiche, esaltandone la frequenza e la forma. Lungo la linea di costa si può osservare un evidente solco di battente e la presenza di cavità e sorgenti. Il contrasto cromatico di roccia, mare e vegetazione crea in ogni stagione un pa-



Figura 3.5.11: La falesia di Duino-Devin (Foto: Rodolfo Riccamboni)

esaggio unico e affascinante reso ancor più accattivante dalle minute morfologie carsiche.

Cavità

Nell'area del geoparco sono state esplorate quasi 5.000 cavità: più di 3.000 in Italia e quasi 1.800 in Slovenia. I dati descrittivi delle cavità slovene sono conservati nel catasto delle grotte dell'Associazione Speleologica Slovena, gestita e diretta dall'Istituto di ricerche carsiche (Inštitut za raziskovanje Krasa, ZRC SAZU) di Postojna, quelli italiani nel Catasto speleologico regionale della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia gestito dal Servizio geologico regionale in collaborazione con la Federazione Speleologica Regionale del Friuli Venezia Giulia, che lo ha messo in rete.

Questa realtà spiega in parte la differenza numerica fra cavità catastate: in Slovenia solo le grotte più estese di 10 metri sono registrate nel catasto, mentre in Italia l'estensione catastabile è ridotta a 5 metri.

Dal punto di vista statistico, circa il 45% delle cavità ha sviluppo prevalentemente sub-orizzontale mentre il 30% ha sviluppo prevalente verticale. Le cavità restanti, il 25%, hanno morfologia complessa, con tratti sub-orizzontali o poco inclinati che si alternano e intersecano con tratti sub-verticali.

Complessivamente solo una decina di cavità hanno estensione maggiore di 1 km.

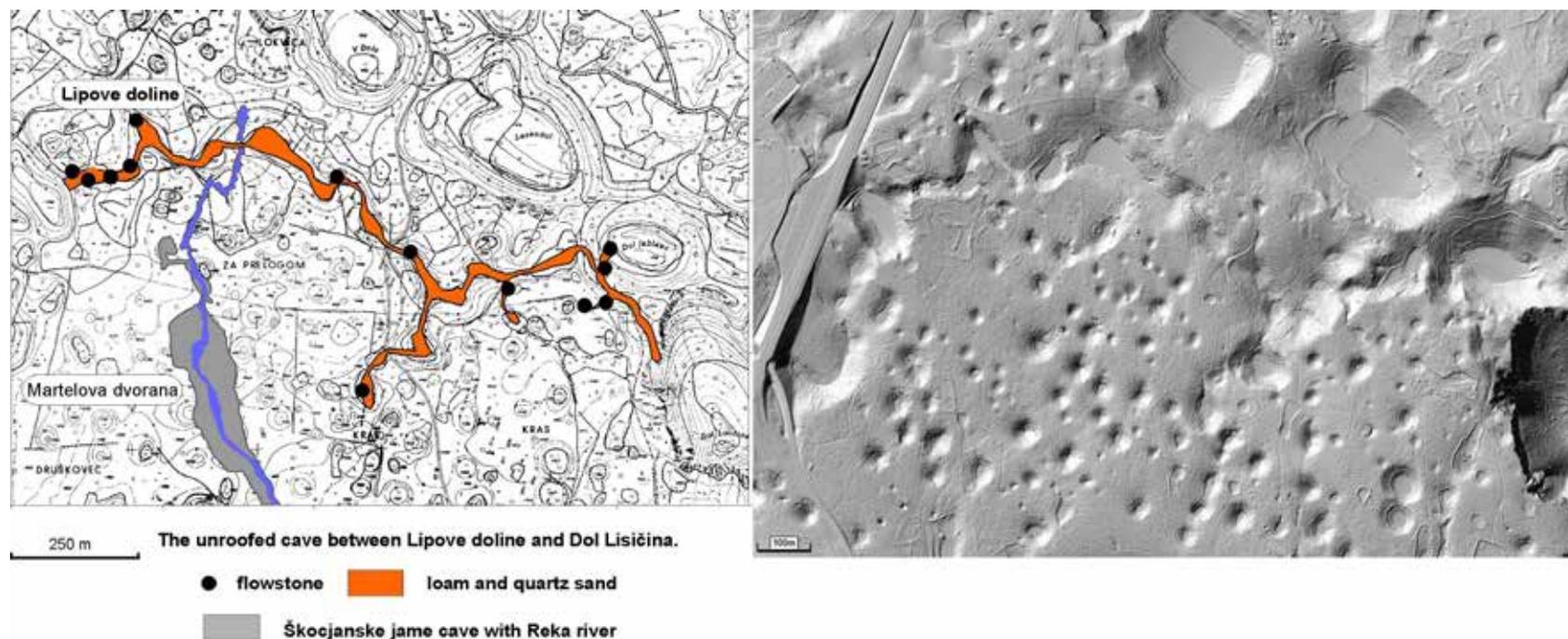
La cavità esplorata più estesa in assoluto è la Kačna Jama (Abisso dei Serpenti) con 20.200 m di sviluppo planimetrico, la più profonda è la grotta Claudio Skilan, con ingresso a quota 389 m s.l.m. e fondo a 11 m s.l.m. per 378 metri di sviluppo in verticale.

Nel Carso sono presenti grotte che si sono formate principalmente in condizioni freatiche o epifreatiche. In questo contesto l'area carsica compresa tra l'inghiottitoio delle Grotte di Škocjan, Divača e Sežana-Opicina rappresenta un territorio unico e di valenza internazionale. Gli oltre 200 anni di studi ed esplorazioni svolte in quest'area hanno permesso di comprendere l'evoluzione geologica e idrodinamica di questo particolare carso di contatto. Le grotte più profonde di quest'area raggiungono la zona freatica e/o epifreatica e durante i periodi di piena, parte dei vani che le costituiscono, sono completamente allagati. I grandi condotti freatici si connettono alla superficie grazie ad inghiottitoi e doline di crollo, come nel caso delle Grotte di Škocjan o tramite imponenti pozzi e/o tratti di gallerie fossili come nel caso della Kačna Jama, del sistema Brezno v Stršinkni Dolini - Jama Sežanske Reke, dell'Abisso di Trebiciano-Labadnica o della Grotta di Lazzaro Jerko. Al di sopra della zona freatica si trovano diverse cavità a galleria o grandi sale che sono la testimonianza di antichi livelli freatici ormai non più percorsi dalle acque generatisi in un contesto ambientale completamente differente rispetto all'attuale. Esempi di tali grotte sono: Divaška Jama, Vilenica, Jakofčičeva Jama, Gustinčičeva Jama v Blažčevi Dolini, Lp2 (presso Lipica), Lipiška Jama, Škamprlova Jama, Grotta Claudio Skilan, Grotta di Padriciano-Pečina pri Salcerju, Grotta Impossibile, Grotta Lindner-Lesičja luknja, Grotta Gigante-Briška Jama, Grotta delle Torri di Slivia-Pejca v Lazcu, Grotta Noè- Pečina v Rubijah. L'accesso a queste gallerie freatiche "fossili" avviene attraverso pozzi più o meno articolati o gallerie inclinate. In alcuni casi le cavità sono così vicine alla superficie che i processi di erosione e corrosione smantellando la superficie

Figura 3.5.12: L'ingresso della Grotta Azzurra-Zidarčeva pejca, tipico esempio di grotta scoperchiata (Foto: Furio Finocchiaro)



Figura 3.5.13:
Carta topografica con
ubicazione della grotta
scoperchiata della
dolina Lipove sopra le
grotte di Škocjan (da
Mihevc 2001) (a sinistra)
e modello digitale del
terreno della stessa area
(Agencija RS za okolje -
Slovenian Environment
Agency) (a destra)



topografica le hanno in parte intercettate. Si generano così quelle che vengono chiamate le grotte scoperchiate (si veda il cap. 2) che rappresentano ciò che rimane di un antico percorso delle acque sotterranee, ma che oggi a tutti gli effetti, con le loro forme, diventano parte peculiare del paesaggio esterno (Figura 3.5.12).

È possibile individuarle per la presenza in superficie di tipici morfotipi (trincee, depressioni meandreggianti, ...) o di depositi tipici di grotta come, ad esempio, le stalagmiti rinvenute nella Lipova dolina presso le Grotte di Škocjan (Figura 3.5.13) o a Borgo Grotta Gigante, oppure le grotte scoperchiate nei pressi di Povirje o di Sežana. Si sarebbe indotti a credere che le grotte scoperchiate trovandosi in superficie siano le forme ipogee più antiche presenti sul Carso, ma bisogna tenere in considerazione che il carsismo può operare contemporaneamente anche a profondità differenti e quindi grotte che oggi osserviamo a profondità differenti potrebbero essersi generate nello stesso momento. Inoltre i processi tettonici congiuntamente a quelli di abbassamento della superficie topografica per erosione/corrosione hanno intensità differenti da area ad area e quindi com-

plicano notevolmente la collocazione temporale dei diversi morfotipi che possiamo rilevare. Studi effettuati sulla Grotta Grofova hanno permesso di datare i sedimenti rinvenuti al suo interno ad oltre 10 milioni di anni, e portano così a ritenere che le aree dei monti Tabor, Lanaro ed Ermada assieme alle grotte scoperchiate siano le forme ipogee più antiche.

Le grotte maggiormente presenti sul Carso sono però quelle a pozzo che possono essere delle forme subverticali indipendenti o possono connettersi i tratti suborizzontali a galleria. Tra i pozzi più imponenti si ricorda il pozzo di ingresso alla Kačna Jama, profondo 186 m, che si apre sul fondo di un'estesa dolina, l'Abisso della volpe con i suoi 181 m e il Lipiško Brezno, che con i suoi 210 m rappresenta il più profondo pozzo verticale singolo esplorato sul Carso Classico.

La genesi dei grandi pozzi del Carso non è ancora del tutto certa, poiché non è chiaro se si siano originati in un contesto vadoso per infiltrazione e percolazione di acqua dalla superficie o in un contesto freatico rappresentando tratti subverticali del reticolo ipogeo formatosi in condizioni di pieno carico.

3.6 L'idrogeologia dell'area del geoparco

L'acquifero del Carso Classico

Ogni qual volta si passeggia lungo l'altipiano del Carso si rimane stupiti dall'unicità e dalla varietà dei paesaggi che ci circondano. Talvolta bastano pochi passi per passare da boschi ad aride pietraie, da guglie e torrioni a voragini e depressioni, da morbidi prati ad impervi pavimenti calcarei. Tutto racconta una storia lunga milioni di anni nei quali l'acqua, come un infaticabile scultore, ha modellato ogni affioramento roccioso rendendolo originale e unico. Acqua che però rimane solo per brevi periodi in superficie. L'estesa rete discontinuità (fratture, piani di stato, faglie...), allargate ed ampliate dal fenomeno carsico, permette una facile infiltrazione e un veloce accumulo delle acque in profondità, dando vita ad uno degli acquiferi più importanti e produttivi dell'intera area mediterranea (un acquifero è una formazione geologica permeabile sufficientemente estesa da consentire l'accumulo e il trasferimento di consistenti masse d'acqua).

Simbolo di questo acquifero sono le sorgenti del Timavo, che con la loro portata media di 30 m³/s rappresentano la più importante sorgente dell'area del geoparco e del Friuli Venezia Giulia.

Ma da dove proviene tutta quest'acqua? E perché fuoriesce proprio in questo punto?

Per rispondere a questa domanda ci viene in aiuto la geologia.

Come già descritto nei capitoli precedenti, sul Carso Classico sono presenti due diverse litologie: le rocce carbonatiche (calcari

e in parte dolomie) e quelle silico-clastiche, qui rappresentate dal flysch (alternanza di marne e arenarie in cui prevale la componente silicatica su quella carbonatica). Queste due unità geologiche hanno caratteristiche idrogeologiche differenti ed influenzano le modalità di ricarica e di deflusso nell'acquifero. Le prime infatti sono estremamente carsificate, e facilitano l'infiltrazione e il drenaggio ipogeo (alta permeabilità), le seconde invece non sono carsificate, favoriscono la circolazione superficiale e rappresentano una barriera al deflusso sotterraneo (bassa permeabilità).

Osservando la carta idrogeologica (Figura 3.6.1) si nota come il flysch sia presente in modo quasi continuo tanto nel settore settentrionale

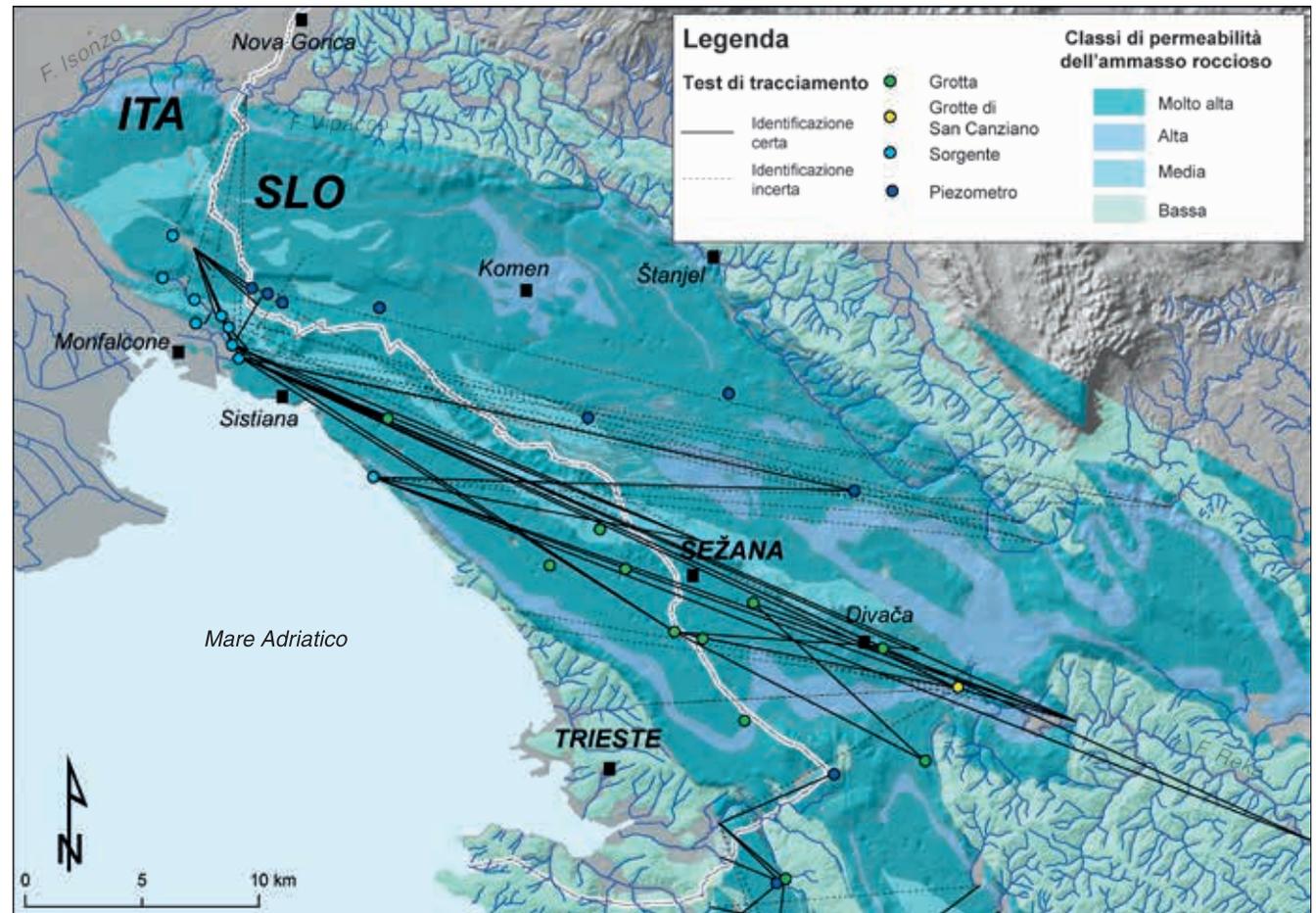


Figura 3.6.1: Carta idrogeologica del Carso Classico (modificato da Zini et al., 2022)

quanto in quello orientale del Carso Classico, quasi circondandolo. La sua presenza è una barriera idrogeologica che favorisce l'accumulo delle acque nei calcari e il deflusso ipogeo verso nord ovest fino al settore in corrispondenza dell'area compresa tra Aurisina-Nabrežina e Monfalcone dove la barriera viene a mancare e le acque sotterranee possono riemergere in numerose sorgenti e riversarsi a mare.

La ricarica dell'acquifero

L'acquifero è alimentato principalmente da tre distinti contributi: le piogge, le acque dei fiumi Reka e Raša e i travasi della falda della pianura isontina (Figura 3.6.2).

Data l'estensione dell'altopiano carsico e le cospicue piogge che insistono su questa regione, le precipitazioni rappresentano il principale

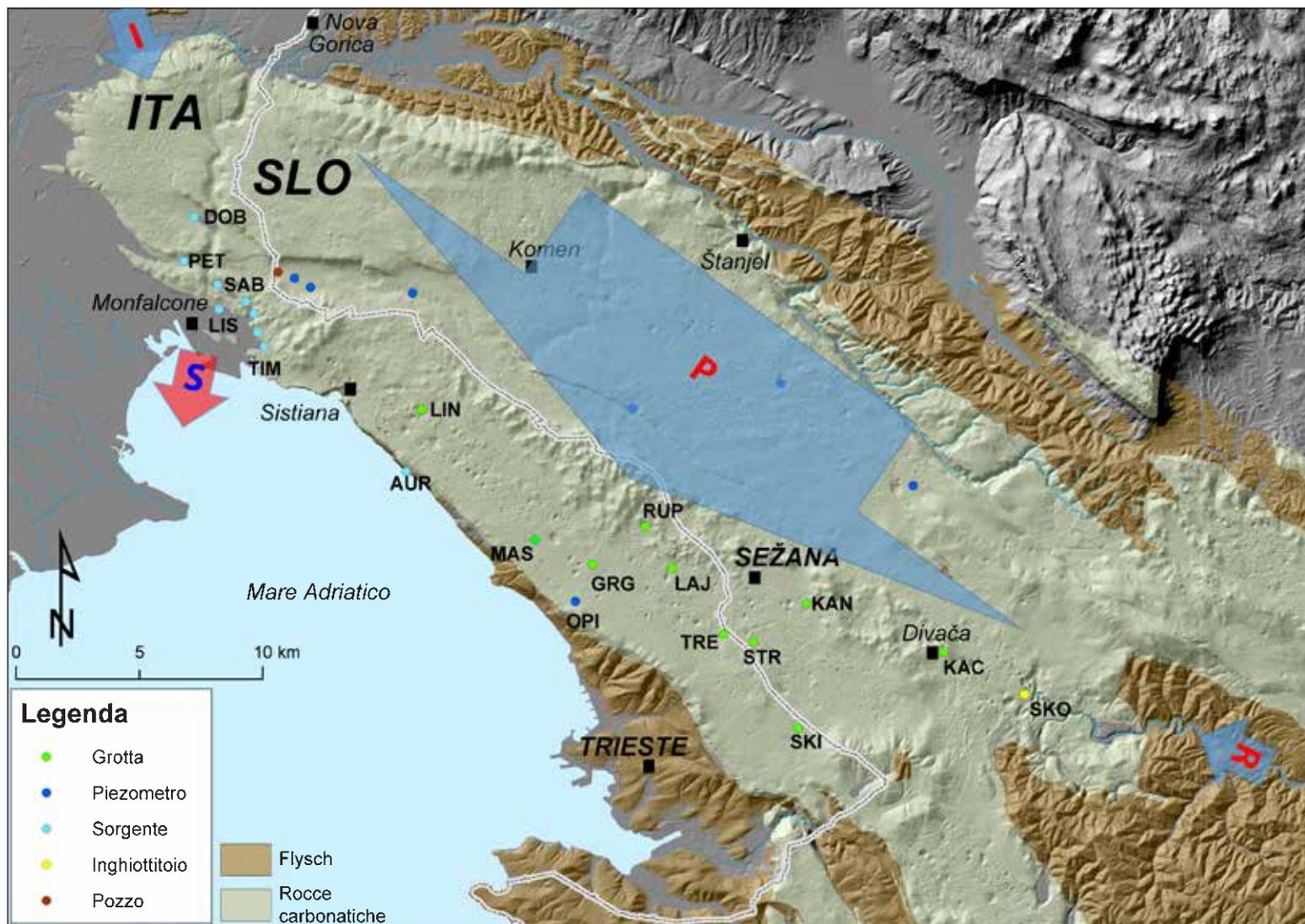


Figura 3.6.2: L'idrostruttura del Carso Classico con i principali punti d'acqua: SKO Grotte di Škocjan, KAC Kačna jama, KAN Jama 1 v Kanjadučah, SKI Grotta Claudio Skilan, STR Brezno v Stršinkni dolini - Jama Sežanske Reke, TRE Abisso di Trebiciano-Labadnica, LAJ Grotta Lazzaro Jerko, GRG Grotta Gigante-Briška jama, RUP Abisso di Rupingrande, OPI piezometro di Opicina, MAS Abisso Massimo, LIN Grotta Lindner-Lesičja luknja, AUR sorgenti di Aurisina, TIM Sorgenti del Timavo, LIS sorgenti del Lisert, SAB lago di Sablici, PET lago di Pietrarossa e DOB lago di Doberdò. Le frecce blu identificano i diversi contributi all'alimentazione dell'acquifero e la freccia rossa la portata media degli apparati sorgentiferi (modificato da Zini et al., 2022)



Figura 3.6.3: L'inghiottitoio di Vreme durante un esperimento di tracciamento delle acque con l'uso di fluoresceina (colorante verde fluorescente) (Foto: archivio del Dipartimento di Matematica e Geoscienze – Università degli Studi di Trieste)

contributo all'alimentazione dell'acquifero del Carso Classico che si trova in un'area di transizione tra il clima mediterraneo e quello continentale ove la piovosità media varia da circa 1000 mm/anno lungo la costa ai 1800 mm/anno all'interno e a valori superiori ai 2000 mm/anno nel bacino del Reka. Grazie all'intensa e diffusa carsificazione della massa rocciosa, alla scarsa copertura vegetale e spesso all'assenza di suoli, in superficie non si genera un reticolo idrografico, ma le acque piovane si infiltrano rapidamente e vanno ad alimentare la falda di fondo.

Un ulteriore contributo si osserva nel settore nord-occidentale del Carso tra gli abitati di Miren e Sagrado, dove le acque dei fiumi Isonzo-Soča e Vipava e della falda da loro alimentata, sono a diretto contatto con i calcari. In quest'area una serie di inghiottitoi superficiali e sotterranei permette il travaso delle acque superficiali e di falda in sinistra verso l'acquifero carsico. Le acque si infiltrano in numerosi punti e in questo modo hanno creato un articolato reticolo ipogeo che porta le acque sotterranee verso l'area sorgentifera compresa tra il lago delle Mucille-Močile e le sorgenti del Timavo.

Il contributo all'alimentazione dell'acquifero dovuto ai corsi d'acqua Raša e Notranjska Reka (Timavo Superiore) è quello più interessante dal punto di vista idrodinamico. Questi corsi d'acqua scorrono in superficie fin tanto che transitano sul flysch, ma quando raggiungono i calcari una serie di inghiottitoi ne drenano le acque in profondità. Le portate del Raša sono relativamente modeste e anche per lunghi periodi l'alveo rimane in secca, mentre quelle del Reka sono decisamente importanti e rappresentano mediamente più di un quarto della ricarica dell'intero acquifero carsico.

Il Reka-Timavo

Il fiume Notranjska Reka, chiamato Timavo Superiore in italiano, nasce alle pendici del monte Dletvo al confine tra Slovenia e Croazia. Scorre per oltre 50 km su terreni in flysch finché passa sui calcari circa 7 km a monte delle Grotte di Škocjan. In questo tratto del fiume il processo carsico è attivo e il Reka perde parte delle acque che si infiltrano in subalveo, fenomeno particolarmente eclatante nei pressi di Gornje Vreme dove nei periodi di magra tutte le acque del Reka vengono inghiottite e l'alveo a valle è secco (Figura 3.6.3).

Quando la portata è superiore a circa $1 \text{ m}^3/\text{s}$ l'inghiottitoio di Vreme non riesce a catturare tutte le acque del fiume e si ha un flusso continuo fino alle Grotte di Škocjan, che inghiottono tutte le acque del fiume. Il Notranjska Reka entra nelle grotte di Škocjan, lunghe complessivamente più di 6 chilometri, alla quota di 317 m s.l.m., attraversa alcune doline di crollo molto profonde (la Mala dolina ha 120 metri di profondità e la Velika dolina ne ha più di 165) e dopo aver percorso i circa 3,5 chilometri di una gigantesca forra larga da 10 a 60 m e alta fino a oltre 100 m scompare nel sifone, ancora inesplorato, del Lago Morto a 212 m s.l.m.

Il Notranjska Reka ha una portata estremamente variabile, compresa tra gli oltre $380 \text{ m}^3/\text{s}$ in piena e i $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$ in magra. Le portate possono essere così elevate che talvolta i condotti sotterranei non riescono a drenare tutte le acque che si inabissano e la falda del Carso si innalza repentinamente, allagando tratti di grotte che solitamente sono inattivi. L'aria nelle cavità viene espulsa repentinamente dando vita a quelli che nell' '800 furono chiamati con il termine tedesco "luftloch" (buco soffiante) (Figura 3.6.4). Proprio grazie a questi punti sono state scoperte ed esplorate alcune delle cavità che, assieme

al complesso ipogeo Brezno treh generacij - Kačna jama (Abisso delle tre generazioni - Abisso dei Serpenti), permettono di osservare il corso sotterraneo del Reka-Timavo: Jama 1 v Kanjaducah (Grotta di Kanjaduce), Stršinkna Dolina-Jama Sežanske Reke (Abisso presso la dolina Stršinkna-Jama Sežanske Reke), l'Abisso di Trebiciano-Labadnica e la Grotta meravigliosa di Lazzaro Jerko.

Kačna jama (Abisso dei Serpenti) è un grandioso complesso ipogeo che si sviluppa nei calcari cretaci circa 1 km ad ovest dell'abitato di Divača e circa 800 m a ovest del Lago Morto. L'abisso si apre a quota 436 metri s.l.m. e si presenta con un pozzo di accesso profondo 186 metri che conduce ad un sistema più vasto di gallerie distribuite su due livelli fino a raggiungere una profondità di 280 m.

Il livello superiore è idrogeologicamente inattivo ma riccamente concrezionato. Il livello inferiore, a cui si accede dal livello superiore attraverso una serie di pozzi e gallerie, si sviluppa sub-orizzontalmente e consiste in un articolato sistema di condotte dove, in condizioni sia di magra che di morbida, scorre a pelo libero il Reka-Timavo fino ad un sifone posto alla quota di 156 m s.l.m. Il sifone riesce a drenare una portata massima di 15 m³/s. Per portate superiori il livello dell'acqua nella cavità si innalza e si attivano una serie di condotti di troppo pieno solitamente privi di flusso che riescono a drenare portate fino ai 130-150 m³/s. Per portate superiori il livello delle acque aumenta ulteriormente e inizia ad allagarsi anche la forra delle grotte di Škocjan.

Nel 2010 è stata scoperta la grotta Brezno treh generacij (Abisso delle tre generazioni), che si collega con le gallerie nuove della Kačna jama, formando così un sistema ipogeo di oltre 20 km di sviluppo. Il suo nome lo deve al fatto che nei lavori di disostruzione della cavità

sono state ritrovate tracce di vecchie opere di scavo probabilmente realizzate alla fine dell'Ottocento.

Cinque chilometri a valle della Kačna jama si trova la grotta Jama 1 v Kanjaducah. Si tratta di una cavità profonda 330 metri con uno sviluppo di 1,5 km. Sul fondo alla quota di circa 20 metri s.l.m. è presente un ampio condotto (600 m di lunghezza per 50 di larghezza e 60 d'altezza) in cui scorrono le acque del Reka-Timavo. Dopo ulteriori

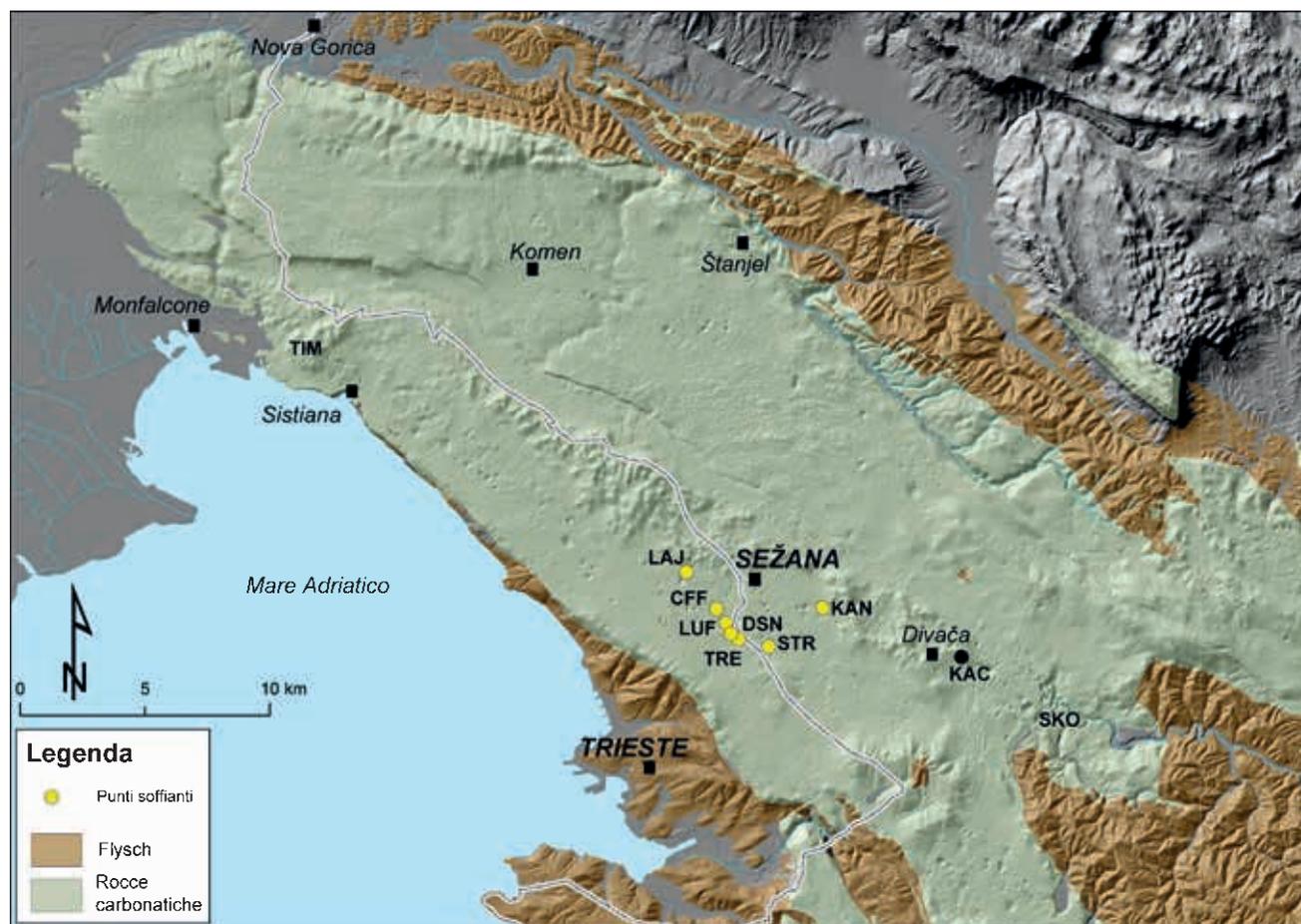


Figura 3.6.4: "Luftloch" o buchi soffianti. SKO Grotte di Škocjan, KAC Kačna jama, KAN Grotta Jama 1 v Kanjaducah, STR Grotta Brezno v Stršinkni dolini - Jama Sežanske Reke, TRE Abisso di Trebiciano - Labadnica, DSN Dolina dei Sette Nani, LUF Grotta Luftloch, CFF Pozzo presso il casello ferroviario di Ferneti - Grotta Decapitata, Abisso Nagasaki, LAJ Grotta Lazzaro Jerko



Figura 3.6.5: Il Reka-Timavo sul fondo dell'Abisso di Trebiciano-Labadnica (foto Alberto Maizan)

2,6 km si raggiunge il sistema ipogeo Jama Sežanske Reke - Brezno v Stršinkni dolini, sul fondo del quale le acque del Reka-Timavo scorrono a circa 15 m s.l.m. lungo un'ampia galleria. La grotta ha due entrate distinte: la prima Jama Sežanske Reke si apre a 354 m s.l.m. e conduce al sifone d'entrata, mentre la seconda, Brezno v Stršinkni dolini (344 m s.l.m.), permette di raggiungere il sifone d'uscita. Il sifone d'entrata è stato esplorato dagli speleosubacquei raggiungendo una profondità di 60 m. Da questa grotta, attraverso una serie di sifoni in parte ancora sconosciuti, si raggiunge l'Abisso di Trebiciano-Labadni-

ca. Questa è la grotta più nota tra quelle presenti sul Carso e ha avuto un ruolo decisivo nelle indagini sull'idrogeologia carsica, essendo divenuta un importante laboratorio scientifico sotterraneo già nel secolo scorso. Esplorata nel 1841 per oltre ottant'anni è stata considerata la grotta più profonda al mondo. Oggi ha uno sviluppo planimetrico complessivo di oltre 2400 m e una profondità di 370 m (Figura 3.6.5). Recenti esplorazioni speleosubacquee hanno accertato la presenza di ampi vani allagati che raggiungono i 40 m in profondità, quindi ben al di sotto del livello marino e diverse centinaia di metri in lunghezza.

L'ultima cavità che intercetta il corso del Timavo è la Grotta Meravigliosa di Lazzaro Jerko, che si apre a Col di Monrupino-Repentabor alla quota di 302 m s.l.m. e a 3,5 km a nord dell'Abisso di Trebiciano-Labadnica. La cavità è ad andamento prevalentemente verticale, con numerosi pozzi che conducono a due ampie caverne, sul cui fondo ad una quota di circa 4 metri s.l.m. scorre l'acqua.

La Lazzaro Jerko è l'ultima cavità nota nella quale si possa osservare direttamente il Timavo. Tutto ciò è dovuto, probabilmente, al fatto che a valle di questa cavità le principali vie di drenaggio del sistema ipogeo del Timavo si trovano al di sotto dell'attuale livello del mare e in condizioni di pieno carico. La connessione tra tutte queste

grotte con le sorgenti di Aurisina, Timavo e Sardos è stata confermata da una serie di marcature delle acque effettuate con diversi traccianti in più occasioni.

Durante i periodi di piena, e in concomitanza con l'aumento delle portate all'inghiottitoio di Škocjan, si verifica un veloce innalzamento (diverse decine di metri, fino ad oltre 100 m) del livello della falda carsica e un allagamento di vani terminali di alcune tra le cavità più profonde del Carso come gli abissi di Rupingrande e Massimo, le grotte Claudio Skilan e Federico Lindner, la Dolenca Jama e la Drča Jama.



Le sorgenti

Lungo la linea di costa da Aurisina-Nabrežina fino all'abitato di Monfalcone, dove il contatto calcari/flysch si trova a quote topograficamente poco elevate e spesso sotto il livello del mare, si osserva la presenza di numerose sorgenti che drenano le acque dell'acquifero del Carso Classico. Partendo da sud est, la prima fascia sorgentizia che si rileva è rappresentata dalle Sorgenti di Aurisina (Figura 3.6.6). Si tratta di 9 emergenze che si sviluppano su un fronte di circa 350 m, poste in prossimità del contatto calcari/flysch che in quest'area si trova in corrispondenza della spiaggia. Le acque oggi vengono raccolte in una trincea di drenaggio artificiale, posta parallelamente alla linea di costa, che dal 1857 al 1971 serviva l'acquedotto della città di Trieste.

Da Aurisina-Nabrežina Mare fino al Villaggio del Pescatore-Ribiško naselje sono rilevabili altre numerose fuoriuscite, spesso al di sotto del livello del mare e non sempre permanenti, con una portata complessiva media stimata di 0.5-1 m³/s e un deflusso estremamente variabile in funzione del regime. La principale di queste sorgenti è posta sotto il livello del mare a Ovest della Baia di Sistiana-Sesljan.

Nell'area più occidentale tra Doberdò-Doberdob e Monfalcone si osserva un articolato sistema di sorgenti, laghi carsici ed inghiottitoi, che danno vita a un sistema idrogeologico e un ecosistema unico (Figura 3.6.7).

Il lago di Doberdò-Doberdob rappresenta la più settentrionale di questa serie di laghi carsici che comprende anche quelli delle Mucille-Močile, di Pietrarossa-Prelosno e di Sablici-Sabeljsko. Queste depressioni, il cui fondo si trova a quote comprese tra 1 e 5 m s.l.m., permettono di portare alla luce le acque della falda carsica. In ognuno dei laghi sono presenti delle aree sorgentifere permanenti e degli inghiottitoi che regolano il regime delle acque. Durante i periodi di piena la portata delle sorgenti cresce velocemente e gli inghiottitoi talvolta non riescono a drenare tutta l'acqua che si riversa nei laghi, facendo impennare in poche ore il livello fino ad oltre 10 m.

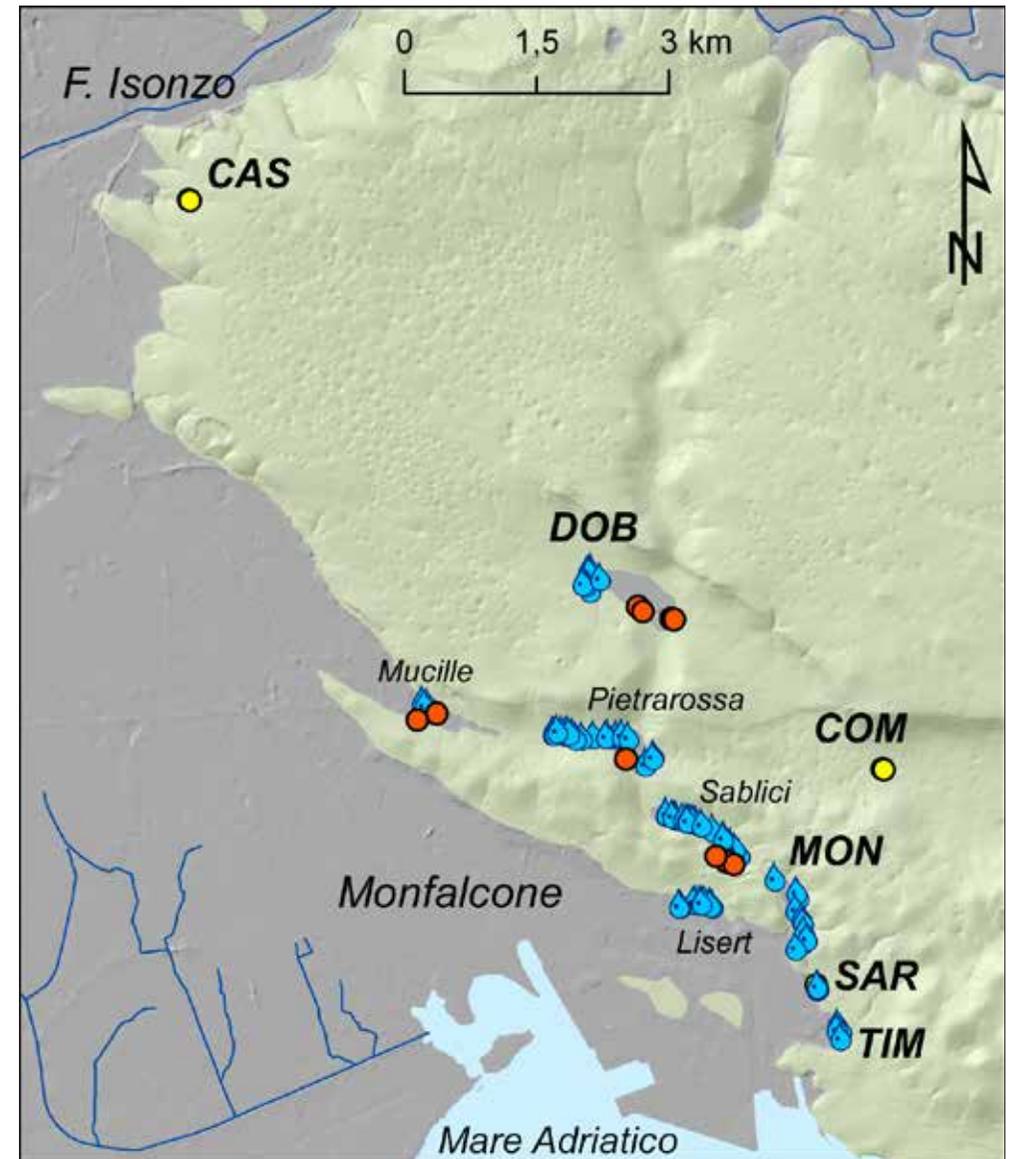


Figura 3.6.7: Sorgenti e punti acqua del settore occidentale del Carso Classico.

◀ Figura 3.6.6: Le sorgenti di Aurisina durante una piena: si notino le acque torbide che fluiscono attraverso l'arenile (Foto: archivio del Dipartimento di Matematica e Geoscienze – Università degli Studi di Trieste)



Questo comportamento caratterizzava tutta l'area fino agli anni '60. Successivamente la realizzazione dei canali di bonifica a Pietra-rossa-Prelosno e Sablici-Sabelsko ha modificato l'idrodinamica di quest'area limitando l'innalzamento del livello.

A San Giovanni di Duino-Štivan si incontrano le sorgenti del Timavo, che rappresentano la principale emergenza del Carso Classico. Consistono in quattro polle raccolte in tre rami che confluiscono in un unico canale che dopo 3 chilometri sbocca nel mare, nel Golfo di Monfalcone. Dai tre rami delle sorgenti si diparte un complesso e articolato reticolo di ampi condotti che, raggiungono la profondità di 83 m ed uno sviluppo di oltre 1500 metri.

L'area sorgentifera comprende oltre alle sorgenti del Timavo anche le sorgenti Sardos (Figura 3.6.8) e fin dal 1929 è stata interessata da diverse opere di captazione delle acque per l'approvvigionamento idrico della città di Trieste.

L'idrodinamica dell'acquifero

Le sorgenti del Timavo rappresentano lo snodo centrale dell'idrogeologia di tutto il Carso Classico, in quanto drenano la maggior parte delle acque che alimentano l'acquifero. In questo punto confluiscono con regimi differenti sia le acque del Reka, sia quelle che provengono dai fiumi Isonzo-Soča e Vipacco-Vipava, sia quelle legate alle precipitazioni dell'intero Carso Classico.

Ogni piena ha comunque un comportamento unico, in quanto il deflusso delle acque all'interno dell'acquifero è legato non solo all'entità delle piogge, ma anche alle condizioni idrogeologiche antecedenti il singolo evento (condizioni di magra, di piena, di morbida prolungate o non, ...) e alla distribuzione delle precipitazioni sul territorio.

Le acque del Reka, che vengono inghiottite a Škocjan, influenzano tutto il settore orientale del Carso fino all'area di Duino-Devin. Nel loro percorso sotterraneo si miscelano con le acque delle precipitazioni che si infiltrano sull'altipiano e infine emergono in tutte le sorgenti costiere da Aurisina-Narežina fino a San Giovanni di Duino-Štivan (Figura 3.6.9).

In occasione delle piene più intense si attivano dei condotti, solitamente pensili, che portano queste acque a fluire anche dalla sor-



Figura 3.6.9: Il terzo ramo del Timavo in regime di piena (Foto: Luca Zini)

gente Sardos. Le acque del Reka però non riescono a raggiungere il settore più occidentale del carso (Carso isontino) dove prevalgono altri contributi.

Le acque che fluiscono nel Carso isontino, infatti, sono alimentate fundamentalmente da due apporti: le acque disperse dai Fiumi Isonzo-Soča e Vipacco-Vipava e le acque di precipitazione che si infiltrano in quest'area. Le acque del sistema Isonzo-Vipacco sono la principale fonte di alimentazione di questo settore del Carso Classico e sostengono le portate di tutte le sorgenti dalle Mucille-Močile al canale di Moschenizza-Moščenice. Durante i periodi di forte magra, quando le portate del Reka in Slovenia sono molto basse (poche centinaia di litri al secondo) anche la sorgente del Timavo, sono in gran parte alimentate da questa risorsa.

In questo quadro la sorgente Sardos rappresenta il punto di contatto tra il sistema occidentale alimentato dal sistema Isonzo-Soča/Vipacco-Vipava e quello orientale legato al Reka/Timavo e in funzione dei diversi regimi idrogeologici si osserva il prevalere di un contributo rispetto ad un altro o la loro miscelazione.

◀ Figura 3.6.8 La sorgente Sardos (Foto: Luca Zini)



LA GEODIVERSITÀ RACCONTATA ATTRAVERSO LE IMMAGINI: LE ATTRAZIONI GEOLOGICHE DEL GEOPARCO

4.1 Geodiversità e geositi del geoparco: introduzione

La geodiversità viene definita, analogamente alla biodiversità, come la diversità degli elementi abiotici della natura, includendo minerali, rocce, sedimenti, fossili, forme del paesaggio, rilievi, processi geologici, geomorfologici e idrologici.

Nel settimo punto della Dichiarazione sui diritti della memoria della Terra condivisa a Digne (Francia) nel 1991, viene evidenziato che “dobbiamo stare attenti alla necessità di preservare le nostre memorie – il nostro patrimonio culturale. È il momento di proteggere il nostro patrimonio naturale. Il passato del nostro Pianeta non è meno importante di quello dell’Uomo. È ora per noi di apprendere a proteggere il patrimonio della Terra e, nel farlo, imparare di più sul passato della Terra. Imparare a leggere questo “libro” del passato, scritto nelle rocce e nel paesaggio molto prima del nostro arrivo”.

Esiste perciò un patrimonio geologico rappresentato da quei luoghi che hanno un interesse scientifico e che permettono di comprendere la storia o l’evoluzione di un territorio. Questi luoghi, chiamati geositi, sono meritevoli di conservazione e valorizzazione e fanno parte di quello che chiamiamo patrimonio naturale cioè di quell’insieme di aspetti biotici e abiotici che contraddistinguono un territorio. Con queste premesse non c’è dubbio alcuno sul fatto che la geodiversità del territorio del Carso Classico rappresenti un’unicità, tanto da essere riconosciuta come simbolo universale dei fenomeni carsici di clima temperato. Inoltre, nel Carso, la geodiversità, oltre ad avere un suo proprio valore, è di supporto alla vita e quindi ha

una grande influenza sulla biodiversità e sulla sua evoluzione. Dagli aspetti microscopici degli organismi viventi a quelli macroscopici, la geodiversità è sempre presente.

In questo territorio, caratterizzato da tutti i tipi di forme carsiche epigee e ipogee, da un peculiare reticolo idrogeologico, da rari esemplari di fossili e da una lista molto lunga di particolarità naturalistiche, sono stati riconosciuti e selezionati 61 geositi, presenti nei catasti italiano e sloveno. Si tratta di luoghi iconici dove la geodiversità dell’area e il suo valore scientifico vengono esaltati, dove è possibile comprendere i fenomeni carsici e i processi geologici che li hanno formati.

In Italia, i geositi, sono catalogati e descritti nel Catasto dei Geositi del Friuli Venezia Giulia e curati dal Servizio Geologico regionale. Analogamente in Slovenia, queste zone di rilevante interesse naturale, sono presenti all’interno di un registro curato dall’Istituto della Repubblica di Slovenia per la Conservazione della Natura e sono protette dalla legge sulla Conservazione della Natura.

Sulla base di criteri scientifici e a seconda della loro importanza e unicità, i geositi sono stati classificati di interesse internazionale, nazionale, regionale e locale; a questa suddivisione viene poi associata la caratteristica prevalente, per cui un geosito può essere descritto ulteriormente come di interesse geologico (G), strutturale (GT), geomorfologico (GM), paleontologico (GP), idrogeologico (H) ed infine geomorfologico ed idrogeologico al tempo stesso (GM, H).

In Appendice 1, viene presentata la mappa con i geositi e la lista con una loro breve descrizione.

◀ *Figura 4.1.1. Il geosito Lago di Doberdò-Doberdob. L’area della Riserva naturale dei laghi di Doberdò-Doberdob e Pietrarossa-Prelosno è caratterizzata da un elevato livello di geodiversità (Foto: Roberto Valenti)*

4.2. La geodiversità in immagini

Tra tutti i geositi riconosciuti sul Carso Classico, di seguito ne verranno descritti brevemente i più rappresentativi, non solo per il particolare interesse scientifico, ma anche per quello geoturistico. L'ordine con cui vengono descritti è basato su un criterio geografico: da nord-ovest a sud-est.

4.2.1 I laghi carsici (geosito n. 3)

Il settore meridionale del Carso isontino è interessato da alcune linee tettoniche ad andamento WNW-ESE che danno origine a depressioni allungate (*polje*) occupate da quattro laghi direttamente alimentati dalle acque della falda carsica. Il *polje* più settentrionale e più esteso è il Lago di Doberdò-Doberdob; a meridione due modesti rilievi lo separano dal Lago di Pietrarossa-Prelosno e dai laghetti delle Mucille-Močile e di Sablici-Sabeljsko, posti rispettivamente ad ovest e a sud-est di Pietrarossa-Prelosno. I *polje* si aprono nei calcari, dolomie e brecce del Cretacico Inferiore-inizio del Cretacico Superiore, in cui la giacitura poco inclinata verso SE è localmente condizionata dalle faglie che hanno carattere prevalentemente trascorrente. Il *polje* del Lago di Doberdò è compreso fra la Faglia del Colle Nero (faglia di Jamlje) (Figura 4.2.1) ed una faglia minore connessa alla Faglia di Brestovica, gli altri tre sono condizionati da faglie minori e da uno dei lineamenti connessi alla Linea di Palmanova, la linea tettonica a carattere regionale lungo la quale la Piattaforma del Carso è sovrascorsa sulle torbiditi del flysch.

I laghi sono l'espressione dell'articolato sistema di sorgenti ed inghiottitoi, che danno vita al sistema idrogeologico dell'apparato sorgentifero che caratterizza il settore nordoccidentale del Carso Classico. Le acque che fluiscono nel Carso isontino sono alimentate da due apporti: le acque disperse dai fiumi Isonzo e Vipacco e le acque di precipitazione che si infiltrano nell'area. Le prime sono la principale fonte di alimentazione di questo settore del Carso Classico e sostengono le portate di tutte le sorgenti dalle Mucille-Močile al canale di Moschenizza-Moščenice. Durante i periodi di forte magra, quando le portate del Reka in Slovenia sono molto basse (poche centinaia di litri al secondo) anche le sorgenti del Timavo sono, in



Figura 4.2.1: Febbraio 2017, vista panoramica del Lago di Doberdò-Doberdob in un periodo di magra. Sullo sfondo a destra il monte Castellazzo con la scarpata dovuta alla Faglia del Colle nero (Foto: Chiara Calligaris)

gran parte, alimentate da questa risorsa. Durante i periodi di piena invece, si osserva un aumento del carico idraulico legato all'infiltrazione delle acque del Reka inghiottite a Škocjan e alle precipitazioni che interessano l'intera area carsica, che porta ad una maggiore influenza delle acque carsiche e timaviche rispetto a quelle isontine.

Il lago di Doberdò-Doberdob, il cui fondo si trova a quote comprese tra 4 e 5 m s.l.m., porta alla luce le acque della falda carsica, solitamente posta a 4,8 m s.l.m. e regolata da alcuni punti sorgentiferi e da parecchi inghiottitoi. Durante le piene la portata delle sorgenti cresce velocemente e gli inghiottitoi non riescono a drenare tutta l'acqua che fa innalzare il livello, durante le piene eccezionali, anche di 6 metri circa in poche ore. La velocità con cui la depressione si riempie e si svuota fa sì che spesso il fondo del lago sia libero dalle acque: è quindi considerato un lago temporaneo.

Anche alle Mucille-Močile sono presenti aree sorgentifere permanenti e inghiottitoi che regolano il regime delle acque. Il livello medio è alla quota di 4.60 m s.l.m. e si innalza di circa 3.5 m circa nelle piene eccezionali.

Due fronti sorgivi rispettivamente di una quindicina e di una ventina di punti con portate che variano da pochi litri al minuto a diverse decine di litri al secondo alimentano i laghi di Pietrarossa-Prelosno e di Sablici-Sabeljsko. Fino agli anni '60, il comportamento idrogeologico di questi laghi era del tutto simile a quello di Doberdò-Doberdob. In seguito ad una serie di interventi di bonifica e alla realizzazione di

due canali di drenaggio che hanno tagliato le soglie naturali presenti tra i laghi di Pietrarossa-Prelosno e Sablici-Sabeljsko e tra quest'ultimo e il canale di Moschenizza, l'idrodinamica di quest'area è stata radicalmente modificata. La rete di drenaggio ipogeo di questo territorio è comunque complessa ed articolata con numerose vie sotterranee che portano le acque dei laghi e della falda ad alimentare un sistema sorgentifero ormai obliterato dal tessuto urbano di Monfalcone.

Per comprendere nel dettaglio la provenienza e il deflusso delle acque, i ricercatori hanno utilizzato in passato, e stanno utilizzando approcci diversi. Uno di questi è il monitoraggio delle acque attraverso la valutazione della conducibilità elettrica quale tracciante naturale. Ad integrazione dei dati ottenuti con questo approccio, dal 2018, sono stati eseguiti dei test di tracciamento con traccianti artificiali iniettati in alcuni degli inghiottitoi del lago di Doberdò-Doberdob. I risultati hanno evidenziato come la maggior parte del tracciante defluisca inaspettatamente alle sorgenti del Timavo. Le sorgenti del lago di Pietrarossa-Prelosno invece, seppur le più vicine dal punto di vista geografico sono interessate solo marginalmente dalle acque di Doberdò-Doberdob.

4.2.2 Il geosito del Villaggio del Pescatore (geosito n. 6)

Il geosito del Villaggio del Pescatore, situato nel comune di Duino Aurisina-Devin Nabrežina (Trieste), è particolarmente rilevante perché, a partire dalla fine degli anni Novanta, sono stati portati alla luce due fossili quasi completi ed eccezionalmente ben conservati di un nuovo genere di dinosauro, denominato *Tethyshadros insularis*. I due scheletri, ancora articolati, cioè aventi tutte le ossa in connessione anatomica, sono stati soprannominati "Antonio" e "Bruno" e sono ora esposti al Museo Civico di Storia Naturale di Trieste. Nel sito del Villaggio del Pescatore sono stati rinvenuti altri fossili appartenenti allo stesso genere di dinosauro e anche altri animali come cocodrilli, pesci teleostei e invertebrati, tra cui crostacei decapodi. L'organizzazione stratigrafica delle rocce del geosito, che sono esposte con gli strati quasi verticali, è complessa, ma si possono riconoscere due tipologie principali di rocce. La prima è costituita da calcari grigi che possono essere riferiti ai tipici calcari a rudiste del Cretacico Superiore e contengono abbondanti frammenti di rudiste (molluschi



Fig. 4.2.2: Bruno, ritratto da Marino Ierman (Comune di Trieste, Fototeca Civici Musei di Storia ed Arte, Museo Civico di Storia Naturale di Trieste)

bivalvi estinti alla fine del Cretacico Superiore come i dinosauri). L'altra tipologia di roccia comprende, invece, calcari finemente laminati. Le sottili lamine, di spessore millimetrico, possono essere scure o grigio-biancastre e sono spesso caratterizzate da un complesso ripiegamento. Tale caratteristica testimonia che il sedimento, appena deposto e non ancora litificato (trasformato in roccia), fu soggetto a deformazioni, la cui origine è ancora oggetto di studio da parte dei geologi. I fossili di dinosauro sono stati rinvenuti all'interno di questi calcari laminati. In particolare, lo stesso scheletro di Bruno è stato coinvolto nella piegatura della stratificazione, come si può osservare nell'esposizione al museo (Figura 4.2.2).

Bruno è l'unico dinosauro al mondo esposto in una piega che ne curva lo scheletro di 180 gradi. Indagini micropaleontologiche hanno consentito di riferire queste rocce al Cretacico Superiore (Santoniano-Campaniano) e dati sedimentologici e geochimici suggeriscono che il calcare laminato si sia depositato in un ambiente marino situato vicino alla terra emersa e influenzato dalle acque dolci. Un ambiente che potrebbe essere vicino ai cosiddetti *blue hole* (cavità riempite d'acqua vicino al mare che appaiono come dei buchi blu) che si trovano anche nelle moderne piattaforme carbonatiche tropicali.

4.2.3 Gli olistoliti del Castello di Miramare (geosito n. 27)

Il Castello di Miramare sorge su un promontorio che si protende verso sud ovest nel Golfo di Trieste, in vista della città. Nelle vicinanze del Castello, sparsi all'interno del parco che lo circonda e anche lungo la riva, è possibile vedere dei grandi blocchi di calcare biancastro. In totale sono stati individuati un centinaio di blocchi con volumi ragguardevoli che vanno da circa 500.000 m³ a 1.300.000 m³. I blocchi sono costituiti da calcari appartenenti ai Calcari a Foraminiferi. Due blocchi sono particolarmente notevoli. Uno si trova vicino al porticciolo di Grignano. Lì, si può chiaramente osservare il contatto tra il blocco calcareo e, sul suo lato nord-orientale, le arenarie ben stratificate del flysch. Gli strati di arenaria, in prossimità del contatto, appaiono deformati in complesse pieghe come se il blocco calcareo vi avesse premuto contro. Fotografie storiche del sito, effettuate prima della realizzazione del muro di pietra che ora si trova al di sotto del blocco calcareo, testimoniano che il flysch si trova anche al di sotto di esso e adiacente al suo fianco sud-occidentale (Figura 4.2.3).

L'altro grande blocco calcareo degno di particolare nota si trova tra le scuderie e il Castello, lungo la strada di accesso verso Trieste. In prossimità dell'imbocco di una galleria, si trova, a contatto con il blocco, una breccia argillosa con frammenti calcarei, contenente sparsi fossili di nummulitidi. Questa roccia, completamente diversa dal calcare massiccio del blocco, testimonia anch'essa una forte deformazione avvenuta in prossimità di quest'ultimo e causata dal suo movimento. Un ultimo indizio importante sull'origine dei massi calcarei di Miramare è che la loro mappatura ha rivelato che i depositi di flysch si trovano anche sopra i blocchi. Ciò significa che essi



Figura 4.2.3: L'olistolite del porticciolo di Grignano, adiacente al Castello di Miramare in una foto storica (Collezione Tomè, fine del XIX – inizio del XX secolo)

si trovano all'interno dei depositi di flysch e dunque che si depositarono contemporaneamente alle arenarie che li contengono. Le evidenze di deformazione adiacenti ai blocchi hanno permesso di interpretarli come olistoliti. Un olistolite è un termine usato dai geologi per indicare grossi massi rocciosi che fanno parte di un corpo di frana sottomarina. Le deformazioni nel flysch testimoniano che lo scorrimento dei blocchi avvenne all'interno di arenarie non ancora completamente litificate. L'intero promontorio di Miramare è dunque verosimilmente costituito dal corpo di una grande frana sottomarina che tra i 40 e 48 milioni di anni fa scivolò nel bacino marino dove si stavano depositando le arenarie del flysch. Il fatto che gli olistoliti di Miramare siano costituiti da calcari appartenenti ai Calcari a Foraminiferi testimonia che nell'evento sono stati coinvolti anche i depositi di piattaforma carbonatica di epoca eocenica, tuttavia, i meccanismi di messa in posto e la provenienza dell'antica frana sono ancora poco chiari e attualmente oggetto di indagine.

4.2.4 I campi solcati di Borgo Grotta Gigante-Brišički (geosito n. 28)

L'area ad Ovest dell'abitato di Borgo Grotta Gigante-Brišički, al di là dalla linea ferroviaria, fra la Stazione a Nord ed il Centro sportivo di Prosecco a Sud, è rappresentativa del classico paesaggio carsico che si sviluppa su calcari puri, a stratificazione sub orizzontale o inclinata di pochi gradi, caratterizzati da spessori differenti degli strati. Nella fattispecie, affiorano i calcari a rudiste, caratterizzati dalla presenza, talora abbondante, di gusci integri o in frammenti di rudiste.

Su una superficie sub-trapezoidale di poco meno di un chilometro quadrato si aprono tre doline di grandi dimensioni e una ventina di dimensioni minori, si estendono i campi solcati più ampi e completi del Carso triestino, si sviluppa il più evidente e raro esempio di *roofless cave* (grotta scoperchiata), si aprono gli ingressi di alcune



Figura 4.2.4: Campi solcati presso Borgo Grotta Gigante-Brišički (Foto: Chiara Calligaris)



Figura 4.2.5: Visione panoramica della grande caverna e della stalagmite detta "colonna Ruggero" (Foto: Archivio Grotta Gigante)

decine di cavità, fra le quali una cavernetta che ha restituito centinaia di manufatti risalenti alla preistoria. A poca distanza, ricordiamo, si apre la Grotta Gigante-Briška jama (2/2VG) (Figura 4.2.5), la più grande caverna turistica al mondo.

Due (dai toponimi Koprivnik e Školudnjek) delle tre grandi doline hanno la tipica forma sub-circolare, un diametro di circa 250 metri, pareti molto acclivi e un fondo piatto a 40 m di profondità dal piano campagna. La terza (la più settentrionale, denominata Murnjak) è ellittica, allungata di 450 m lungo un asse NNE-SSW, larga circa 250 m e profonda 30 m, con il fianco orientale ben più acclive di quello occidentale.

Lungo i margini SW e NE della Školudnjek, su vasti tratti del terreno affiorano superfici calcaree sulle quali le acque piovane hanno scolpito con particolare abbondanza e varietà, tutte le forme tipiche dei processi di dissoluzione carsica. Scannellature parallele, ad isola o meandri-formi, solchi carsici ampi ed estesi, crepacci profondi che



spesso originano piccoli ponti di roccia, fori di dissoluzione ed alveoli di corrosione, forme di dissoluzione sottocutanea, funghi carsici e piccoli torrioni, si susseguono con continuità. Ma la caratteristica principale di questi campi solcati sta nelle dimensioni e nella frequenza delle *kamenitze* (vaschette di corrosione, *solution pan* in inglese; *škavnica* in sloveno (Figura 4.2.6): complessivamente, nell'area fra le due doline circolari, ne sono state osservate quasi 200, di cui una trentina con un asse maggiore di 1 metro ed un bacino vicino o superiore al metro quadrato. Tanto che molte sono state adattate nel tempo dall'uomo come abbeveratoi.

L'alternanza, nella successione sedimentaria, di bancate e strati centimetrici, genera fasce decametriche successive di carso coperto o con piccoli blocchi affioranti e di roccia intensamente carsificata, di prati e grize e di campi solcati, interrotti da doline grandi e piccole che danno luogo ad un paesaggio unico ed affascinante.

Sul margine SE della Koprivnik si incontra una sorta di trincea naturale, profonda alcuni metri, larga una decina e lunga una settantina (Figura 4.2.7), quanto resta di un'antica galleria, cioè di una cavità sub orizzontale il cui soffitto è stato lentamente asportato dalla corrosione carsica superficiale (*roofless cave* o *unroofed cave* in inglese).

Nelle vicinanze della linea ferroviaria, vicino al bordo di una piccola dolina di crollo, si apre una cavernetta, la Grotta della Tartaruga (1688/4530VG) che venne "scoperta" appena nel 1962 in quanto ostruita da detriti e terra praticamente fino alla volta. La disostruzione portò all'apertura di alcuni piccoli vani in cui sono presenti concrezioni sul soffitto, alcune spesse colonne ed una vaschetta di circa 20 cm di diametro che raccoglie lo stillicidio. Gli scavi misero in luce più livelli di frequentazione dal Mesolitico all'età del Bronzo. Di particolare importanza il livello D, attribuito al Neolitico, in cui vennero trovati abbondanti resti di vasi, numerosi strumenti e manufatti non ritoccati in selce, due lame d'ascia e due asce-scalpelli in pietra levigata.



Figura 4.2.7 L'ingresso della *roofless cave* presso Borgo Grotta Gigante-Brišički (Foto: Chiara Calligaris)

4.2.5 Le grotte archeologiche

Tra le tante cavità di importanza archeologica presenti sul Carso sloveno, ne vanno ricordate almeno due. La grotta Bestažovca (geosito n. 43), lunga 280 m e profonda 43, si apre sulle colline Tabor, ad una quota che è tra le più alte tra le grotte del Carso sloveno. Oltre ad avere aspetti di interesse geologico e geomorfologico, contiene molti resti preistorici inclusi dei dipinti, datati almeno 7.000 anni fa, unici in Slovenia.

A sudovest di Matavun, al di sotto della cima del monte Preval, troviamo la Jama na Prevali 2 nota anche come Mušja Jama (geosito n. 54). Un pozzo d'ingresso suddiviso in tre ingressi relativamente piccoli, porta ad una galleria orizzontale lunga 200 che raggiunge la profondità massima di 90 m. Nella sala sottostante il pozzo vi è un vasto cono detritico, nel quale gli archeologi hanno rinvenuto un livello di carbone con ossa di animali bruciate e centinaia di manufatti perlo-

◀ Figura 4.2.6: Una delle più grandi vaschette di corrosione sui campi solcati di Borgo Grotta Gigante-Brišički (Foto: Furio Finocchiaro)

più in bronzo ma anche in ferro. In particolare armi, sia offensive che difensive (spade, punte di lancia, elmi), strumenti come asce, falcetti, coltelli, parti di vestiario (fibule, aghi, collane e bracciali), utensili di uso comune come secchi e ciotole. Questi ritrovamenti dimostrano la straordinaria influenza che le Grotte di Škocjan e il territorio circostante, considerati luoghi sacri, avevano sulle culture europee e mediterranee alla fine dell'Età del Bronzo, circa 1000 anni a.C.

Sul Carso italiano, la Caverna Pocala–Pečina pod kalom, geosito n. 23, è uno dei più interessanti siti paleontologici del Friuli Venezia Giulia. È una cavità protetta, in cui sono stati rinvenuti abbondantissimi resti di animali pleistocenici, soprattutto ossa dell'orso delle caverne (*Ursus spelaeus*). Si sviluppa per poco più di un centinaio di metri ed è larga da 20 a 40 m. L'ingresso (protetto da una cancellata) si apre in una dolina allungata, residuo di una grotta scoperschiata come messo in luce da concrezioni presenti sulle pareti. Consta di un'unica galleria inclinata dal fondo accidentato in depositi di riempimento e di crollo su cui sorgono alcune concrezioni. Esplorata per la prima volta nel 1893 da Ludwig Karl Moser e Giovanni Andrea Perko, divenne famosa per l'elevatissimo numero di reperti di orso delle caverne scoperti nelle numerose campagne di scavo. Tra il 1903 e il 1929 scavarono nella cavità importanti protagonisti delle ricerche archeologiche del tempo quali Ludwik Karl Moser, Carlo Marchesetti, Eugenio Neumann e Raffaello Battaglia. Dal 1998 il Museo Civico di Storia Naturale di Trieste ha intrapreso nuovi scavi, con l'apertura di una trincea sotto la direzione di Ruggero Calligaris, allora conservatore del Museo, e Gernot Rabeder, dell'Università di Vienna, raggiungendo gli strati non rimaneggiati che si pensava ormai impossibili da ritrovare.

Poiché la composizione faunistica nella cavità è rappresentata dal 97,5% di resti appartenenti all'orso delle caverne, la Caverna Pocala–Pečina pod kalom può essere definita una “grotta ad orso”.

Nella cavità sono state trovate anche ossa di altri animali. Il leone delle caverne (*Panthera leo spelaea*) è il secondo animale più rappresentato (0,75% dei resti), seguito dai caprini (*Capra hircus* vel *Ovis aries*), dai bovini (*Bos taurus*) dal lupo (*Canis lupus*) e dal cervo (*Cervus elaphus*).



Figura 4.2.8: La caverna e i depositi oggetto di scavo all'interno della Caverna Pocala–Pečina pod kalom (Foto: Museo Civico di Storia Naturale di Trieste, Luciano Gaudenzio e Sandro Sedran)

Oltre ai resti di animali, nella cavità sono stati trovati numerosi manufatti in selce musteriani, appartenenti cioè alla cultura dei Neandertal.

La fauna della Pocala, del Pleistocene Superiore, è stata datata a circa 60.000 anni fa sulla base dello studio della dentatura degli orsi delle caverne. Recentemente alcuni reperti sono stati datati con il metodo del radiocarbonio: quattro hanno una datazione superiore a 45.000 anni, che è il limite del metodo di datazione (cioè sono più vecchi di 45.000 anni, ma non si sa di quanto) e un campione invece è datato 36.500-34.500 anni fa.

I reperti della Caverna Pocala–Pečina pod kalom sono esposti al Museo Civico di Storia Naturale di Trieste.

4.2.6 I calcari fossiliferi di Tomaj (geosito n. 34)

La cava abbandonata di Kazlje, che si apre nei calcari di Tomaj è uno dei più importanti siti con fossili di vertebrati, invertebrati e piante della parte settentrionale della piattaforma carbonatica adriatico-dinarica delle fine del Cretaceo. I ritrovamenti paleontologici di questo sito sono stati pubblicati su numerose riviste scientifiche.

Il geosito è situato in una zona boschiva circa 400 m a sud est dal centro dell'abitato di Kazlje. I calcari di Tomaj sono calcari laminati da finemente stratificati a tabulari di colore scuro, anticamente utilizzati in edilizia, per le pavimentazioni e per la copertura dei tetti. Sono intercalati all'interno dei potenti strati di calcari a Rudiste del Cretaceo Superiore che formano le pareti verticali della cava, alte fino a 4 m. Tra gli strati sono presenti noduli e lenti di selce. La presenza di fossili pelagici insieme a piante terrestri dimostra una buona connessione tra il mare aperto e la laguna dove questa roccia si è formata circa 84 milioni di anni fa. In un'area più vasta, sempre all'interno dei calcari di Tomaj, sono state trovati e descritti nella letteratura scientifica un gran numero e un'ampia varietà di fossili ben conservati, che include piante, ammoniti, pesci, tartarughe, ricci, ofiure, e perfino le impronte di soffici meduse (Figure 4.2.9 e 4.2.10).

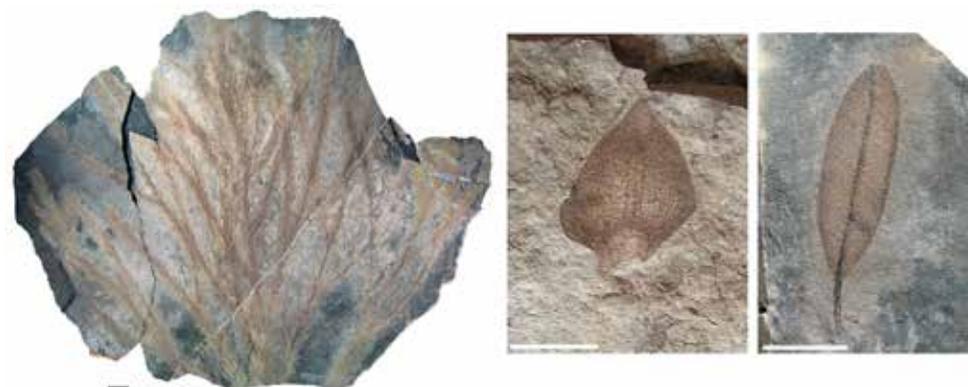


Figura 4.2.9: Resti fossili di vegetali trovati nei Calcari di Tomaj. Da sinistra a destra le conifere *Brachyphyllum*, *Araucarites* e *Magnoliaphyllum*. Scala grafica 1 cm (Foto: Bogdan Jurkovšek)

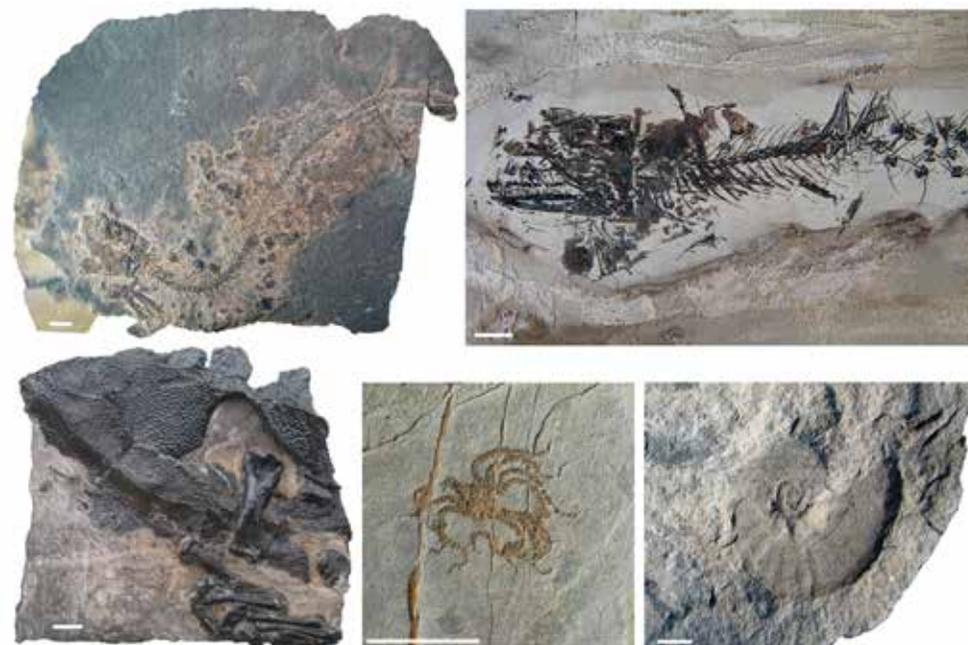


Figura 4.2.10: Resti fossili di animali nei Calcari di Tomaj. Da sinistra a destra: i pesci *Chirocentrites* e *Enchonodus*, una tartaruga, un'ofiura e un guscio di *Ammonite*. Scala grafica 1 cm (Foto: Bogdan Jurkovšek)

4.2.7 La cava nei calcari a Rudiste di Lipica (geosito n. 45)

I calcari di Lipica, una delle tipologie di calcari a rudiste del Cretacico Superiore, contengono numerose varietà di calcari, che differiscono tra loro sia nel colore che nella struttura petrografica. Situata nel settore economicamente più promettente dell'area di affioramento dei calcari di Lipica, sul lato settentrionale della sinclinale omonima, un'ampia piega convessa con l'asse debolmente inclinato verso sudest, la cava Lipica 1 (Figura 4.2.11) si trova a nord est del noto allevamento dei cavalli lipizzani. Sia i calcari che la pietra da costruzione derivano il loro nome dal villaggio di Lipica.

Le rocce della Formazione di Lipica si sono formate 85 milioni di anni fa, nelle immediate vicinanze di colonie di rudiste, un tipo di bivalvi che vivevano nelle aree di piattaforma e ai margini delle Tetide durante il periodo Cretacico.



Figura 4.2.11: La cava Lipica 1 si trova a nord-est della nota scuderia di Lipica. In questa cava vengono estratti grandi blocchi di calcare massiccio del Cretacico. (Foto: Matevž Novak)

Nei pressi del margine occidentale della cava affiorano strati calcarei più recenti e meno corrodibili del Cretacico Superiore –Paleocene Inferiore. Di conseguenza il territorio verso Lipica è meno carsificabile. In questi calcari si trovano intercalati frequenti livelli di carbone, che venne estratto durante il 19° secolo e fino all'inizio del '900.



Figura 4.2.12: Attualmente nella cava Lipica 1 vengono estratte due tipologie di calcare. La prima, denominata commercialmente "Lipica unito" è un calcare verde oliva chiaro, omogeneo e a grana sia fine che grossolana con fossili o frammenti di fossili di pochi millimetri (a destra nell'immagine). Il secondo tipo è composto da una matrice a grana fine che contiene principalmente gusci di rudiste e altri resti fossili di varie dimensioni. Visto il suo aspetto in sezione che ricorda dei fiori il nome commerciale è "Lipica fiorito" (a destra). Oltre alle rudiste tutti e due i tipi di calcare contengono foraminiferi, spicole di spugne e altre parti scheletriche degli organismi dell'ambiente marino caldo e bene ossigenato dell'antica piattaforma carbonatica adriatico-dinarica (fotografie e disegno di Bogdan Jurkovšek)

4.2.8 Le Cave romane di Aurisina-Nabrežina (geosito n. 24)

Nel vasto antico bacino estrattivo denominato Ivere, appena all'interno del ciglione del Carso, nei pressi di Aurisina-Nabrežina, si aprono alcune cave a fossa (Figura 4.2.13) in attività fin dall'epoca romana. Tutta l'area è caratterizzata da calcari molto compatti dai quali si ottengono blocchi di grandi dimensioni. Si tratta di calcari molto puri, omogenei, con colore di fondo grigio chiaro. Le distinzioni tra le diverse varietà cavate dipendono dalle dimensioni, dalla classazione, dalla quantità e dalla distribuzione dei fossili. Questi ultimi, quasi sempre in frammenti, sono dati essenzialmente da lamellibranchi a guscio spesso, soprattutto rudiste con resti di diverse dimensioni e in subordine foraminiferi, resti algali e rari briozoi. Lun-

go le alte e lisce pareti si possono osservare oltre che le diverse strutture sedimentarie, anche le tracce delle rudimentali escavazioni antiche e dell'evoluzione delle tecniche di escavazione. La stratificazione delle bancate, con orientazione NNO-SSE e inclinazione di 20°-30° verso SSO, ha spinto i cavaatori ad estrarre materiale anche in gallerie inclinate verso mare.

4.2.9 *La Val Rosandra-Glinščica* (geosito n. 58)

Ai confini meridionali del Carso Classico italiano è presente l'unico esempio di valle con idrografia superficiale del territorio triestino: la Val Rosandra-Glinščica (Figura 4.2.14).

È una valle profondamente incisa in calcari, marne ed arenarie del Cenozoico dalla morfologia ed idrografia ampiamente condizionate dalla tettonica oltre che dalla litologia, cioè da pieghe, faglie e rocce diverse, su cui l'erosione e la corrosione carsica hanno creato un'idrostruttura particolare.

È una delle poche valli fluviocarsiche in Italia ed è un geosito complesso di valenza internazionale. Si tratta di un sito che racchiude al suo interno numerosi altri elementi di specificità geologica quali affioramenti calcarei particolarmente ricchi di Alveoline e Nummuliti, marne ed argilliti intraformazionali, depositi alluvionali e detritici talora cementati, pieghe a corto raggio nel Flysch, imponenti specchi di faglia (la Faglia del Crinale), una cascata ed una forra con marmitte e meandri incassati, una paleofrana ed un corpo di frana antica a grandi massi, un complesso ipogeo a sviluppo chilometrico nel fianco destro ed una caverna ricca di resti animali preistorici in quello sinistro, la sorgente Bukovec e la sorgente carsica dell'Antro di Bagnoli.



Figura 4.2.13: La cava romana di Aurisina-Nabrežina (Foto: Chiara Calligaris)



Figura 4.2.14: La Val Rosandra-Glinščica dalla cima del monte Stena. Sullo sfondo il Golfo di Trieste (Foto: Furio Finocchiaro)

Visuali privilegiate della Valle si hanno dalla Vedetta di Moccò e dalla Vedetta di San Lorenzo. Da entrambe sono visibili i versanti che incombono sul torrente Rosandra-Glinščica, quelli in destra del Monte Stena movimentati da scarpate e balze rocciose, strapiombi, guglie, falde di detrito e grandi blocchi mobilizzati, quelli in sinistra impostati sul fianco dell'Anticlinale del Monte Carso e sulla Faglia del Crinale, tutte espressioni di una litologia varia, di una tettonica complessa e di una notevole geodinamicità.

Dalla Vedetta di San Lorenzo si intravedono in sinistra Valle anche l'antica e serpeggiante Via del Sale e la chiesetta di Santa Maria in Siaris, posta all'apice del corpo di una frana di scivolamento planare di strato lungo il fianco settentrionale del Monte Carso. Quest'ultimo, è espressione morfologica di un'anticlinale che verso la pianura evolve in una piega a ginocchio e in un sovrascorrimento sulle torbiditi del flysch di Trieste.

Ma la Valle è caratterizzata dal torrente Rosandra-Glinščica, le cui acque, sostenute inizialmente dalle marne, dopo Bottazzo-Botač, precipitano in una suggestiva cascata di 30 m che evidenzia il passaggio dal flysch ai calcari. (Figura 4.2.15).

Dopo la cascata, il torrente scava una profonda forra in roccia, ricca di rapide, marmitte, cascatelle, meandri incassati e vasche. L'alveo cambia spesso direzione seguendo i principali sistemi di fratturazione presenti nella massa rocciosa fino all'abitato di Bagnoli-Boljunec. Lungo il tratto in forra il corso d'acqua è alimentato da numerose piccole sorgenti carsiche.

La Valle è anche carsismo ipogeo: il monte Stena ne è un particolarissimo esempio con più di cento cavità esplorate. La Fessura del Vento (930/4139VG) con 143 m di dislivello è la più profonda. La grotta Gualtiero Savi (5080/5730VG), con i suoi 4180 m di lunghezza è quella con lo sviluppo maggiore. Queste due grotte, insieme alla Grotta delle Gallerie (290/420VG) e alla Grotta Martina Cucchi (4910/5640VG) fanno parte di un unico vasto ed articolato complesso di oltre 7 km di sviluppo, risultato di un'evoluzione carsogenetica antica.

La Valle è anche sede di depositi quaternari particolari: di fronte al rifugio CAI, in destra del Rosandra-Glinščica, si eleva una parete sub-

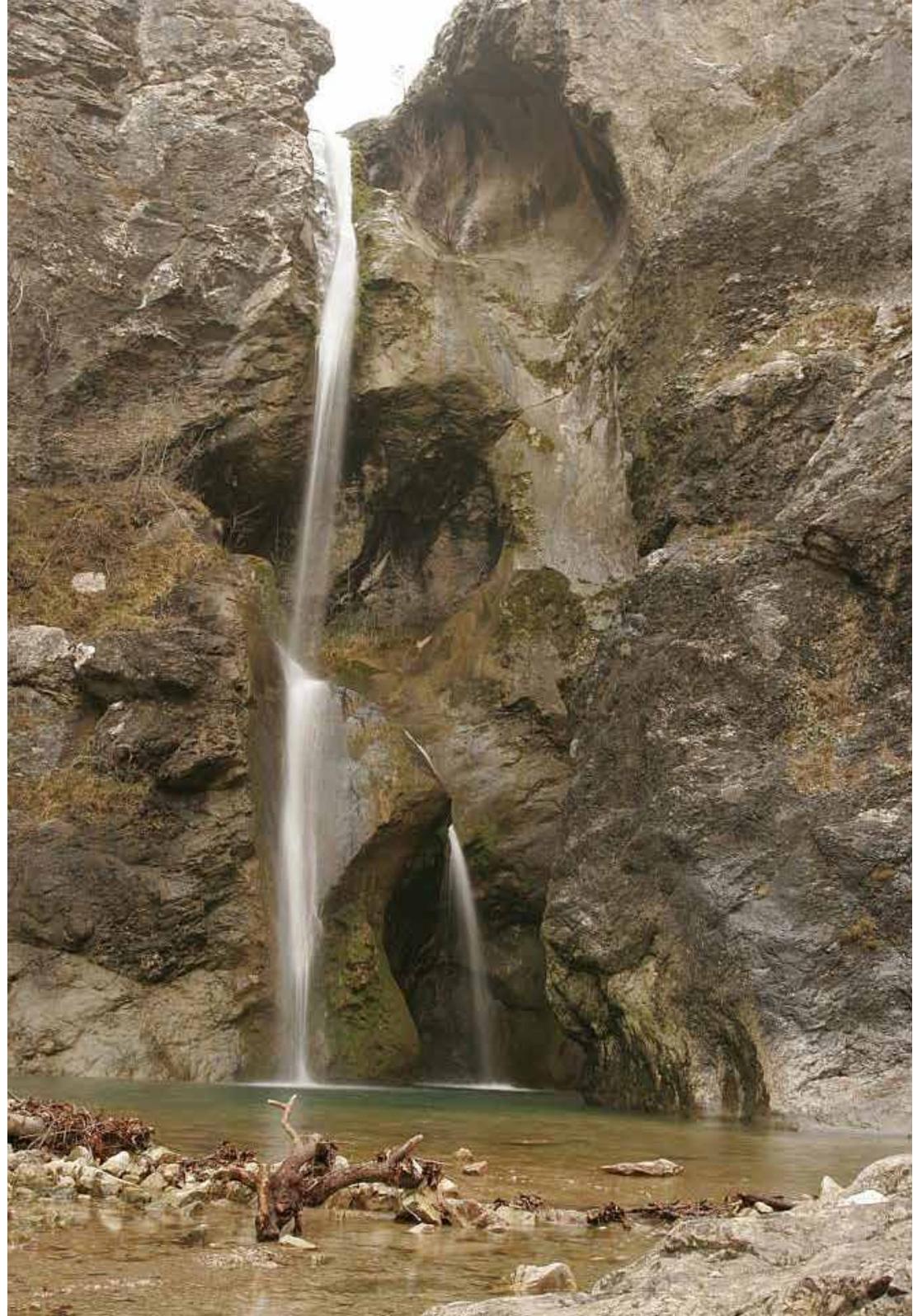


Figura 4.2.15: La cascata del Rosandra-Glinščica in condizioni di magra (Foto: Franco Cucchi)

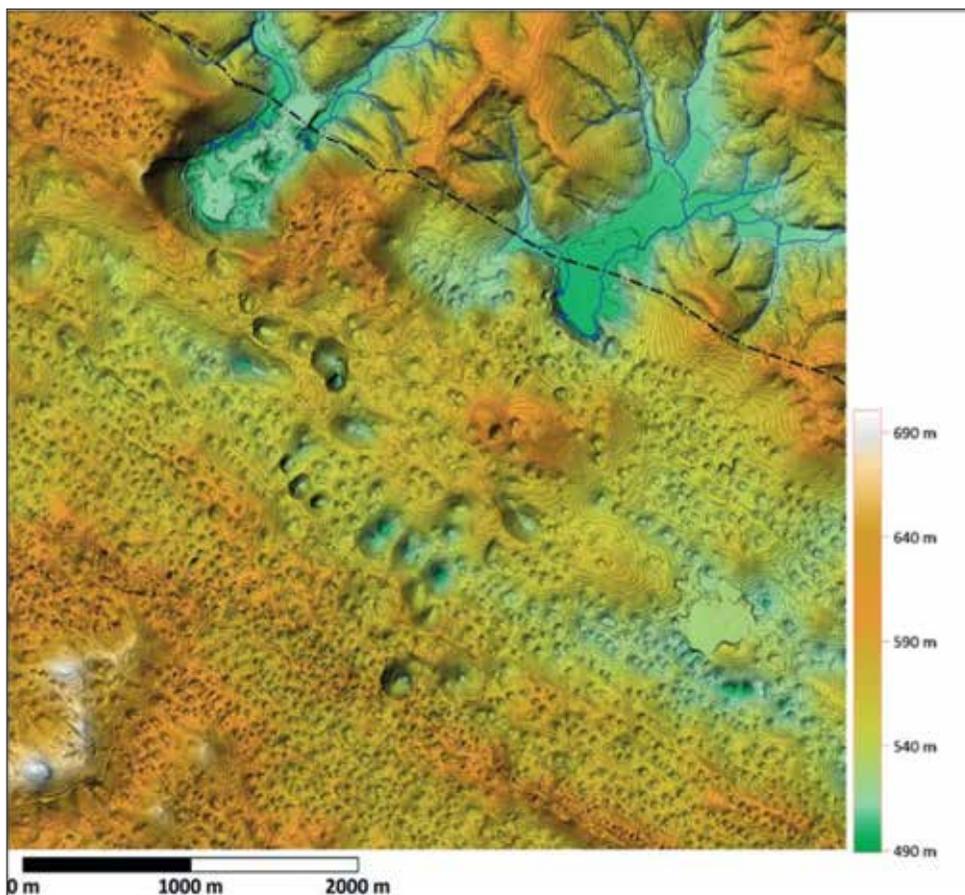


Figura 4.2.16: Carso di contatto con le tipiche valli cieche. I corsi d'acqua scorrono in superficie dall'area dei Colli Brkini a NE, su cui affiora la roccia impermeabile del flysch verso le superfici carsiche sub orizzontali del Matarasko Podolje (archivio IZRK ZRC SAZU)

Figura 4.2.17 – La valle cieca di Brezovica è la valle più occidentale, e quindi quella a quota più bassa del Matarasko Podolje (Foto: Matej Blatnik). A sinistra: visione da NE, verso i Colli Brkini, incisi da corsi d'acqua che scorrono in superficie; a destra: visione verso SE delle superfici pianeggianti carsificate del Matarasko Podolje (Foto: Matej Blatnik)



verticale alta una dozzina di metri, costituita da depositi alluvionali torrentizi e di versante più o meno cementati che rappresenta l'unico affioramento di depositi alluvionali antichi in ambiente carsico della provincia di Trieste.

L'alternanza dei sedimenti a diversa genesi e granulometria, la loro successiva incisione da parte del Torrente testimoniano la complessità dell'evoluzione geologica dell'area, legata sia alla tettonica che ai cambiamenti climatici plio-quadernari.

A poche centinaia di metri dall'uscita della valle, ai piedi del rilievo del Monte Carso, si apre una fessura obliqua da cui fuoriesce costantemente dell'acqua: si tratta dell'Antro di Bagnoli-Jama, cavità che drena le acque carsiche del Monte Carso e dell'Altopiano di Socerb-San Servolo.

4.2.10 La valle cieca del Matarasko Podolje (valle cieca Odolina) (geosito n. 61)

Oltre alla particolare valle cieca dove il Timavo superiore si inabissa nelle Grotte di Škocjan, la caratteristica geologica più interessante del carsismo di contatto è la depressione del Matarasko Podolje (Depressione di Materija) situata presso il limite SE del geoparco (Figure 4.2.16 e 4.2.17).

I 17 corsi d'acqua superficiali ad andamento parallelo, che scorrono sul flysch che forma i colli Brkini, in corrispondenza del contatto con i litotipi carbonatici vengono assorbiti da inghiottitoi siti in un'area di

circa una ventina di km di lunghezza. Quest'area è la superficie carsica del Matarsko Podolje, ampia dai 2 ai 5 km. Si tratta di una piana carsica, caratterizzata da bassa pendenza trasversale e longitudinale, la cui genesi è dovuta alla rotazione antioraria della penisola istriana e alla sottospinta che quest'ultima ha dato alla zona in cui è oggi presente la depressione. A causa del sollevamento irregolare dell'area, le valli cieche più profonde si trovano in corrispondenza del margine SE del Matarsko Podolje. Quella di Brezovica è la meno profonda, solo 50 m, mentre quella più profonda, la Brdanska Dana si approfondisce di ben 250 m al di sotto delle colline calcaree. Il suo fondo si trova 120 m al di sotto della superficie del Matarsko Podolje. Anche in corrispondenza delle piene, il livello delle acque carsiche è stato identificato ad elevate profondità, ben al di sotto delle valli cieche. I depositi di superficie, scarsamente consolidati, in queste particolari condizioni, possono dare luogo ad importanti fenomeni di suffusione.

La valle cieca di Odolina (Figura 4.2.18) è una delle tipiche valli cieche del Matarsko Podolje e una delle due situate all'interno della par-



Figura 4.2.18: Il fondo della valle cieca di Odolina è ricoperto da sedimenti quaternari silicoclastici grossolani, derivati dal flysch. Il corso d'acqua viene assorbito con una cascata da un inghiottitoio profondo 117 m (Foto: Matej Blatnik)

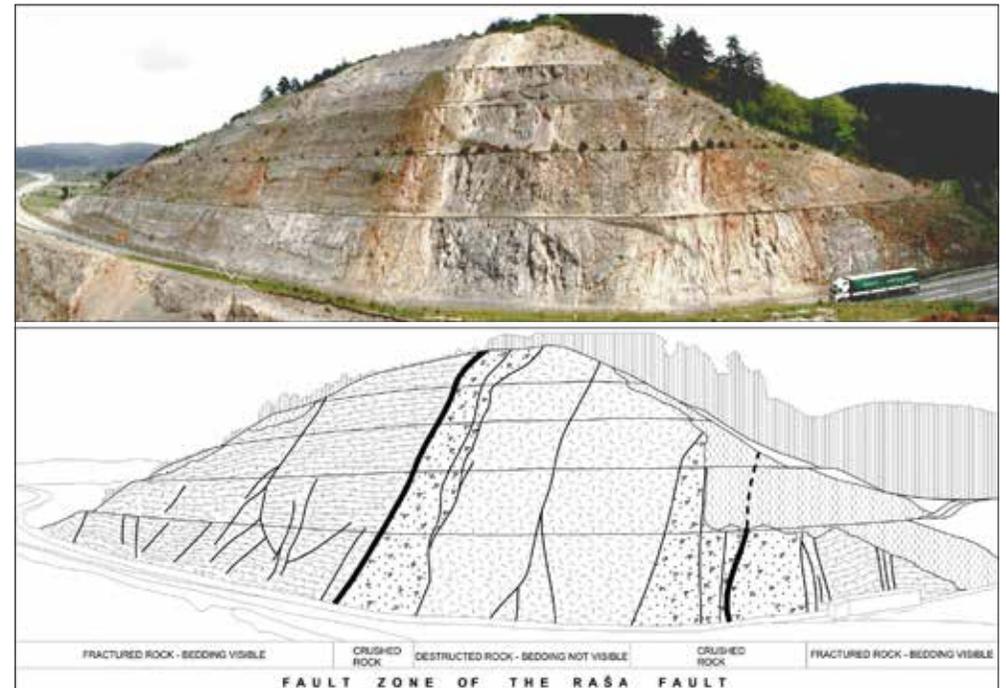


Figura 4.2.19: Alle pendici del monte Zajčica, lungo l'autostrada nei pressi di Senožeče è possibile vedere una sezione della zona di faglia ampia almeno 100 m. Dal punto di osservazione lungo il lato opposto dell'autostrada, dove c'è un cartello esplicativo, è possibile notare la tipica zonazione nella deformazione delle rocce tra zona di faglia interna ed esterna. Nella zona interna è presente una fascia di rocce estremamente fratturate (fascia cataclastica seguita da una fascia in cui la roccia è destrutturata e non è più possibile riconoscere la stratificazione). Nella zona di faglia esterna la roccia è fratturata, ma la stratificazione è ancora identificabile. Il blocco tettonico nordorientale (a sinistra) consiste in Calcari a Rudiste del Cretacico Superiore, mentre il blocco sudoccidentale è composto da calcari stratificati del Cretacico Superiore-Paleocene Inferiore (Foto: Ladislav Placer, Bogomir Celarc. Disegno: Ladislav Placer)

te slovena del geoparco. Il corso d'acqua che viene assorbito nella valle drena una superficie di 4,3 km². Nelle vicinanze del contatto con i calcari, la stretta valle fluviale si allarga a formare una valle cieca lunga circa 1 km, ampia 300 m e profonda 60. Il fondo della valle è ricoperto da sedimenti silicoclastici grossolani di età quaternaria che derivano dall'alterazione del flysch. In morbida, le acque vengono assorbite immediatamente dopo aver raggiunto i calcari, mentre durante i periodi di piena le acque vengono inghiottite all'interno della grotta Ponikve v Odolini, una cavità profonda 177 m, che raggiunge la zona freatica.

Nella grotta-inghiottitoio della valle cieca di Jezerina non sono stati registrati depositi significativi di sedimenti clastici negli ultimi 12.000 anni, data certa visto che sono state datate le concrezioni calcitiche formatesi al di sopra dei sedimenti alluvionali. Attualmente i sedimenti sono incisi dall'erosione fluviale e doline alluvionali e sinkhole profondi fino a 25 m si sono formati sul fondo della valle cieca.

4.2.11 La faglia del Raša (geosito n. 38)

Nella Slovenia sud occidentale, lungo le Dinaridi esterne, sono presenti faglie di interesse regionale con direzione NW-SE. Una di queste è la Faglia del Raša (Figura 4.2.19) che prende il nome dal fiume omonimo che scorre lungo il bordo settentrionale dell'altopiano del Carso Classico. La faglia ha un andamento pressoché rettilineo a partire dal bordo delle "Alpi meridionali" presso Gemona fino ad Illirska Bistrica ed ancora più a sud a raggiungere la catena dei monti Velebit. È una delle faglie lungo cui la microplacca adriatica si sposta lateralmente e verso settentrione al di sotto delle "Alpi meridionali". Sulla base della distribuzione degli epicentri dei terremoti è possibile dedurre che la faglia del Raša, a sud est del monte Vremščica sia attualmente attiva, mentre la sua attività è meno certa nella zona del Carso Classico e verso il Friuli.

4.2.12 Le grotte del Carso Classico

L'evoluzione geologica del territorio del geoparco si riflette al meglio nelle cavità che fanno parte del sistema idrogeologico del Reka/Timavo. Esso rappresenta uno

dei più grandi spazi ipogei conosciuti, non solo in Europa, ma anche nel mondo.

Le grotte di Škocjan (geosito n. 53) sono un sistema di grotte lungo 6.550 m e profondo 223 m, composto da undici cavità, quattro delle quali hanno ingressi separati (Figura 4.2.20). Questo sistema carsico è collegato con la superficie attraverso due doline di crollo: la Mala Dolina e la Velika Dolina. La maggior parte delle cavità si sviluppano nei calcari massivi del Cretacico, solo una piccola parte nei calcari stratificati del Paleocene.

Le Grotte di Škocjan sono cavità attive, visto che al loro interno scorre tuttora il Reka/Timavo che qui si inabissa. Le grotte sono suddivise in due parti: una parte in cui ancora oggi scorre l'acqua (Šum-



Figura 4.2.20: Il Fiume Notranjska Reka (Timavo superiore) si inabissa nelle grotte di Škocjan presso i paesi di Škocjan e Matavun. Prima di scomparire all'interno dell'idrostruttura carsica, il fiume è visibile per l'ultima volta sul fondo di due doline di crollo: la Mala e la Velika Dolina (Foto: Matej Blatnik)



eča Jama – in italiano grotta “rumorosa”) e una parte in cui l’acqua non scorre più (Tiha Jama – ovvero “silenziosa”). Il fiume dopo aver attraversato le grotte Mariničeva e Mahorčičeva, 80 m al di sotto dell’abitato di Škocjan (317 m s.l.m.), scorre sul fondo della Mala Dolina, passa attraverso un ponte naturale (chiamato Okno) e finalmente si inabissa al di sotto di un punto panoramico sotto la parete della Velika Dolina, profonda 160 m (265 m s.l.m.). Nella parte centrale delle grotte, il fiume scorre attraverso numerose sale e successivamente nel Canale Hanke, che è la galleria più lunga delle grotte di Škocjan. Ha infatti una lunghezza di circa un chilometro, una larghezza di 10-15 m ed un’altezza che raggiunge i 90 m. È quindi la galleria a canyon più grande d’Europa (Figura 4.2.21).

A valle del Canale Hanke si trovano due grandi caverne. Quella dedicata a Martel (Figura 4.2.22) è la caverna più grande della Slovenia e la seconda in Europa: è lunga 308 m, larga e alta rispettivamente in media 89 e 106 m, mentre la larghezza e l’altezza massima sono rispettivamente di 123 e 146 m. Complessivamente occupa un volume di 2.550.000 m³. Alla fine della sala Martel, nel lago omonimo, il punto più basso della grotta si trova a quota 214 m s.l.m. La Caverna Martel è collegata da un breve passaggio lungo 9 m e alto 1,5 m con la Caverna Marchesetti, occupata da un lago che termina con un sifone, oltre il quale, negli ultimi 20 anni sono stati scoperti 620 m di gallerie. Nel 2020, in corrispondenza del soffitto della Caverna Martel è stata scoperta una galleria fossile lunga 350 m, collegata direttamente alla superficie mediante l’allargamento di una fessura.

La Tiha Jama è una parte delle Grotte di Škocjan perennemente asciutta. A causa del difficile accesso dalla Šumeča Jama, la cavità è stata esplorata relativamente tardi. Ha una lunghezza di 525 m, e si sviluppa tra tra 340 e 350 m di quota s.l.m. Il pavimento è spesso ricoperto da sedimenti. Attualmente vi si accede da un tunnel artificiale scavato a partire dal fondo della dolina di crollo chiamata Globočak, mentre il passaggio al Canale Hanke avviene attraverso l’omonimo ponte.

Solo 800 m di passaggi non ancora esplorati separano le grotte di Škocjan dalla Kačna Jama (geosito n. 49): un’importante cavità che

◀ Figura 4.2.21: Il Canale Hanke alto fino a 90 m, il più grande canyon sotterraneo d’Europa attraversato dal ponte omonimo (Foto: Matej Blatnik)



*Figura 4.2.22:
Con più di 2.5 milioni di m³ la
Caverna Martel è la più grande
sala sotterranea della Slovenia e la
seconda in Europa
(Foto: Matej Blatnik)*



*Figura 4.2.23: ►
Il pozzo d'ingresso della Kačna
Jama, profondo 186 m
che in basso si allarga in una
caverna alta 60 m
(Foto: Matej Blatnik)*

si apre ad ovest di Divača, con l'ingresso posto alla quota di 435 m (Figura 4.2.23). Ha una profondità massima di 280 m ed uno sviluppo complessivo di 20,5 km su due rami principali che arrivano alle quote di 154 e 290 m s.l.m. Per il suo sviluppo risulta la terza grotta più estesa della Slovenia dopo la grotta Migovec e il sistema della Grotte di Postojna. La prima esplorazione della grotta è legata sia all'identificazione del percorso sotterraneo del Reka/Timavo che alla ricerca di acqua per approvvigionare la città di Trieste. Il fondo del pozzo di accesso venne raggiunto da Anton Hanke nel 1891, con l'aiuto di persone provenienti dai villaggi locali. Va segnalato che già nel 1895, sotto la direzione di Josip Marinitsch, attraverso il pozzo d'ingresso, fu costruito un sentiero per rendere più facile l'accesso alla grotta.

L'ingresso della grotta è sito in corrispondenza del fondo di una grande dolina, della quale si apre un sistema di pozzi paralleli profondi 186 metri che alla fine si riuniscono in corrispondenza del soffitto, alto 60 m, della caverna iniziale. La Kačna jama ha due sistemi di gallerie distinte per quota e orientazione. In condizioni idrologi-



Figura 4.2.24: Grotta Vilenica, la più antica grotta turistica in Europa. I turisti hanno potuto ammirare le sue bellezze fin da 17° secolo (Foto: Peter Gedei, archivio Jamarsko društvo Sežana)

che normali il fiume compare in un sifone vicino alla dolina di crollo “Risnik” alla quota di circa 200 m s.l.m. e scompare in un altro sifone a quota 154 m. In funzione della situazione idrologica, la grotta può essere divisa in tre parti: 1) la galleria sempre attiva, 2) le gallerie che si allagano solo durante le piene, 3) altre gallerie, formatesi seguendo strutture geologiche diverse, che drenano occasionalmente le acque di piena. Durante le piene il livello delle acque nella grotta sale anche di 126 m. La questione del perché le gallerie della Kačna jama, se confrontate con quelle delle Grotte di Škocjan

mostrino un’evoluzione differente rimane ancora aperta. Le grotte di Škocjan sono formate da una singola ampia galleria, a sezione ovale, che si allarga e biforca fino a formare un canyon profondo 90 m, mentre la Kačna jama è caratterizzata da due livelli di gallerie distinti, che si sono sviluppati a quote diverse. Tutte le cavità in cui si intercettano le acque del Reka/Timavo sono estremamente importanti dal punto di vista scientifico e sono chiamate anche le “finestre” sul Timavo perché permettono di vedere e studiare l’acquifero carsico “in situ”. Senza la presenza di queste ed altre finestre, non saremo in grado di conoscere almeno parzialmente i percorsi e le caratteristiche delle acque nei settori intermedi dell’idrostruttura.

Per lo studio dell’evoluzione geologica (tettonica) e geomorfologica dell’area, le grotte relitte o fossili e quelle senza soffitto (*roofless caves*) sono di particolare importanza. Esse sono più antiche e si trovano più in alto (nella zona idrogeologica vadosa) rispetto alle grotte in cui ancora scorrono le acque sotterranee. Tra gli abitati di Divača e Sežana si trovano diverse grotte relitte/fossili piuttosto grandi che

rappresentano l’antico reticolo di drenaggio dell’acquifero carsico formatosi nella zona allora idrogeologica allagata, ossia freatica. Durante il recente innalzamento tettonico del Carso queste cavità si sono trovate “sospese” in zona vadosa e possono, in un certo senso, indicarci l’andamento dell’antico corso sotterraneo del Reka/Timavo, ora abbandonato. Una delle più interessanti grotte di questo tipo è la Grotta Vilenica (geosito n. 46) (Figura 4.2.24), presso Sežana, una delle più lunghe (841 m) e più profonde grotte del Carso Classico. Ha una profondità di 190 m e il fondo si trova a 227 m al di sopra del

livello del mare. Vista la sua posizione tra la Kačna jama e due nuove grotte “finestra” (Jama 1 v Kanjaducah, Brezno v Stršinkni Dolini), è verosimile che in corrispondenza dei suoi rami più profondi, possano tuttora scorrere le acque del Reka/Timavo. Le gallerie adattate per le visite turistiche sono ampie e decorate da bellissime concrezioni. Infatti la Vilenica è considerata la più antica grotta turistica in Europa e probabilmente nel Mondo. Ci sono dei documenti che dimostrano che dal 1633 il Conte Petazzi, proprietario dei terreni, concesse la caverna come feudo alla parrocchia di Corgnale (Lokev), concordando che i guadagni sarebbero stati spartiti tra lui e la parrocchia. La grotta era considerata la più bella e ampia grotta del Carso e il flusso turistico aumentò fino a metà del 19° secolo. A partire dal 1980 la grande sala è stata utilizzata per eventi letterari e a partire dal 1986 è stato istituito il Festival Letterario Internazionale di Vilenica, un incontro di poeti e letterati di tutta Europa, collegato ad un Premio dato ad un autore dell'Europa centrale che abbia ottenuto risultati eccezionali nei campi della letteratura e della saggistica.



Figura 4.2.25: Grotta Claudio Skilan, cristalli formati in ambiente subacqueo nella parte terminale del Ramo Brena, uno degli ambienti più lontani dall'ingresso della grotta (Foto: Sandro Sedran S-Team)



Figura 4.2.26: La Caverna Lindner, sul fondo dell'Abisso di Trebiciano-Labadnica, durante la piena nel 2011 (Foto: Alberto Maizan)

La Grotta Claudio Skilan (5070/5720VG) (geosito n. 48) si apre presso Basovizza-Bazovica e con i suoi 378 m di profondità e 6.400 m di sviluppo complessivo, è la grotta esplorata più profonda del Carso Classico. Aperta nel 1990 ed esplorata negli anni seguenti dal Gruppo Grotte “Carlo Debeljak” che ha attrezzato con scale i primi pozzi, si sviluppa su due livelli di gallerie. Il primo è posto ad una profondità di circa 40 m di profondità e ha dimensioni contenute, mentre il secondo posizionato a circa 180 m, è costituito da una successione di grandi gallerie con diametro da 20 a 40 m che si sviluppano per più di 2 km in direzione NW-SE. Alcune gallerie sono riccamente concrezionate con imponenti *gour* e gruppi stalagmitici. Ha un andamento complesso, con alcuni ampi e profondi pozzi che portano ad intercettare le acque di falda durante le piene.

Nell'ambito della speleologia l'Abisso di Trebiciano-Labadnica (3/17VG) (geosito n. 5) è sicuramente una delle cavità più note al mondo. Lo sviluppo dei commerci che portò la città di Trieste a di-



ventare nell'800 il porto più produttivo del Mediterraneo comportò un rapido incremento demografico che in pochi anni portò a triplicare la popolazione. Le autorità cittadine furono costrette ad imporre severe misure di razionamento dell'acqua disponibile nei periodi di siccità. Si intrapresero allora diverse iniziative volte all'individuazione di una risorsa alternativa. Sull'altopiano carsico furono individuati i cosiddetti buchi soffianti (si veda il paragrafo 3.6) e in quello più promettente, in una dolina nei pressi dell'abitato di Trebiciano-Trebče, nel 1840 iniziarono degli scavi.

Dopo 5 mesi dagli inizi dei lavori e ad oltre 300 m di profondità, il cavatore Luca Kral e il minatore Antonio Arich (Arič) coordinati da Antonio Federico Lindner raggiunsero un'ampia caverna al cui fondo scorrevano le acque del Timavo. Per l'epoca fu un'impresa straordinaria tanto che per oltre ottant'anni l'Abisso di Trebiciano-Labadnica fu la grotta esplorata più profonda al mondo. Un anno dopo la scoperta vennero realizzate delle scale fisse che permisero un facile accesso alla cavità e che consentirono lo studio e il monitoraggio dell'idrodinamica delle acque. La grotta divenne un punto di attrazione per gli speleologi e gli studiosi da tutto il mondo. Ancor oggi una parte delle scale in legno ristrutturata per l'ultima volta agli inizi del '900 è visibile nel pozzo di accesso alla grande caverna terminale che è stata intitolata a Lindner. Le esplorazioni speleologiche non si conclusero con la scoperta del corso d'acqua, ma proseguirono nel tempo. Agli inizi degli anni '50 furono eseguite le prime esplorazioni speleosubacquee a cura di Walter Maucci e Stefano Bartoli. Si trattò di un'impresa epica realizzata con attrezzature ed equipaggiamenti rudimentali che portò all'esplorazione di oltre 60 metri di vani sommersi e al raggiungimento di una sala allagata (lago Boegan in onore dell'illustre studioso del Timavo). Per l'epoca rappresentò un record mondiale per quanto riguardava la lunghezza del sifone esplorato. Negli anni successivi le esplorazioni speleosubacquee vennero intraprese da numerosi altri gruppi fino alle attuali spedizioni condotte da una squadra di speleosub francesi della Fédération Française d'Études et de Sports Sous-marins (FFESMM) di Marsiglia in collaborazione con la Società Adriatica di Speleologia (SAS)

◀ *Figura 4.2.27: La nuova grotta scoperta dagli spelosubacquei nell'estate del 2022 (Foto: Patrice Cabanel)*



Figura 4.2.28: L'ingresso della Grotta Lindner-Lisčja luknja (Foto: Franco Cucchi)

che ha portato alla scoperta del sifone d'uscita e all'individuazione nell'estate del 2022 di una nuova ampia cavità (160 m lunghezza, 50 larghezza e 60 altezza) al di sotto del buco soffiante della dolina dei 7 Nani nei pressi di Trebiciano-Trebče (Figura 4.2.27).

La Grotta Antonio Federico Lindner (829/3988 VG) (geosito n. 22) si apre presso San Pelagio-Šempolaj a quota 179 m s.l.m. ed ha una profondità di 176 m per uno sviluppo complessivo di 825 m. L'ingresso è sul bordo settentrionale del vasto geosito (n. 22) "Campi solcati di San Pelagio-Šempolaj e Grotta Lindner 829/3988VG", in una dolina allungata relitto di un tratto di cavità portato alla luce dallo spianamento superficiale, in parte dolina di crollo, in parte grotta scopercchiata (Figura 4.2.28). La cavità consta di un'ampia galleria principale inclinata di 40° verso SW e riccamente concrezionata, che è occasionalmente allagata durante le piene, in stretta relazione con le Sorgenti del Timavo distanti meno di 7 km (Figura 4.2.29).

Apparentemente la Grotta Grofova (geosito n. 11) (anche nota con



◀ *Figura 4.2.29:
L'ampia galleria della
Grotta Lindner-Liščja
luknja (Foto: Sandro
Sedran S-Team)*



▶ *Figura 4.2.30:
La grotta di Grofova
Jama è stata
trasformata in
un rifugio e in un
ospedale da campo
durante la Prima
Guerra Mondiale. Il
particolare valore
della grotta è dato
dal rinvenimento di
copiosi sedimenti
montmorillonitici
databili a circa 10
milioni di anni fa
(Foto: Bojan Otoničar)*



il nome di Grotta del Conte o Brezno na Grmadi) (Figura 4.2.30), lunga solo 266 m e profonda 46 sembrerebbe insignificante, mentre invece è, dal punto di vista scientifico, una delle più importanti grotte del Carso Classico. È situata sul versante settentrionale del Monte Ermada-Grmada, sul bordo NW del Carso presso Brestovica pri Komnu, molto vicino al confine con l'Italia. L'ingresso ha una quota di 275 m, circa 150 m più in alto rispetto alla superficie dell'altopiano. L'Ermada-Grmada è stato un importante punto di difesa per gli Austriaci sul fronte dell'Isonzo/Soča durante la Prima Guerra mondiale, così l'esercito Austro-Ungarico trasformò la grotta in un rifugio e in un ospedale da campo, utilizzato fino all'ottobre del 1917.

Il valore scientifico della grotta, formatasi all'interno di calcari e dolomie del Cretacico Inferiore in un'area in cui si alternano calcari e breccie dolomitiche, consiste nella presenza di un importante deposito di riempimento in argilla, potente parecchi metri e composto

principalmente da montmorillonite. Recenti ricerche hanno dimostrato che questi sono i più antichi depositi di riempimento della Slovenia sud occidentale. La cavità, formatasi in condizioni freatiche, venne completamente riempita da montmorillonite, in parte poi dilavata e coperta da argille rosse, contenenti ancora notevoli quantità di montmorillonite. In nessuna altra grotta del Carso e della Slovenia sud occidentale sono state trovate quantità così importanti di montmorillonite pura. Questo minerale argilloso deriva dall'alterazione in superficie di ceneri vulcaniche. Si pensa che le ceneri possano risalire all'eruzione del vulcano Smrekovec in Slovenia settentrionale, ma forse anche dalle eruzioni di uno dei vulcani dell'area mediterranea.

4.2.13 La Falesia di Duino-Devin (geosito n. 9)

Tra la Baia di Sistiana-Sesljan e l'antica rocca di Duino-Devin, gli strati calcarei subverticali conferiscono ad un tratto di costa di un paio di chi-

lometri, un caratteristico aspetto strapiombante. A piccola scala la falesia offre elementi di grande interesse quali forme carsiche superficiali di rara bellezza e sviluppo. Essa inoltre è contraddistinta dall'affiorare di rocce riccamente fossilifere e particolari dal punto di vista petrografico; fra queste, speciale attenzione merita la particolare successione litostratigrafica tardo cretacico-paleocenica condensata. Lenti discontinue di breccia calcarea da rosea a marrone, di bauxiti e di rarissime pisoliti vadose e depositi concrezionati a gour di una paleocavità cretacica, precedono di pochi metri il passaggio Cretacico-Terziario. La falesia raggiunge i 90 metri di altezza e il suo orlo può essere in gran parte percorso seguendo il Sentiero Rilke, la passeggiata che il poeta tedesco Rainer Maria Rilke compiva abitualmente durante il suo soggiorno al Castello di Duino (1911-12), ospite della principessa Maria della Torre e Tasso. Lungo il sentiero, da cui si gode un'ampia panoramica che spazia dal Golfo di Trieste a Koper-Capodistria e alla costa istriana e dalla Laguna di Grado, alla foce dell'Isonzo, si incontrano tutti i tipi di morfologie carsiche epigee, il cui biancore spicca fra il colore del mare e quello della variegata particolare vegetazione.

4.2.14 Le Sorgenti del Timavo (geosito n. 5)

Le Sorgenti del Timavo, a San Giovanni di Duino-Štivan consistono in quattro polle raccolte in tre "rami" da cui fuoriescono gran parte delle acque che si infiltrano nel Carso Classico: in media $30 \text{ m}^3/\text{s}$, con minime di $7.4 \text{ m}^3/\text{s}$ e massime di $158 \text{ m}^3/\text{s}$. A monte delle risorgive si estende un articolato sistema di cavità allagate chiamato "Complesso del Timavo" che collega le sorgenti con la Grotta del Timavo (1844/4583VG) e il Pozzo dei Colombi (215/227VG). Indagini speleosubacquee eseguite negli anni (in particolare i Progetti "Timavo" e "Timavo System Exploration") hanno raggiunto gli 82 m di profondità sotto il livello del mare e rilevato più di 1500 metri di gallerie. Le difficoltà tecniche e logistiche date dalle acque torbide con scarsa visibilità (poco più del metro in buone condizioni), la profondità e la velocità della corrente hanno impedito la prosecuzione delle esplorazioni, ma il percorso ipogeo del sistema Timavo dovrebbe avere uno sviluppo totale di diverse decine di chilometri. Il fiume prosegue poi per meno di 2 km fino a sfociare nel Golfo di Panzano (Mare Adriatico).

In prossimità del 1° ramo sorge la Chiesa di San Giovanni in Tu-



Figura 4.2.31: Il tratto centrale della falesia visto da mare (Foto: Luca Zini)

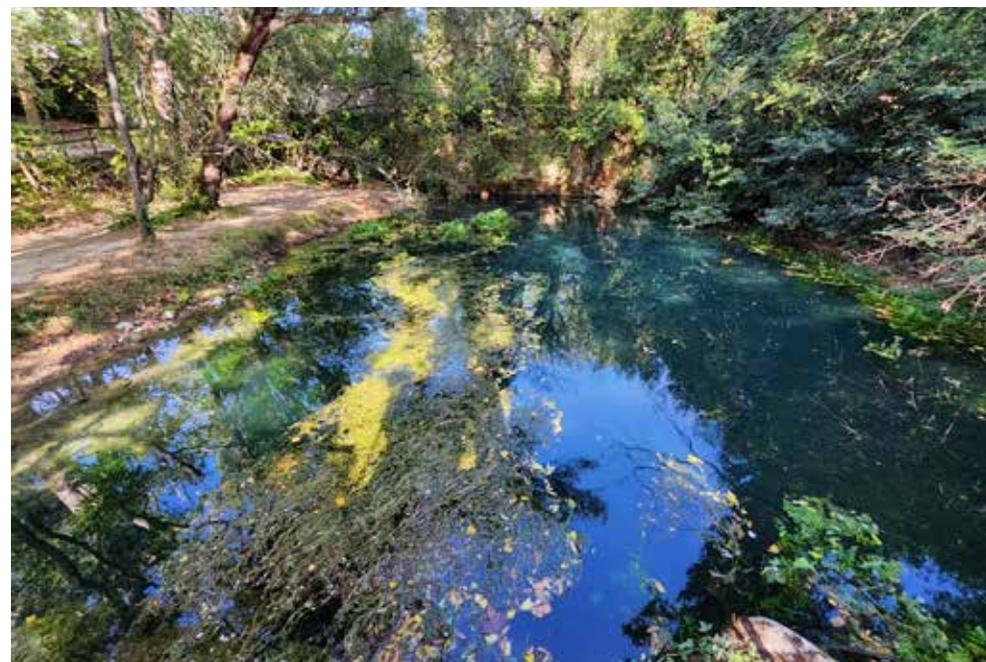


Figura 4.2.32: Le Sorgenti del Timavo, 1° ramo (Foto: Luca Zini)

ba-Štivan, sorta su fondamenta paleocristiane, a poca distanza si apre la Grotta archeologica del Dio Mithra (1255/4202VG), luogo di culto in epoca romana, e a poco più di un chilometro, si rinvengono le sorgenti termali di Monfalcone (geosito n. 4).



IL CARSO E L'UOMO

5.1 Le pietre del Carso

Le rocce calcaree sono in genere buone pietre da costruzione. La stratificazione isola blocchi facilmente squadrabili, la diagenesi assicura caratteristiche geomeccaniche utili, le colorazioni consentono giochi architettonici. Mura, chiese, edifici semplici o imponenti, torri, ponti, lastricati, coperture, statue in pietra calcarea sono quindi variamente sparsi in tutti i paesi. La compattezza, l'omogeneità, la lavorabilità, consentono inoltre ad artisti e ad artigiani la creazione di opere d'arte "povera" o "ricca", che vanno ad adornare edifici o a valorizzare piazze e case.

In alcune aree del Carso Classico, i processi sedimentari hanno favorito la formazione di rocce particolarmente compatte, omogenee e poco suddivise dalle quali è stato ed è possibile ricavare blocchi, anche imponenti, adatti a fungere da architravi, colonne portanti, edifici. Così come si ricavavano e si ricavano tutt'ora blocchi, da cui



Figura 5.1.2: La Cava Romana di Aurisina-Nabrežina: a sinistra gli scavi su versante, in destra gli scavi in galleria (non più attivi)
(Foto: Giancarlo Massari)

◀ *Figura 5.1.1: L'uomo ha da sempre lavorato la pietra in Carso. Con il tempo le antiche conoscenze rischiavano di scomparire, ma sono state rivitalizzate grazie all'impegno di appassionati ed esperti trasmettitori dell'antico sapere e al Partenariato transfrontaliero dell'edilizia carsica in pietra a secco del Carso, che è nato con il programma UNESCO Man and Biosphere. Foto dell'evento Kamenton, ossia la "maratona" del muro a secco che si svolse a Basovizza-Bazovica in autunno 2022 (Foto: Sara Bensì)*

estrarre elementi e oggetti da dedicare ai più svariati usi (Figura 5.1.2). Tanto da essere definiti un tempo "marmi" del Carso.

Le pietre del Carso non sono marmi nel senso geologico del termine, non hanno subito cioè processi metamorfici che ne hanno modificato le originarie caratteristiche petrografiche e mineralogiche. Sono rocce sedimentarie carbonatico-organogene, la cui composizione chimica vede percentuali di CaCO_3 sempre maggiori del 98% e di MgCO_3 minori del 1% con residuo insolubile in tracce. Dal punto di vista geotecnico, in media, il coefficiente di imbibizione è basso e quello di dilatazione termica è insignificante, i valori di resistenza alla compressione, alla flessione, agli urti, all'usura sono ottimi. Tutte le pietre sono quindi buoni "marmi" dal punto di vi-

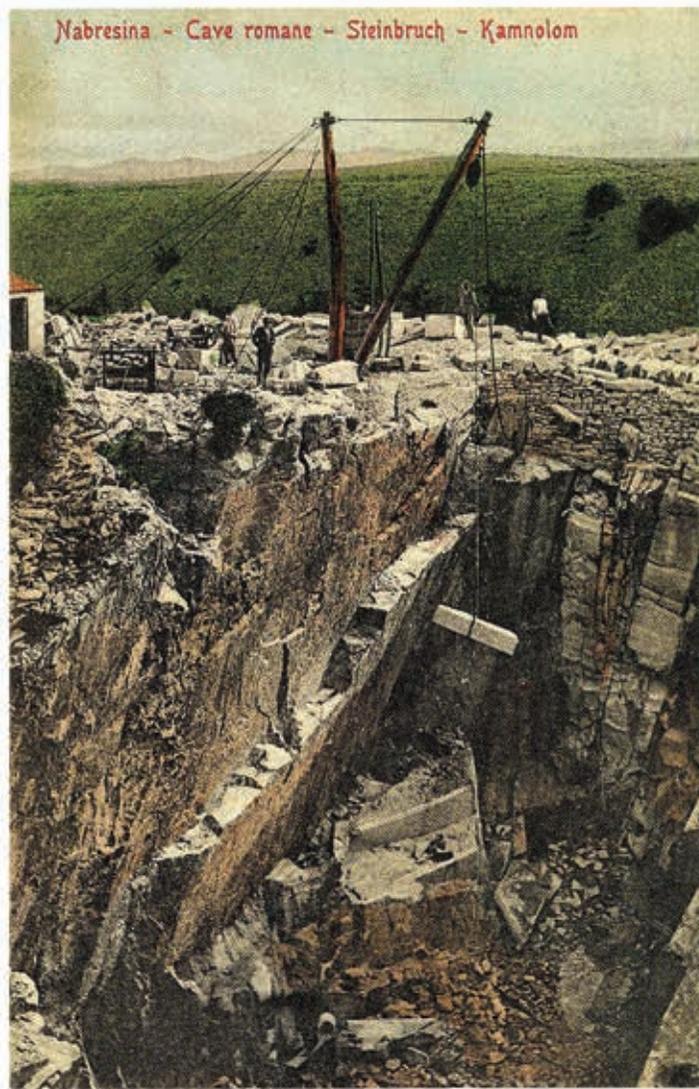


Figura 5.1.3: La Cava Romana di Aurisina-Nabrežina in un'immagine d'epoca.

sta merceologico commerciale ed edilizio, sono rocce suscettibili di lucidatura, adatti alla decorazione, utilizzabili nei più svariati campi dell'edilizia e dell'arredamento.

Accanto alle grandi cave utilizzate fin dai tempi antichi, là dove le condizioni morfologiche e quelle litologiche favorivano l'estrazione di elementi o blocchi utili, l'uomo apriva piccole cave dalle quali traeva il materiale necessario ad edificare case, edifici di culto e di pubblica utilità, muri e tetti.

Al di là dalla praticità di avere i luoghi di produzione vicini a quelli di impiego, le scelte dei materiali devono comunque tener conto della cromaticità, della uniformità, della decoratività oltre che delle caratteristiche tecniche e fisico-meccaniche. Ciò specie in funzione degli impieghi: esterno od interno, ornamento o struttura, lavorabilità o durezza.

Data la variabilità degli ambienti sedimentari che nel Cretacico hanno caratterizzato la Piattaforma carbonatica del Carso, diversi sono i tipi di marmo del Carso commercializzati nel tempo: *l'Aurisina Chiara*, *l'Aurisina Fiorita*, *l'Aurisina Granitello*, *il Roman Stone*, *il Fior di Mare*, *il Lipica unito*, *il Lipica fiorito*, *il Repen*, *il Repen Classico Chiaro*, *il Repen Classico Zolla*, *il Kopriva*. Accanto a questi, molti ancora in produzione, si cavavano i calcari di Komen (Figura 5.1.6) la Breccia carsica, la Stalattite, il Nero Gabria.

Ovviamente, i primi ad utilizzare le pietre calcaree furono gli abitanti dei castellieri, i villaggi fortificati sorti sulle alture a partire dal 1500 a.C. Tuttavia, al di là dagli impieghi per la costruzione delle abitazioni comuni, l'utilizzo delle pietre del Carso in edifici "importanti" sembra aver inizio con l'ampliamento della città romana di Aquileia e del suo porto negli anni 100 d. C. Le varietà provenienti dal bacino di Aurisina erano quelle allora più largamente utilizzate.

In quei tempi, nelle cave si lavorava sia al coperto che allo scoperto: si tagliavano i blocchi scavando solchi con i picconi e gli scalpelli, distaccandoli con cunei di legno poi bagnati o con cunei di ferro poi battuti o forzando con lunghe leve di ferro. Seguiva una lavorazione fuori dalla cava con scalpelli a punta da grossa fina e bocciarde o martelline a denti da grossi a fini, fino a ricavare blocchi o massi combacianti. Per spostare le pietre si usavano bastoni cilindrici, i *curulli*, per sollevarli le *capre* (a una carrucola - *trochlea*) e le *machinae tractoriae* (a più pulegge e carrucole), per traslarli a distanza i verri-

celli, le *sucule*. Per agganciare i blocchi, oltre a semplicemente imbraccarli (ma la fune intralciava le collocazioni), si legavano le funi a dadi o a orecchioni ricavati sulle facce laterali. Oppure si usavano *ferrei forfices*, ferri a forbice o olivelle a più elementi introdotti in fori laterali o al centro della faccia superiore.

Dalla seconda metà del 1800 furono utilizzati esplosivi e polvere da sparo. Agli inizi del 1900 entrarono in uso le perforatrici ad aria compressa e il filo elicoidale, ampiamente utilizzati fino agli anni '80. La movimentazione dei blocchi dipendeva dalla tipologia della cava, di versante, a pozzo o a galleria. Nelle cave di versante i blocchi erano trasportati lungo percorsi inclinati e movimentati con vericelli. Nelle altre la movimentazione dei blocchi (ma anche del materiale di scarto) poteva essere effettuata solo con l'ausilio di potenti mezzi di sollevamento (gru a torre, *derrick*), che fino a tempi recenti erano indispensabili nelle operazioni di cava. Al giorno d'oggi, il sollevamento del blocco è effettuato da potenti pale meccaniche.

Oggi, le moderne tecniche di scavo consentono di tener conto delle passate tipologie di estrazione e dei sistemi di suddivisione della roccia e delle sue eteropie e in definitiva di scegliere i fronti di avanzamento. Si effettuano sondaggi di dettaglio a carotaggio continuo, si lavora su fronti a gradoni, in fossa, in galleria. Il lavoro di estrazione è facilitato dai moderni macchinari: sonde pneumatiche perforano la massa rocciosa, attraverso i fori vengono fatti passare fili diamantati e tagliatrici a catena che, mossi da motori, tagliano la roccia. I blocchi vengono poi separati da martinetti, selezionati e ritagliati in dimensioni commerciali, imbragati da potenti pale meccaniche e portati sui piazzali di lavoro e smaltimento. Al coperto, altre seghe diamantate tagliano il blocco, separando lastre dello spessore e delle dimensioni volute. Queste, trasferite su telai a lame diamantate o su frese e poi a levigatrici e lucidatrici, divengono manufatti lavorati in modo da essere adatti ai vari impieghi.



Figura 5.1.4: La parte sommitale del Mausoleo di Teodorico a Ravenna (Foto: Franco Cucchi)

Agli inizi del primo millennio, la presenza delle pietre del Carso nella *X Regione Augustea Venetia et Histria* era connessa all'uso sepolcrale, con urne sigillate da coperchi, epigrafi, stele e are, distribuite lungo le due arterie principali, la via Julia Augusta e la via Postumia. Poi Aquileia venne man mano ad assumere maggior importanza strategica ed economica, per cui iniziò a dotarsi di templi, fori, teatri, edifici. Alle officine in Aquileia arrivavano blocchi squadrati che venivano lavorati in loco e poi distribuiti in città e nel territorio circostante. La massima diffusione si ebbe tra il I e il III secolo d.C. I blocchi cavati nella zona del Carso di Aurisina-Nabrežina venivano inviati verso il porto di Aquileia dal porticciolo della vicina Baia di Sistiana. Una volta arrivati ad Aquileia o venivano utilizzati in loco o, lungo vie d'acqua interne, venivano avviati verso la Padania. Anche a Tergeste (Trieste), sul *Capitolium* di San Giusto, sorgevano numerosi edifici monumentali per i quali l'uso massiccio di pietra del Carso consentì notevoli risparmi garantendo la solidità e l'imponenza.

Fra i blocchi cavati tuttavia, quello più famoso è l'*ingens saxum*, la copertura monolitica del Mausoleo di Teodorico a Ravenna, Patrimonio dell'Umanità dell'UNESCO dal 1996. È un unico blocco circolare, con un diametro di 10,76 metri e uno spessore di 3,09 metri, il che significa quasi 300 tonnellate di roccia! Resta un mito della nostra cultura come siano riusciti le operazioni di isolamento del blocco, la movimentazione fino a Ravenna e il posizionamento (intorno al 520 d.C.) sulla struttura decagonale – circolare del mausoleo, anch'essa in pietra di Aurisina e alta una quindicina di metri (Figura 5.1.4).

Scarse sono le testimonianze dell'uso delle pietre del Carso in opere importanti di epoca medioevale e fino al 1700, quando Trieste e dintorni assunsero importanza come porto franco dell'Impero Asburgico. È dal 1850 in poi che per tutte le cave del Carso iniziò il periodo delle maggiori fortune. La costruzione della Ferrovia Meridionale



*Figura 5.1.5: Alcuni campioni di Lipica fiorito (in alto a sinistra) e di Lipica unito (in basso a sinistra), tratti dalla cava di Lipica (denominati Aurisina Fiorita e Aurisina Chiara), di Repen (in alto a destra) e di Kopriva (in basso a destra) provenienti dalle cave di Doline (Repen Classico Zolla e Repen Classico Chiaro) e il nero scuro Kazlje
(Foto: Bogdan Jurkovšek)*

Vienna-Trieste e quella dell'Arsenale per le navi del Lloyd Austriaco, su progetto del danese C. Hansen, furono il volano che portò le pietre del Carso all'attenzione del mondo europeo e non solo. Accanto all'Arsenale e ai viadotti della ferrovia sorsero, a firma dei più autorevoli architetti e progettisti del tempo, palazzi prestigiosi a Trieste (il Palazzo del Lloyd Austriaco poi Adriatico, ad es.), a Vienna (l'Università, il Parlamento e il Palazzo Imperiale, ad es.), a Budapest (l'Opera di Stato e il Parlamento ad es.) e in altre città europee. Seguirono nel 1900 interventi imponenti, come la Stazione Marittima triestina, la Stazione ferroviaria di Milano, la Biblioteca Nazionale di Roma e le Metropolitane di Francoforte, di Atlanta, di Milano, la Défence a Parigi.

Dai riscontri sul terreno, dalle fonti scritte e dalla tradizione orale, è appurato che nel 18° e 19° secolo erano più di 400 le cave aperte nel Carso Classico. Molte delle cave "minori" ancora oggi sono individuabili anche se oblite dalla progredire della vegetazione, tanto che si pensa di recuperarne alcune per restaurare tetti, finestre e portali di edifici antichi degradati. Fin dai primi insediamenti, quasi l'intera popolazione è stata coinvolta in qualche modo nel processo di estrazione della pietra. La popolazione locale si specializzò nel lavoro nelle cave o nel taglio della pietra, organizzandosi in diversi laboratori di scalpellini. In questa regione, fino all'inizio del '900, praticamente ogni famiglia aveva almeno un membro coinvolto in una delle attività e ne ricavava modesti guadagni.

Oggi, nella parte slovena del Carso, due sole società possiedono le concessioni per l'estrazione del calcare. La prima estrae blocchi di pietra in diverse località: Kopriva (varietà Kopriva), Doline (varietà Repen) e Lipica (varietà Lipica unito e Lipica fiorito). L'altra è una piccola azienda che ha una cava a Debela Griža pri Povirju ed estrae la varietà Repen (Figura 5.1.5).

Per quanto riguarda la parte italiana del Carso, nel bacino di Aurisina operano una piccola azienda e un Consorzio del quale fanno parte alcune realtà che coltivano più cave. Il materiale cavato è quello prettamente locale: Aurisina chiara, Roman stone, Aurisina fiorito, Aurisina granitello. Nell'area di Col e Repen una terza azienda cava le varietà Repen e Fior di Mare.

Dato che l'attività estrattiva fa parte della tradizione e dell'identità dell'area, le cave aperte nel Carso devono essere preservate, ovvia-



Figura 5.1.6: Cava abbandonata presso Gabrovica (Slovenia), dove si estraevano i calcari fittamente stratificati della formazione di Komen da utilizzare per la realizzazione di tetti e pavimenti (Foto: Bogdan Jurkovšek)

mente tenendo conto della vulnerabilità estetica e ambientale locale. Le cave abbandonate sono spesso un elemento di suggestione del paesaggio culturale, soprattutto laddove l'estrazione e la lavorazione della pietra costituivano la principale attività economica di un'intera area. Sono spesso percepite come "ferite" nell'ambiente naturale, ma oggi offrono altri possibili usi. Nelle cave in attività e nei giacimenti di dimensioni e caratteristiche merceologiche potenzialmente interessanti, l'estrazione deve continuare rispettando elevati standard ambientali. Le cave più piccole dovrebbero essere a loro volta preservate per consentire un'estrazione limitata di quelle varietà di pietra carsica adatte al ripristino e il recupero dell'autentica architettura carsica locale.



5.2 Il Carso come paesaggio culturale

La pietra è la protagonista indiscussa del paesaggio culturale carsico, dalla preistoria ai tempi moderni. È stata la pietra a permettere alle culture di erigere costruzioni in aree urbane e rurali dalla preistoria fino a quando il XX secolo ha lasciato il posto al cemento. Questa pratica secolare ha creato uno specifico paesaggio carsico composto da una rete di innumerevoli muri a secco e da una varietà di edifici in pietra – rifugi di pastori, case e villaggi, fortezze e castelli, chiese e cappelle. La stessa pietra è stata raccolta, tagliata, assemblata e utilizzata per scopi civili, militari e religiosi per generazioni. Le tracce che troviamo ancora oggi sono la prova di una volontà e di una capacità ininterrotta di sfruttare questo materiale caratteristico del Carso: il calcare.

I castellieri

Le costruzioni più antiche del Carso sono gli insediamenti collinari noti come castellieri (in sloveno *kaštelir*, *gradišče*) risalenti all'età del Bronzo e del Ferro: piccoli villaggi costruiti sulle cime delle colline e fortificati a scopo difensivo. I muri erano costituiti da pietre sovrapposte, erette a secco, senza qualsiasi legante. Questi insediamenti erano circondati da uno o più muri concentrici di forma circolare o ellittica piuttosto massiccia, all'interno dei quali si sviluppava l'abitato, il cui perimetro solitamente poteva raggiungere il chilometro; castellieri più estesi erano relativamente più rari (Figura 5.2.1).

I castellieri erano generalmente situati su colline o in posizioni dominanti, secondo la configurazione naturale del terreno. Ne esistono centinaia, con forme e dimensioni diverse, in relazione all'età e alle caratteristiche morfologiche dei luoghi in cui sono stati costruiti. I castellieri, sorti inizialmente come insediamenti temporanei per i pastori, divennero poi insediamenti permanenti e rimasero tali per più di un millennio, dal XV al III secolo a.C. Persero la loro funzione residenziale con l'arrivo dei Romani, quando furono trasformati in presidi militari e in gran parte rovinati durante le conquiste. Sulla

base del materiale archeologico rinvenuto nelle rovine, è stato possibile ricostruire le condizioni di vita, gli usi e i costumi delle comunità dell'area carsica dall'età del Ferro ai primi insediamenti romani. Con l'arrivo dei Romani furono introdotti nuovi modelli insediativi, con la creazione di centri commerciali, amministrativi e religiosi. I nuovi abitati vennero costruiti nelle pianure sottostanti i forti, nelle posizioni più favorevoli vicino ai terreni agricoli, dove nella maggior parte dei casi si trovano ancora oggi.

Nel tumultuoso periodo del tardo antico, quando in questi luoghi iniziarono a sgretolarsi le fondamenta dello Stato romano, il baricentro degli insediamenti si spostò nuovamente in luoghi più remoti e di difficile accesso. Alcuni insediamenti collinari furono fortificati nuovamente e utilizzati fino al declino del periodo antico, mentre altri sono sopravvissuti fino a oggi. Questo duplice modello, con insediamenti in pianura e in collina (ad esempio Štanjel), caratterizza il paesaggio culturale carsico fino ai giorni nostri. Nel Medioevo, sui siti delle precedenti fortificazioni, furono costruite rocche (*tabor*) e anche castelli.

Il *Gradec* presso Rupinpiccolo-Repnič è un interessante esempio di castelliere dove le mura originarie si sono conservate bene e sono state in parte ricostruite per presentarle ai visitatori. Su una bassa collina, oltre ai resti delle strutture murarie difensive dell'abitato, è visibile la porta del castelliere della prima età del Ferro.

Un'altra importante fortezza è quella del Tabor o Rocca di Monrupino-Repentabor (Figura 5.2.2). Questo luogo è il prodotto della stratificazione di edifici di epoche diverse, su un colle in posizione strategica che oggi domina da un lato il Carso triestino e dall'altro il Carso sloveno. Fu prima castelliere preistorico, poi *castellum* romano fortificato e infine fortezza difensiva contro le popolazioni avversarie. Il castelliere di Monrupino, le cui mura in pietra si possono ammirare a metà collina, è tra i più grandi della zona con i suoi 1.600 metri quadrati e uno dei più attrezzati. La Rocca di Monrupino è uno dei *tabor* medievali meglio conservati del Carso. I *tabor* sono insediamenti fortificati, solitamente con una chiesa, che servivano da rifugio durante le invasioni turche e sono presenti in tutto il territorio della Slovenia. A quel tempo, dall'alto dei Tabor segnalavano l'avvicinarsi di una minaccia attraverso l'accensione di falò.

◀ Figura 5.2.1: Il castelliere di pianura Debela griža presso Volčji Grad (Foto: Roberto Valenti)



Figura 5.2.2: Casa della comunanza all'interno della Rocca di Monrupino-Tabor (foto: Sara Bensi)

Un insediamento preistorico occupava anche l'intera parte superiore della collina di Štanjel, situata ai margini dell'altopiano del Carso. Controllava la maggior parte del Carso di Komen e i passaggi attraverso le valli dei fiumi Raša e Branica. Secondo i risultati di un'indagine archeologica, le origini dell'insediamento risalgono già all'età del Bronzo, ma la maggior parte dei ritrovamenti appartengono all'età del Ferro. I ricchi strati dell'insediamento e i resti di edifici preistorici costruiti con muri a secco confermano che la collina fu intensamen-

te abitata nella prima metà del I millennio a.C., durante la Prima età del Ferro. I resti dell'architettura romana e i numerosi reperti romani sulla collina dello Štanjel rivelano che questo era un importante insediamento romano e un avamposto tardo-romano. Nel periodo tardo-romano, una fortezza o una torre sorgeva in cima alla collina e veniva usata dai soldati per controllare il passaggio verso la Valle del Vipacco. L'area di Gledanica offre una buona comunicazione visiva con il valico montano di Hrušica (*Ad Pirum*), attraverso il quale la principale strada romana arrivava dall'Italia (Aquileia) al bacino di Lubiana (*Emona*) e più avanti verso la Pannonia. Le rovine in cima alla collina sono molto probabilmente i resti di una torre del XIII o del XIV secolo. Sotto la torre venne costruito un villaggio, che gradualmente è stato trasformato in un *tabor* fortificato.

Degno di nota è anche il castelliere di Slivia-Slivno, di cui sono ancora visibili resti della struttura muraria e delle mura. Fu costruito nell'età del Bronzo medio e fu abitato per quasi tutta l'età del Ferro. È uno dei castellieri più significativi di questa zona del Carso ed è conosciuto per i suoi ricchissimi resti archeologici.

Vahta pri Kazljah è uno dei castellieri più grandi e ben conservati della parte slovena del Carso. Questo sito preistorico di straordinarie dimensioni presenta un doppio anello di valli difensivi in pietra, che si sono quasi completamente conservati. Di pari importanza e ben conservato è pure il castelliere di pianura chiamato Debela griža presso Volčji grad. I castellieri di Brestovica, Sveto pri Komnu, Škrbina, Temnica, Kobdilji, Škocjan pri Divači, Povir, Tomaj, Rodik e altri ancora sono giunti a noi ugualmente conservati.



Figura 5.2.3:
Muro a secco
(sinistra) e hiška
(destra), elementi
caratteristici del
paesaggio culturale
del Carso
(Foto: Sara Bensi)

Resti tipici di architetture del tardo medioevo sono, oltre alla Rocca di Monrupino, anche le torri conservate a Dolenja vas e a Lokev; ma l'esempio forse più eminente dell'architettura difensiva medievale è il castello di Duino-Devin.

Muri a secco e hiške

La pietra, già utilizzata nell'età del Bronzo per la costruzione di castellieri, veniva impiegata anche come materiale da costruzione per i muretti a secco: una tecnica che permetteva di bonificare i terreni agricoli, proteggere il suolo e le piante dal forte e freddo vento di bora, e allo stesso tempo di dividere le proprietà. I muretti sono diventati un elemento caratteristico del paesaggio dell'altopiano carsico, caratterizzato dalla scarsità sia d'acqua che di suolo; un terreno poco adatto alle attività agricole e utilizzato soprattutto per il pascolo.

All'esterno degli insediamenti, solitamente ai margini dei campi e

accanto ai muretti a secco, si sono sviluppate particolari strutture, di solito a pianta circolare e con tetto in lastre di pietra calcarea. Queste sono chiamate *hiške* - casette e sono rifugi primitivi che venivano utilizzati dai pastori o dai contadini che lavoravano nei campi lontano dai villaggi (Figura 5.2.3). Nella quasi totalità dei casi si tratta di strutture architettoniche semplici, con un'unica stanza, costruiti da blocchi e lastre di calcare disponibili in natura. La *hiška* è costruita con lastre di pietra sovrapposte che, una volta raggiunta l'altezza desiderata, convergono verso il centro, formando una pseudo-cupola. La superficie media è di circa 2 metri quadrati scarsi (può variare da meno di un metro a quasi 5 metri quadrati); mentre l'altezza media interna è attorno al metro e mezzo. Le forme sono per lo più cilindriche e prismatiche. Se hanno una porta, essa si apre verso l'interno e l'apertura è sempre sul lato opposto alla direzione est-nord-est, da cui soffia la bora.

La casa carsica (*kraška hiša*)

Le case tradizionali sono di solito piccole abitazioni a una sola cellula, a volte con una cucina aggiuntiva, spesso separata (*spahnjenca*); oppure strutture leggermente più grandi con un secondo piano e una scala esterna, che di solito rappresentano la parte residenziale di un casale con un cortile murato (*borjač*). La casa carsica tradizionale è costruita con pietra grezza o semilavorata un tempo ricavata pure dalla pulizia dei campi e pascoli. La struttura portante del tetto è costruita con travi di legno di quercia, mentre la copertura era costituita in una prima fase da paglia, successivamente da lastre di pietra (*škrle*) e molto più tardi da tegole. Insieme alla calce e al legno, l'uso della pietra locale permetteva agli abitanti del Carso una completa autonomia nella costruzione delle loro case.

A Repen si trova la Casa Carsica, trasformata in museo nel 1968, dove è possibile conoscere la caratteristica architettura carsica in tutte le sue sfaccettature e vedere arredi, utensili e oggetti domestici al suo interno. Si tratta di un complesso costituito da un cortile chiuso (*borjač*) e da un portale in pietra (*kaluna*). La casa ha un tetto in lastre di pietra calcarea, finestre quadrate con inferriate, porte con traverse triangolari e rettangolari, scale in pietra per raggiungere il ballatoio in legno (*gank*) (Figura 5.2.4, sinistra). All'interno si trova la cucina lastricata in pietra con forno per il pane, camino aperto e caratteristica nicchia nella parete per l'acqua (*škafenca*) con una mensola per i vasi e il recipiente per l'acqua. Gli edifici che si affacciano sul cortile sono la stalla, il pollaio, il letamaio, il fienile e la rimessa degli attrezzi. Nel museo, ogni due anni, alla fine di agosto, si celebrano le nozze carsiche (vedi Capitolo 5.3), un importante evento etnografico per le popolazioni locali (Figura 5.2.4, destra).

Anche la casa carsica di Štanjel è stata ristrutturata e trasformata in un museo con una col-

lezione etnologica. Al piano terra si trovano i locali agricoli, mentre il primo piano è dedicato alla parte residenziale della casa. L'acqua piovana proveniente dal tetto ricoperto di lastre di pietra viene incanalata attraverso le grondaie in pietra nel monumentale pozzo pubblico accanto alla casa, che testimonia l'importanza dell'acqua per il Carso. La casa riflette le peculiarità architettoniche delle case carsiche originali costruite in epoca romanica e gotica.

Škratelnova domačija a Divača è stato un imponente casale carsico che risale al XVII secolo, dove la parte residenziale era rappre-



sentata dalla *Skrateljnova hiša*, tipica casa carsica a due piani e una cucina, aggiunta successivamente (Figura 5.2.5). La facciata dell'edificio è molto dinamica, con tetti a forte pendenza ricoperti da lastre di calcare tabulare, mentre il tetto che copre il ballatoio è ricoperto da tegole in laterizio. Gli edifici ausiliari, tra cui il fienile e la stalla, nonché il porcile recintato e la cantina, hanno tetti in tegole. L'intero complesso ospita oggi il Museo degli attori cinematografici sloveni con una mostra permanente in onore dell'attrice cinematografica Ita Rina, nata a Divača nel 1907.

Figura 5.2.4:
A sinistra – Kraška hiša – la casa carsica di Repen
(Foto: Roberto Valenti);
a destra - un dettaglio della casa durante le
tradizionali nozze carsiche nel 2022
(Foto: Sara Bensi)

Figura 5.2.5:
La casa carsica Škrateljnova hiša a Divača
(Foto: Mitja Guštin)





◀ Figura 5.2.6:
Il villaggio fortificato di Štanjel
(Foto: Jošt Gantar)

I villaggi del Carso

Nel corso del tempo, la forma dei villaggi è cambiata, mettendo in fila case e altri edifici. Si formarono così lunghe strade chiamate *gase*, caratteristiche degli insediamenti carsici del periodo medievale. In seguito, le case furono disposte intorno ai cortili (*borjač*), con alti muri di pietra e un passaggio con un portale di pietra (*kaluna*). Gli edifici dei villaggi si assomigliano per aspetto e dimensioni,

e perfino l'architettura delle chiese o delle fortezze non differisce troppo da quella delle case. La pietra calcarea è il materiale predominante utilizzato per la costruzione di edifici manufatti. Tutto ciò che veniva scolpito per uso domestico era in pietra, come, ad esempio, i rivestimenti dei pozzi, le grondaie, i contenitori per il lardo, le mangiatoie per gli animali.

Molti villaggi, nel loro insieme o almeno nelle loro parti centrali, hanno conservato un disegno medievale, con una rete di strade che collegano le singole fattorie. Uno degli esempi più eccezionali di architettura e cultura carsica è Štanjel (Figura 5.2.6). Il villaggio compatto si sviluppa lungo i vicoli sul pendio della collina, all'interno di mura difensive. Sul lato orientale il villaggio si estende il caratteristico Giardino Ferrari del periodo tra le due guerre mondiali, progettato dall'importante architetto sloveno Maks Fabiani. Sotto l'ingresso del paese si trovano un castello e una chiesa, che insieme formano un'ampia piazza con una fontana.

Architettura sacra

Quasi ogni villaggio del Carso ha la sua chiesa o almeno una cappella, e tutte costituiscono una parte importante dell'armonioso paesaggio carsico. La chiesa di Nostra Signora dell'Assunzione a Šmarje pri Sežani è tra quelle con lo stile gotico originale meglio conservato (Figura 5.2.7), con un tetto ripido in pietra e un campanile sopra l'ingresso. La chiesa di Sant'Egidio a Sveto, vicino a Komen, è classificata tra i più importanti monumenti di architettura sacra in Slovenia. La chiesa ha una singolare navata ottagonale, coperta da un tetto a forma di ombrello che è sostenuto da un unico pilastro, un tempo in legno. Il Santuario di Monrupino conserva la struttura cinquecentesca degli edifici e delle mura; il corpo centrale dell'edificio poggia sul ripiano interno del *tabor*, mentre l'abside poggia direttamente sulla rupe esterna. In Val Rosandra l'antica chiesa di Santa Maria in Siaris, costruita su un ripido sperone roccioso, risale al XIII secolo. Per lungo tempo è stata meta di pellegrinaggi.

I castelli

Soprattutto nel settore settentrionale del Carso si trovano i resti di castelli, fortezze e rocche di fondazione medievale e moderna. Ma, tra i castelli più recenti, quello più notevole è forse la residenza asburgica del Castello di Miramare (Figura 5.2.8), affacciata sul mare. Per raggiungerla, Massimiliano d'Asburgo fece costruire a metà del XIX secolo la stazione ferroviaria lungo la storica linea Vienna-Trieste.

Nella parte più meridionale del Carso si trovano rovine di edifici militari medievali, costruiti per proteggere i collegamenti e le rotte commerciali verso Istria e Lubiana, come ad esempio il castello di Moccò (Muhov grad) in Val Rosandra.

La prima ferrovia

Per collegare la città di Vienna con la parte meridionale dell'Impero asburgico e il porto di Trieste, nel 1857 fu inaugurata la *Südbahn* o Ferrovia del Sud. Per ovviare al dislivello tra Divača e Trieste, la ferrovia dovette essere realizzata in mezzo a doline e altri fenomeni carsici, diventando così una componente importante di questa parte del Carso. Per lo stesso motivo, tra Trieste e Monfalcone, nel 1928 fu aperta una nuova strada costiera triestina (la Strada Costiera

Figura 5.2.7: Chiesa di Nostra Signora dell'Assunzione a Šmarje pri Sežani (Foto: Fabiana Pieri)



Figura 5.2.8: Il Castello di Miramare nel Golfo di Trieste (Foto: Giancarlo Massari)



Trieste), che attraversa le pendici del Carso poco prima di una galleria naturale (Crepa Magna) fino a Sistiana-Sesljan e offre splendide vedute sull'intreccio di varietà di strati rocciosi, sulla baia, sulle alte pendici, sulle scogliere sottostanti e sul Castello di Duino da un lato, e sul Castello di Miramare e la città di Trieste dall'altro.

Architettura militare

Le numerose testimonianze della Prima e della Seconda guerra mondiale lasciate sul terreno sono "musei a cielo aperto" dove è possibile visitare trincee, forti, gallerie, mulattiere e rifugi militari in buono stato di conservazione.

5.3 Agricoltura, tradizioni e geoprodotto del geoparco

Il Carso è un territorio con una storia millenaria, che è ancora possibile leggere nella cultura materiale e immateriale. L'agricoltura ha sempre plasmato il paesaggio e si riflette nelle produzioni agroalimentari, nella cucina e nelle feste popolari.

L'area del geoparco è un luogo peculiare con diverse caratteristiche naturali. Esse influenzano le attività umane, in particolare l'agricoltura, la cucina e le relative tradizioni, che si sono sviluppate nel tempo e sono ancora vive oggi. I prodotti, gli usi e i costumi locali sono numerosi e spesso diversi da un villaggio all'altro. In questo capitolo vengono presentati i più tipici e importanti che possono costituire una spina dorsale per l'offerta turistica sostenibile del geoparco.

5.3.1 Agricoltura

Prendendo in considerazione i fattori geografici e storici e aggiungendo tutte le caratteristiche ambientali dell'area del geoparco (geologiche, idrogeologiche, botaniche, climatiche...) possiamo notare che il territorio del geoparco presenta caratteristiche di ruralità con piccoli insediamenti dove le attività agricole sono state la principale fonte di sopravvivenza per secoli.

Le tracce dell'uso preistorico del suolo con la divisione dei campi nel Carso suggeriscono che le attività principali fossero l'allevamento di bestiame di piccola e grande taglia e l'agricoltura. La vegetazione naturale è costituita da foreste che sono state ampiamente disboscate soprattutto per il pascolo, la produzione di fieno e per i campi. La deforestazione ha accelerato l'erosione ad opera dell'acqua e del vento, che hanno gradualmente trasformato il Carso in un paesaggio arido nel corso dell'ultimo millennio. Nel XIX secolo è iniziata la riforestazione sistematica, prima con la quercia e poi con il pino nero. I cambiamenti economici e lo sviluppo di settori economici non agricoli nella seconda metà del XX secolo hanno contribuito molto alla diminuzione della popolazione agricola attiva. L'abbandono dell'agricoltura ha portato a un'intensa rinaturazione dei terreni agricoli, tuttora in corso. Un'altra ragione dell'abbandono di campi e prati è l'inadeguatezza dei terreni carsici alla coltivazione meccanizzata.



Figura 5.3.1: Il pascolo è una forma di contrasto alla perdita di biodiversità dovuta al rimboschimento naturale (Foto: Roberto Valenti)

Il Carso e la vicina regione di Brkini sono stati per tutta la storia una periferia rurale di Trieste. Rifornivano la città di generi alimentari, legna da ardere, prodotti artigianali e anche ghiaccio. Quest'ultimo veniva tagliato ed estratto dai *kal* (stagni poco profondi con acqua stagnante) in inverno e conservato in ghiacciaie, chiamate *ledenice*, naturali (grotte) o artificiali. La temperatura al loro interno era costante, quindi il ghiaccio si conservava per gran parte dell'anno. In estate, il ghiaccio veniva tagliato, esportato e venduto a Trieste.

Le condizioni climatiche ed edafiche hanno permesso lo sviluppo della viticoltura e della frutticoltura, favorendo lo sviluppo di una lunga tradizione agronomica. I frutti che vengono comunemente coltivati nei frutteti sono ciliegie, prugne, pesche e noci, e di solito vengono utilizzati per autoconsumo e non per la vendita. La frutticoltura è particolarmente importante nella parte sud-orientale dell'area del geoparco, a Brkini. Qui le condizioni sono più adatte e a partire dalle coltivazioni si producono anche frutta secca e liquori.

Altre attività che si svolgono qui sono il turismo agricolo, la produzione di olio d'oliva, l'allevamento di bestiame da latte e la produzione di formaggi.

La viticoltura è probabilmente uno dei comparti più rinomati dell'agricoltura e una delle principali fonti di reddito. Nonostante il terreno carsico sia roccioso e brullo, la zona è una riconosciuta regione vinicola con varietà di fama internazionale: particolarmente importanti sono le varietà autoctone, quali Glera, Vitovska, Malvasia, Refosco e Terrano (Figura 5.3.2).

5.3.2 I geoprodotti

La natura geologica dell'area influenza le produzioni locali e in particolare quelle agroalimentari, che vengono illustrate in questa sezione.

Terrano

Il Terrano (in sloveno *Teran*) è una varietà di vino slovena e italiana (da non confondere con un vitigno completamente diverso, anch'esso chiamato Teran, autoctono della parte croata della penisola istriana), che detiene il marchio DOC. È stato coltivato fin dall'antichità, citato in fonti romane e greche, nonché in fonti tedesche medievali e nella

“Gloria del Ducato di Carniola” del naturalista ed eclettico sloveno Valvasor del XVII secolo. Fa parte della famiglia dei vitigni del Refosco, ma trae il suo gusto e il suo colore caratteristici dal terreno carsico, noto come Terra Rossa. In quanto tale, è indissolubilmente legato alla roccia carbonatica ed è senza dubbio uno dei geoprodotti più tipici. Il vino Terrano viene prodotto esclusivamente sull'altopiano carsico, sia sul versante sloveno che su quello italiano. Il Terrano è la principale uva da vino rosso di questa regione.



Figura 5.3.2:
Paesaggio carsico con vigneto
(Foto: Bogdan Jurkovšek)

Prosciutto del Carso

Il prosciutto del Carso (*Kraški pršut*) appartiene al gruppo dei prosciutti crudi mediterranei e ha un'indicazione geografica protetta dalla UE (IGP). La protezione del prosciutto del Carso deriva dalle caratteristiche naturali e climatiche della regione del Carso, dalla tradizione e dal trasferimento delle conoscenze degli abitanti del luogo alle generazioni di oggi, dalla sua reputazione di lunga data e soprattutto dalla sua qualità distintiva. Si tratta di una coscia o di un cosciotto di maiale, stagionato a secco per almeno 9 mesi secondo la ricetta tradizionale che, insieme al particolare clima carsico con vento di bora, fa evolvere la consistenza, il colore, l'odore e il sapore tipici del prosciutto del Carso. Il clima carsico si riflette anche in altri prodotti a base di carne secca tipici della zona: *zašink* (collo di maiale), pancetta, salame e così via.

Brinjevec (Gin del Carso)

Il *Brinjevec* (o *Brinovec*) è una bevanda alcolica forte (tra il 40% e il 50% di alcol), prodotta nella parte slovena del geoparco. Viene distillato solo dalle bacche di ginepro (*Juniperus communis*, *brin* sloveno) macinate e fermentate e si differenzia da bevande simili che hanno basi alcoliche diverse con l'aggiunta di aroma di ginepro (*Compound Gin*, *Borovička* slovacca, *Jenever* olandese, *Klekovača* serba, ecc.)

Brkinski slivovec (acquavite di prugne di Brkini)

È un'acquavite di prugne prodotta con prugne autoctone locali. Il *Brkinski slivovec* viene prodotto esclusivamente nella parte sud-orientale dell'area del geoparco in speciali pentole di rame ed è una bevanda protetta da un'indicazione geografica (IG) ai sensi della normativa slovena.

Miele del Carso

Grazie alla posizione geografica e alle condizioni climatiche, il Carso presenta una composizione floreale unica di erbe, trifogli, erbe aromatiche, boschi e arbusti che offrono alle api la possibilità di bottinare in un contesto vario e ricco di sostanze aromatiche, che si riflette nell'aroma specifico, pieno e vivace del miele prodotto e nel suo colore intenso. Le piante mellifere tipicamente carsiche sono il ciliegio canino, lo scotano, la santoreggia montana, la salvia, il timo.

In Slovenia, l'apicoltura ha una lunga e ricca tradizione, il miele viene prodotto sotto una rigida regolamentazione e solo da un'ape protetta a livello nazionale, l'ape carniola (*Apis mellifera carnica*). Pertanto, il miele sloveno (IGP), tra cui anche il *Kraški Med*, miele del Carso (DOP), è protetto dalla legislazione nazionale ed europea.

Sul versante italiano del geoparco sono attivi un centinaio di apicoltori, per lo più di piccole o medie dimensioni, per un totale di circa mille alveari nell'area. Una menzione particolare merita il miele di ciliegia Marasca PAT (Prodotti Agroalimentari Tradizionali), il cosiddetto miele di "marasca" che deriva dal nettare del ciliegio canino (*Prunus mahaleb*), un albero-arbusto che cresce tipicamente sui substrati carbonatici del Carso. Il marasca è tipicamente di colore ambrato rosastro e ha un sapore leggermente amaro con aroma di mandorle.

Formaggio del Carso

Come già detto, l'area del geoparco ha una lunga tradizione di allevamento di bestiame da latte e una composizione floreale specifica con elevata varietà di erbe aromatiche. Ciò si traduce in un caratteristico e ricco aroma e gusto del formaggio, anche senza alcuna aggiunta. Una specialità della zona è il formaggio, prodotto da un contadino locale vicino ad Aurisina - Nabrežina, con un processo di maturazione singolare che lo rende unico nel suo genere. La stagionatura del formaggio avviene per la maggior parte in una grotta carsica profonda 70 metri; per questo motivo è stato chiamato *Jamar* (letteralmente "speleologo" in sloveno). A Komen c'è anche una cantina che affina il formaggio autoctono del Carso a temperatura e umidità controllate in un'antica *štirna*, il tradizionale pozzo carsico, a sei metri di profondità.

Olio d'oliva Tergeste

L'olio extravergine di oliva Tergeste (DOP) è prodotto nella parte italiana del geoparco, nella fascia di territorio che va dal comune di Duino Aurisina – Devin Nabrežina a San Dorligo della Valle – Dolina. Viene ottenuto dalla varietà autoctona di olivo *Belica* o *Bianchera*, che deve costituire almeno il 20% degli oliveti, unite ad altre varietà comuni. L'olio Tergeste ha un colore verde-dorato, un aroma fruttato e un sapore leggermente piccante. Con il suo sapore piuttosto delicato, il Tergeste è perfetto per insalate, zuppe a base di verdure, pasta, riso o piatti di pesce (Figura 5.3.3).

5.3.3 La cucina

La cucina del Carso, come il suo paesaggio culturale, è un intreccio di influenze mediterranee, germaniche, romaniche e slave, che si distingue soprattutto per il tradizionale utilizzo di ingredienti locali, preferibilmente di produzione propria. Essa riflette tutte e quattro le stagioni, poiché la sua pulsazione è in equilibrio con la natura. La cucina carsica è frugale, essenziale.

In passato i piatti erano semplici, il cibo preparato era molto legato alla stagione e a ciò che si coltivava in casa. Il ruolo principale era svolto dalle verdure: cavolo cappuccio, patate, barbabietole, fagioli, piselli e mais. Si mangiavano vari stufati-piatti unici 2 o 3 volte alla settimana, più frequentemente polenta di mais o di grano saraceno. I piatti dolci, i dessert e il pane bianco non erano presenti nel menu di un giorno ordinario, ma erano un lusso riservato a Pasqua, Natale e ad altre festività.

Poiché il Carso era un ambiente rurale, in quasi tutte le case si allevava almeno un maiale. In inverno, di solito a dicembre, li macellavano e ne lavoravano tutte le parti. Si trattava di una festa di famiglia, che riempiva le scorte per



Figura 5.3.3 ►
L'olivicoltura è diventata sempre più popolare negli ultimi anni, con la produzione di olio di qualità riconosciuta a livello sovraregionale (Foto: Cesare Grazioli)



tutto l'anno. Si producevano prosciutto, *zašink* (collo), pancetta, salicce e salami che venivano poi perlopiù stagionati al vento di bora. Questi prodotti sono tipici della zona e vengono spesso serviti ai visitatori come benvenuto. Si preparavano anche piatti con le parti meno nobili del maiale: sanguinaccio, ciccioli, interiora. Gli organi interni come fegato, polmone, cuore e cervello venivano preparati come spuntino per i macellai.

I boschi e i prati carsici rappresentano un paradiso di offerta botanica nei mesi primaverili ed estivi. Asparago selvatico, santoreggia, ortica, tarassaco, achillea, piantaggine, salvia, menta e melissa sono solo alcuni degli ingredienti che vengono utilmente incorporati in molti piatti tradizionali come il minestrone, le frittate (*frtalje*), i risotti o gli antipasti di carne, ma anche in alcuni piatti contemporanei come le spalmate di formaggi freschi e le vellutate.

Prima di entrare nel dettaglio dei piatti principali della cucina locale, è utile presentare un locale pubblico tipico di questa zona, dove si possono gustare i piatti tipici: l'osmiza.

L'osmiza o osmizza (*osmica* in sloveno) è una forma tradizionale di vendita di vino e altri prodotti fatti in casa, che alla lettera significa che può durare solo otto giorni all'anno. *Osem* significa otto in sloveno, da cui il nome *osmica*. Fonti scritte riportano che il diritto all'osmiza risale già all'epoca dell'imperatore Carlo Magno, rinnovato nei secoli dalle successive dominazioni. Nel diciottesimo secolo, con decreto emesso dall'imperatore Giuseppe II d'Asburgo-Lorena, ai viticoltori fu dato il permesso di vendere il loro vino a domicilio per otto giorni all'anno. Questa specialità locale è oggi una forma popolare di degustazione delle prelibatezze locali e di socializzazione nelle fattorie. Le osmize del Carso, che alcune fattorie aprono anche due volte l'anno, servono ottimi vini e piatti tipici del Carso. Sono riconoscibili da un'insegna di legno e da un ramoscello di edera che rimane fresco per circa otto giorni (Figura 5.3.4).

◀ Figura 5.3.4:
(a,b) Le osmize sono un luogo di socializzazione e di incontro con la cultura gastronomica locale (Foto: Rodolfo Riccamboni, FOTODAMJ@N);
(c) "Frasco", un ramo di edera che indica la presenza di un'osmiza aperta (Foto: FOTODAMJ@N)

Alcuni dei piatti più tipici del Carso sono:

Jota - forse il piatto carsico più famoso. Fagioli e crauti o rape vengono cotti insieme a un pezzo di carne secca (pancetta, *pršut*, salsiccia...), patate, cumino, aglio e foglie di alloro per creare uno stufato o una zuppa densa, perfetta per riscaldarsi nelle giornate di vento freddo della bora in inverno.

Mineštra - è una zuppa densa o uno stufato a base di verdure, spesso con l'aggiunta di pasta o riso. Non esiste una ricetta fissa, perché di solito può essere preparata con tutte le verdure e le erbe che si hanno a disposizione. Può essere vegetariana, contenere car-



Figura 5.3.5: La tradizione di preparare gli štruklji cotti nei panni si tramanda di generazione in generazione (Foto: Jože Požrl - Archivio del Comune di Sežana)

ne o un brodo a base di ossa animali (come il brodo di pollo). Una varietà particolare è il minestrone d'orzo con carne di maiale (in sloveno *Ječmenova mineštra s svinjskim mesom*). È un piatto riconoscibile e molto apprezzato dalle popolazioni del Carso, composto da orzo, patate, fagioli e carne di maiale.

Frtalja - (dalla parola veneziana fritata, che significa "fritto") - fritata di uova, particolarmente diffusa in primavera, poiché in quel periodo sono disponibili molte piante e verdure come asparago selvatico, luppolo selvatico, erbe come finocchio, menta, melissa e cicoria, pomodori, germogli di aglio giovane e spezie. Vengono aggiunti all'uovo e ad alcuni altri ingredienti (piccole parti di pane raffermo, prosciutto, pancetta, salsiccia, funghi, vino). La quantità degli ingredienti non è mai definita con esattezza, ma la parte principale è costituita dalle erbe e dalle verdure, mentre le uova e la farina servono solo a legare il tutto.

Štruklji - è un tipo di *strudel* un piatto tradizionale sloveno, composto dall'impasto e vari tipi di ripieno (ricotta, noci, dragoncello,

frutta secca...) sotto forma di involtino. Ha molte varianti in tutta la Slovenia, e ce ne sono alcune anche del Carso transfrontaliero. Tradizionalmente vengono cucinati in un panno bianco (*kuhani štruklji*), ma se non hanno alcun ripieno vengono chiamati *gluhi štruklji* ovvero "sordi" e venivano cucinati senza tovaglia (Figura 5.3.5).

Krompir v zevenci - dalla vasca in cui veniva fatto inacidire il cavolo, si prendeva il liquido residuo chiamato *zevnca*, si aggiungevano aglio, pepe e a volte un pezzo di maiale. In questa miscela si cuociano le patate sbucciate e si condividevano con ciccioli o cipolle.

Žouca - è un piatto che non può mancare nel pranzo di Pasqua. Cosce di maiale, orecchie, coda, lingua o altri pezzi di carne più pregiati vengono ben lavati e messi in acqua fredda. Vengono cotti lentamente e in modo uniforme per sette-nove ore (numeri magici) finché la carne non inizia a staccarsi dalle ossa. Durante la cottura, l'acqua bolle fino a tre quarti. I pezzi di maiale vengono estratti dal brodo. Poi viene filtrata e raffreddata per eliminare il grasso in eccesso che si accumula in superficie. I pezzi di maiale raffreddati



Figura 5.3.6: Una panoramica sui sapori del Carso (Foto: Jože Požrl - Archivio del Comune di Sežana)







vengono puliti e modellati in pezzi uniformi e distribuiti in un piatto profondo e versati con il brodo. Si aggiungono fette di uova sode, pepe nero in grani e alloro e si lascia raffreddare per diverse ore.

Supa - si prepara con pane raffermo di qualche giorno, tagliato a fette di 2-3 centimetri di spessore. Le fette vengono bagnate con latte e uova sbattute con un pizzico di sale. Vengono fritte in olio bollente e, ancora calde, cosparse di zucchero. Non c'è da stupirsi che questo ricco piatto sia ancora oggi il preferito dai bambini.

Fancli z dušo - è un tipo di pasta fritta, che ha uno speciale ripieno salato o anima (in sloveno *duša*), fatto di acciughe salate. Sono un piatto tipico del periodo di Carnevale.

◀ Figura 5.3.4: (d, e) Nell'*osmiza* si possono degustare autentici prodotti locali e i tipici vini del Carso come il *terrano*, godendo dei meravigliosi paesaggi che il Carso offre (Foto: FOTODAMJ@N, Fiorella Bieker)

5.3.4 Eventi e tradizioni

Le comunità locali mantengono vive le usanze che si sono conservate in tutti i villaggi carsici e che riflettono le loro origini slovene, italiane, austriache e istro-venete. Sul Carso si tengono molte sagre e feste tradizionali, soprattutto in primavera e in estate. Ci sono anche alcuni eventi di origine più recente, ma che sono stati accettati e stanno crescendo in importanza.

I siti di promozione turistica offrono una panoramica esaustiva degli eventi promossi durante l'anno solare, e qui ne segnaliamo alcuni tra i più importanti e caratteristici, che meglio descrivono la cultura locale.

Pust

La celebrazione del *Pust* (carnevale) è molto diffusa e sentita sul Carso. È una delle prime feste dell'anno solare e si suppone che scacci l'inverno e porti la primavera. Le persone si vestono in diversi personaggi chiamati *šeme* per formare una processione. Il corteo gira per il villaggio e visita le case, dove riceve donazioni come frittelle (*fancli*), crostoli, krapfen, vino, uova, salsicce e denaro.

Celebrazioni del Primo Maggio

Nella maggior parte delle località slovene, compresi i villaggi dell'area del geoparco transfrontaliero, la celebrazione è associata all'installazione dei *Mlaj*, alti pini o pioppi con tronchi scorticati, cime verdi e corone decorative su cui sono appesi frutti (arance, mele) e la bandiera sventolante in cima. Il *Mlaj* viene installato alla vigilia del 1° maggio e, in alcune località, è accompagnato da falò.

Majenca

Una delle feste più caratteristiche è la *Majenca*: si tiene all'inizio di maggio a Dolina (frazione di San Dorligo della Valle-Dolina) e consiste eventi traduzionali, culturali, musica e balli. Si tratta di una festa dalle origini antiche, che si tiene ogni prima domenica di maggio nel cuore del paese di Dolina. Per l'occasione viene innalzato il cosiddetto "*maj*" (un tronco di abete alto una decina di metri su cui viene posto un ciliegio), e i ragazzi celibi del paese invitano le ragazze nubili a ballare sotto l'albero per festeggiare la primavera. È una festa a cui partecipa tutta la comunità: associazioni locali, il Comune, i viticoltori e gli olivicoltori locali (Figura 5.3.7).



Figura 5.3.7: *Majenca*, un esempio di festa tradizionale della primavera carsica (Foto: FOTODAMJ@N)

Festival del Terrano e del Prosciutto del Carso

Sul versante sloveno del geoparco, il *Praznik terana in pršuta* (Festival del Terrano e del Prosciutto del Carso), che si tiene in agosto, è una delle feste più importanti per gli abitanti del Carso e per tutti gli amanti della cucina e delle usanze carsiche. Con il suo ricco programma gastronomico, enologico, culturale, sportivo, etnologico e di intrattenimento-sociale, attira sul Carso visitatori dal paese e dall'estero. In occasione dei diversi eventi che collegano la destinazione, si presentano diversi fornitori locali, con un'offerta di ospitalità che comprende le famose specialità culinarie del Carso e dei Brkini, ma soprattutto il Terrano e il Prosciutto del Carso.

Festa di San Martino

Quando lo scotano si colora di rosso, l'intero aspetto del paesaggio del Carso assume una sfumatura particolare. Questi sono i colori dell'amore, della simbiosi della gente del Carso con la natura e la loro devozione. In autunno maturano i sapori e la gente locale festeggia san Martino (l'onomastico di san Martino è l'11 novembre) - *martinovanje* in diverse località dell'intero geoparco e offre prelibatezze culinarie e degustazione di vini del Carso.

Usanze prematrimoniali sul Carso

Un'interessante usanza si svolge anche un giorno o due prima del matrimonio degli sposi. Questa usanza si è conservata sul Carso con piccole varietà da un villaggio all'altro fino ad oggi. I ragazzi e le ragazze non sposati, due giorni prima del matrimonio, fanno la *koluna*, ossia posizionano due alberi di Mlaj (di solito tronchi di pino

scorticati con la cima verde) davanti all'ingresso della casa di famiglia e li decorano con rami di ginepro e di edera e con fiori rubati. Tra i due alberi di Mlaj viene appeso un cartello che augura il meglio agli sposi.

Kraška ohcet (nozze carsiche tradizionali)

Ogni due anni, a Repen si svolgono le nozze carsiche tradizionali - *Kraška ohcet*. Si tratta di un evento folcloristico che dura diversi giorni e che fa rivivere un matrimonio del XIX secolo. Inizia il giovedì sera, dedicato ai ragazzi e alle ragazze nubili, e termina la domenica, quando il matrimonio si svolge nella chiesa di pietra sul Tabor, seguito da un pranzo di nozze con piatti tipici e balli fino a tarda sera. L'evento è particolarmente spettacolare anche grazie alla partecipazione spontanea di numerosi abitanti del luogo, oltre 500, vestiti con i costumi tradizionali del Carso (Figura 5.3.8).



Figura 5.3.8: *Kraška ohcet* – Tradizionali nozze carsiche a Repen
(Foto: FOTODAMJ@N)







PECULIARITÀ BIOLOGICHE DEL CARSO CLASSICO

6.1 Introduzione – la geodiversità e la biodiversità dell'area

Il Carso Classico è un'area in cui le caratteristiche abiotiche e biotiche operano di concerto per dare forma ad un paesaggio unico. Grazie alle risorse naturali (posizione geografica, rocce, clima) e alle secolari attività umane tradizionali (falciatura, pascolo, diradamento, costruzione di muretti a secco), il Carso è un paesaggio straordinariamente vario e un complesso mosaico di habitat con una flora e una fauna estremamente ricche. Qui si trovano molte specie di piante e animali a rischio, molte delle quali rare ed endemiche. Tra queste ultime, spiccano le specie cavernicole. L'area è di grande importanza scientifica per lo studio di vari gruppi di piante e animali, con particolare attenzione alle grotte. Un'elevata biodiversità significa anche una migliore qualità dell'ambiente di vita umano. L'interdipendenza tra le parti abiotiche e biotiche della natura è chiaramente visibile e diffusa in tutto il territorio del Carso Classico: esempi emblematici sono le Grotte di Škocjan, i laghi di Doberdò-Doberdob e Pietrarossa-Prelosno e la Val Rosandra-Glinščica, dove una flora e una fauna diversificate si sviluppano su elementi geologicamente e geomorfologicamente eterogenei.

La regione del Carso è un'area ricca di biodiversità. I principali fattori che nel tempo hanno favorito lo sviluppo di questa ricchezza di vita sono, da un lato, la zona di confine tra tre importanti regioni biogeografiche, ossia quella mediterranea, quella continentale e quella alpina; dall'altro, una geomorfologia vivace, aspra e spesso accidentata, poco adatta all'uso intensivo da parte dell'uomo, che ha favorito l'evoluzione naturale degli ecosistemi.

La convergenza di tre aree biogeografiche è motivo di contaminazione, mutazione e selezione di nuove specie, per questo il Carso è riconosciuto per la ricchezza di habitat e specie di importante valore conservazionistico. A riprova di ciò è il fatto che più della metà di questo territorio è incluso nella rete Natura 2000, che protegge gli habitat e le specie di maggior valore conservazionistico a livello europeo.

La presenza di ambienti rocciosi e inadatti all'agricoltura è un fattore moltiplicatore che facilita la conservazione della biodiversità e la selezione naturale. In particolare, gli ambienti carsici sotterranei costituiscono veri e propri contesti ambientali estremi, in cui trovano spazio specie di flora e fauna di eccezionale rarità e rilevanza ecosistemica.

In termini quantitativi, il Carso Classico conta:

- ◆ 23 habitat, di cui 5 riconosciuti come prioritari dalla Direttiva europea Habitat 92/43/CEE, sul versante italiano e 16 habitat, di cui 10 riconosciuti come prioritari sul versante sloveno;
- ◆ Oltre 200 specie di uccelli, di cui 72 protette in quanto incluse nell'Allegato I della Direttiva Uccelli (2009/147/CEE);
- ◆ 27 specie animali tra mammiferi, rettili, anfibi-anfibi, pesci e invertebrati protetti dalla Direttiva Habitat (92/43/CEE), di cui 4 prioritarie;
- ◆ oltre 500 specie di farfalle;
- ◆ diverse specie endemiche di flora e fauna.

Prima di introdurre le specie floristiche e faunistiche più rappresentative e peculiari che il visitatore del Carso può incontrare durante una geoesplorazione, è opportuno presentare i principali habitat del Carso. I sei più rappresentativi sono: la boscaglia carsica, i ghiaioni calcarei termofili, le falesie, i rari corpi idrici e gli ambienti ipogei.

◀ *Figura 6.1.1: Iris illirica (Iris cengialti subsp. illyrica) in cima alle pareti della Val Rosandra-Glinščica (Foto: Roberto Valenti)*

Presso il Giardino Botanico Carsiana di Sgonico-Zgonik è possibile sperimentare la vista degli habitat più rappresentativi del Carso.

Boscaglia carsica

Anticamente il Carso era ricoperto da foreste di querce che, in seguito al disboscamento e al pascolo praticati per migliaia di anni, sono stati progressivamente distrutti. Oggi esistono solo pochi frammenti di questi antichi boschi.

La boscaglia carsica è l'ambiente più rappresentato sull'altopiano carsico. Si è rapidamente affermata nel secondo dopoguerra, con l'abbandono del pascolo. Questa formazione è il prodotto della degradazione degli antichi boschi carsici. La sua composizione riflette le caratteristiche geologiche e ambientali presenti nella maggior parte del territorio carsico, dove lo strato di suolo residuo e la permeabilità del substrato roccioso sono fattori che determinano lo sviluppo di una copertura arborea rada, caratterizzata perlopiù da esemplari di alto fusto più arbustivi che arborei, con scarso legname da opera. Lo strato arboreo è infatti rappresentato da elementi con fusto esile e ridotto sviluppo verticale.

Landa carsica

È dove il bosco lascia il posto ad antichi pascoli che si è creato uno degli ambienti più peculiari dell'area: quello appunto delle lande carsiche. Questa formazione zoogenica occupa una parte riconoscibile della superficie del Carso Classico. È stata generata dalla pressione del bestiame, soprattutto ovini e caprini, che nel corso dei millenni hanno selezionato una copertura erbosa resistente al calpestio e al pascolo (oltre che alla consueta aridità e povertà del suolo).

Ghiaioni calcarei termofili

Molto localizzati, ma molto interessanti, sono i ghiaioni calcarei termofili. Essi rappresentano un ambiente in cui la colonizzazione vegetale è resa difficile, oltre che dall'aridità, anche dall'instabilità del substrato e dalla costante esposizione ai fattori atmosferici. Ospitano quindi una comunità vegetale peculiare, per lo più limitata a un basso strato erbaceo.

Falesie

Nella zona costiera di Trieste, il territorio carsico raggiunge il mare formando alte falesie, caratterizzate da pareti verticali, torrioni rocciosi e ghiaioni che sono sottoposti a forte insolazione, vento e salinità. Questo ambiente relega la vegetazione a rade fasce arbustive-erbacee formate da comunità tipiche della macchia mediterranea.

Corpi idrici

Una delle peculiarità dell'ambiente carsico è la quasi totale assenza di acque superficiali. Questa condizione è dovuta principalmente alla permeabilità del substrato roccioso, fortemente fratturato. L'acqua scorre quindi preferenzialmente lungo canali sotterranei, lasciando la superficie priva di ambienti acquatici.

Le principali eccezioni, nella parte italiana del geoparco, sono i laghi di Pietrarossa-Prelosno e Doberdò-Doberdob, nel Carso isontino, e il torrente Rosandra-Glinščica, in provincia di Trieste. Gli stagni, piccole depressioni del terreno in cui la raccolta dell'acqua piovana era facilitata dall'aggiunta di materiale argilloso, erano utilizzati per l'abbeveraggio degli animali domestici e per l'approvvigionamento idrico delle popolazioni locali. La maggior parte di essi sta rapidamente scomparendo per mancanza di manutenzione.

Ambienti ipogei

Non si può parlare di Carso senza sottolineare la ricchezza dei suoi ambienti sotterranei. I vari sistemi di inghiottitoi, pozzi verticali, grotte e caverne, nascosti nel sottosuolo, forniscono alle biocenosi un altro tipo di habitat. La flora lo colonizza rispondendo ai gradienti di luminosità e alle variazioni di umidità e temperatura, che portano a una successione ordinata tra fanerogame, felci, briofite/epatiche e infine clorofite e cianofite.

*Figura 6.1.2: ►
Il fiordaliso del Carso (Centaurea kartschiana)
endemico delle Falesie di Duino-Devin
(Foto: Roberto Valenti)*



6.2 Flora

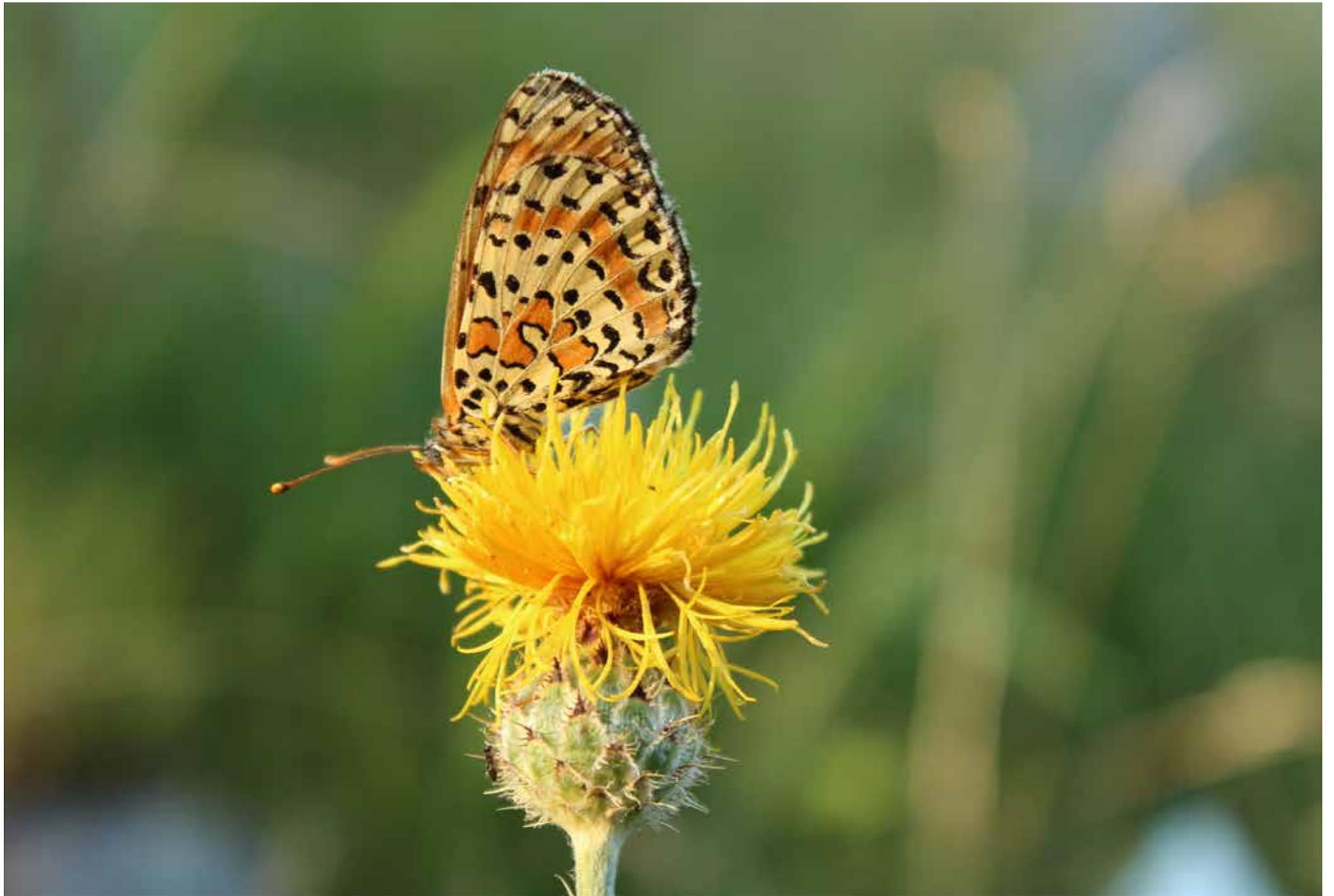
L'area del Carso Classico è molto ricca sul piano floristico. Appartiene alla provincia fitogeografica submediterranea. La vegetazione primaria predominante era un tempo la foresta. L'uomo ha ridotto le aree forestali con il disboscamento e la pratica dell'incendio. Sui terreni più profondi, gli agricoltori hanno creato prati e li hanno mantenuti con falciature regolari. Nelle aree con suolo più rado e in quelle più rocciose, invece, hanno praticato il pascolo. Nel tempo il pascolo, i processi erosivi e gli incendi occasionali hanno accelerato la trasformazione dei pascoli stessi in aree rocciose, soprattutto sui pendii. A metà del XIX secolo è iniziato il rimboschimento dei terreni carsici degradati. Da qualche decennio, tuttavia, la crescita eccessiva dei pascoli e dei prati si è arrestata a causa del minore sfruttamento.

Le comunità forestali più diffuse sono i boschi submediterranei termofili a dominanza di carpino nero e frassino (*Ostryo-Quercetum pubescentis*). In passato, sul Carso prosperavano foreste submediterranee con dominanza di querce (*Seslerio autumnalis-Quercetum petraeae*), ma queste sono state in gran parte disboscate. Oggi sul Carso si trovano boschi a prevalenza di carpino nero (*Seslerio Autumnalis-Ostryetum*), mentre i boschi di faggio (*Hacquetio-Fagetum*) prosperano sui pendii ombreggiati della zona pedemontana. Gran parte del Carso è ricoperto da popolamenti secondari di pino nero (*Pinus nigra*), utilizzato per rimboschire le aree spoglie nel XIX secolo. Un habitat importante del Carso è la landa carsica (principalmente *Carici humilis-Centaureetum rupestris*) (Fig. 6.2.1). Si tratta di una delle comunità di lande più colorate e ricche di fiori d'Europa.

Una caratteristica particolare di quest'area sono le specie endemiche come la *Campanula justiniana* e la *Centaurea kartschiana* (Figura 6.1.2). Alcune specie hanno un habitat classico in quest'area, come la *Pedicularis friderici-augusti*. Nelle Grotte di Škocjan e nella Velika Dolina è interessante la presenza di relitti glaciali che crescono grazie all'aria più fredda sul fondo delle doline di crollo: la *Primula auricula*, la *Saxifraga crustata*, la *Viola biflora* e l'erba scorbutica delle rocce *Kerneria saxatilis*. Inoltre, sono presenti relitti termofili, residui del periodo interglaciale: la *Adiantum capillus-veneris*, l'*Asparagus acutifolius*, il *Juniperus oxycedrus* e il *Tortella flavovirens*. Quest'ul-



Figura 6.2.1: La calcatreppola ametistina (*Eryngium amethystinum*) (Foto: Roberto Valenti) e la *Centaurea rupestre* (*Centaurea rupestris*) (pagina a destra, con la farfalla *Melitaea didyma*) sono piante tipiche delle lande carsiche (Foto: Tina Klanjšček)





tima specie sopravvive all'inverno grazie all'aria calda che sale dalle grotte appunto nelle stagioni fredde. La presenza contemporanea di piante con esigenze ecologiche così diverse è una rarità in natura.

Tra gli elementi floristici più iconici del Carso vi sono alcuni arbusti. In autunno, il *Cotinus coggygria* (Figura 6.2.2), il *Cornus sanguinea*, il *Cornus mas* e il prugnolo *Prunus spinosa* vestono di colori caldi l'arido paesaggio carsico roccioso.

Alcune specie sono minacciate di estinzione e sono elencate nella Lista rossa delle specie minacciate della IUCN, come la crotonella fior di cuculo (*Lichnis flos-cuculi*) a causa dell'invasione umana nella natura e della proliferazione delle piante palustri a causa dell'abbandono degli stagni. Tuttavia, alcune specie sono protette anche se registrano popolazioni ricche, a causa del rischio di estinzione a livello europeo.

6.3 Fauna

Il geoparco presenta anche una straordinaria varietà di specie animali, sia in superficie che nel sottosuolo. Le numerose grotte dell'area carsica costituiscono l'habitat di un gran numero di specie animali, rendendolo un "hotspot" di biodiversità della fauna cavernicola. Una branca della biologia - la speleobiologia - si occupa dello studio della fauna cavernicola, che in quest'area è molto diversificata. Il sottosuolo presenta caratteristiche ecologiche specifiche, ad esempio: assenza di luce naturale, dipendenza dall'apporto di cibo dagli ecosistemi esterni (apporto alimentare limitato), collegamento con gli ecosistemi esterni attraverso l'acqua, condizioni stabili grazie alle basse variazioni dei parametri chimici e fisici. Nel corso dell'evoluzione, gli animali hanno sviluppato meccanismi di adattamento all'ambiente cavernicolo, come la riproduzione lenta, il ciclo di vita più lungo, una limitata capacità riproduttiva, l'allungamento degli arti e dei tentacoli, l'aumento dell'olfatto, del tatto e del gusto, l'assenza di occhi, così come l'assenza di pigmenti. A causa di questi adattamenti, molti organismi sotterranei sono endemici - alcuni sono limitati ad aree molto piccole. Gli organismi sotterranei sono altamente minacciati perché la distruzione dell'habitat o l'inquinamento possono segnare la fine di una specie. Le grotte più importanti che contengono una ricca fauna e sono significative dal punto di vista della conservazione della fauna sotterranea nell'area del Carso sono le grotte di Škocjan, Dimnice, Dolenca, Belinca, Kačna Jama, Grotta Gigante-Briška Jama, Grotta di Trebiciano-Labadnica, Grotta del Dio Mitra, Grotta Azzurra- Zidaričeva pejca, Grotta delle Gallerie-Pečina pod Steno e Grotta Regina del Carso-Kraljica Krasa.

Le specie animali strettamente legate agli habitat sotterranei sono chiamate troglobi. Uno dei rappresentanti più riconoscibili, nonché simbolo del patrimonio naturale del Carso Dinarico, è il proteo (*Proteus anguinus*), chiamato popolarmente, in sloveno - a causa della sua pelle chiara - "il pesce umano" (Figura 6.3.1). È stato il primo animale cavernicolo specializzato nella letteratura scientifica, descritto già nel 1768. Tuttavia, non tutte le specie cavernicole sono troglobie. Le specie animali che non sono completamente adattate alla vita in grotta ma che vivono nelle grotte o ai loro ingressi, come ad esempio i pipistrelli, sono chiamate troglofile.

◀ Figura 6.2.2: Lo scotano (*Cotinus coggygria*) in autunno veste il paesaggio del Carso di colori rossastri e giallastri (Foto: Roberto Valenti)



Figura 6.3.1: Il proteo (*Proteus anguinus*) è adattato alla vita nelle grotte. Gli occhi visibili in questo individuo giovane sono completamente atrofizzati nello stadio adulto (Foto: Jurij Hajna)



Figura 6.3.2: L'ortottero *Troglophilus neglectus* (Foto: Luca Dorigo)

Nelle grotte carsiche si trovano sia fauna terrestre che acquatica. La fauna acquatica comprende crostacei, ad esempio l'anfipode *Niphargus*, il *Troglocaris*, i copepodi *Cyclopoidea* e *Harpacticoida*, l'isopode *Titanethes dahli* e altri. La fauna terrestre comprende il *Troglophilus neglectus* (Figura 6.3.2), ragni e coleotteri, oltre a molte specie di lumache. Tra le specie più importanti c'è il *Leptodirus hochenwartii*, a rischio di estinzione (Figura 6.3.3), il primo animale cavernicolo descritto scientificamente (nel 1832), che da allora è stato registrato in più di 13 grotte del Carso.

Il più grande animale cavernicolo della zona e del mondo è il proteo. È l'unico anfibio europeo che vive nei corsi d'acqua sotterranei del Carso Dinarico. Il suo areale geografico comprende l'Italia nord-orientale, la Slovenia meridionale, la Croazia e la Bosnia-Erzegovina. È completamente adattato alla vita al buio, non ha occhi e non ha pig-

mentazione cutanea. Conserva inoltre le branchie esterne e altre caratteristiche larvali fino all'età adulta (neotenia). Il proteo è stato trovato in diverse grotte con correnti d'acqua attive. Il proteo e il *Leptodirus hochenwartii* sono elencati come specie di interesse europeo per la conservazione nella Direttiva Habitat dell'UE e nella Lista Rossa delle Specie Minacciate della IUCN. Lo Speleovivarium di Trieste è un museo speleologico in ambiente sotterraneo dove è possibile ammirare numerose specie di fauna e flora delle grotte carsiche.

Nell'area del Carso Classico sono state censite oltre venti specie di pipistrelli, tra cui il ferro di cavallo maggiore (*Rhinolophus ferrumequinum*), il ferro di cavallo minore (*Rhinolophus hipposideros*) (Figura 6.3.4), il miniottero comune (*Miniopterus schreibersii*), il Vespertilio di Capaccini (*Myotis capaccinii*) e il vespertilio maggiore (*Myotis myotis*). I pipistrelli sono presenti in numero maggiore in diverse



Figura 6.3.3: Un esemplare di *Leptodirus hochenwartii*, specie a rischio di estinzione
(Foto: Slavko Polak)

aree del Carso Classico. Uno dei maggiori habitat per i pipistrelli si trova nelle grotte di Škocjan, dove sono i più numerosi, con diverse migliaia di individui. Nelle grotte i pipistrelli partoriscono la loro prole e vi rimangono in letargo durante l'inverno.

Il secondo habitat sotterraneo del Carso è l'epicarso. Si tratta dello strato di roccia immediatamente al di sotto del suolo, attraverso il quale si infiltra l'acqua dalla superficie. Lo studio della fauna epicarstica è relativamente nuovo, quindi questo tipo di fauna non è ancora molto conosciuto. La fauna è stata studiata finora nell'area del Car-



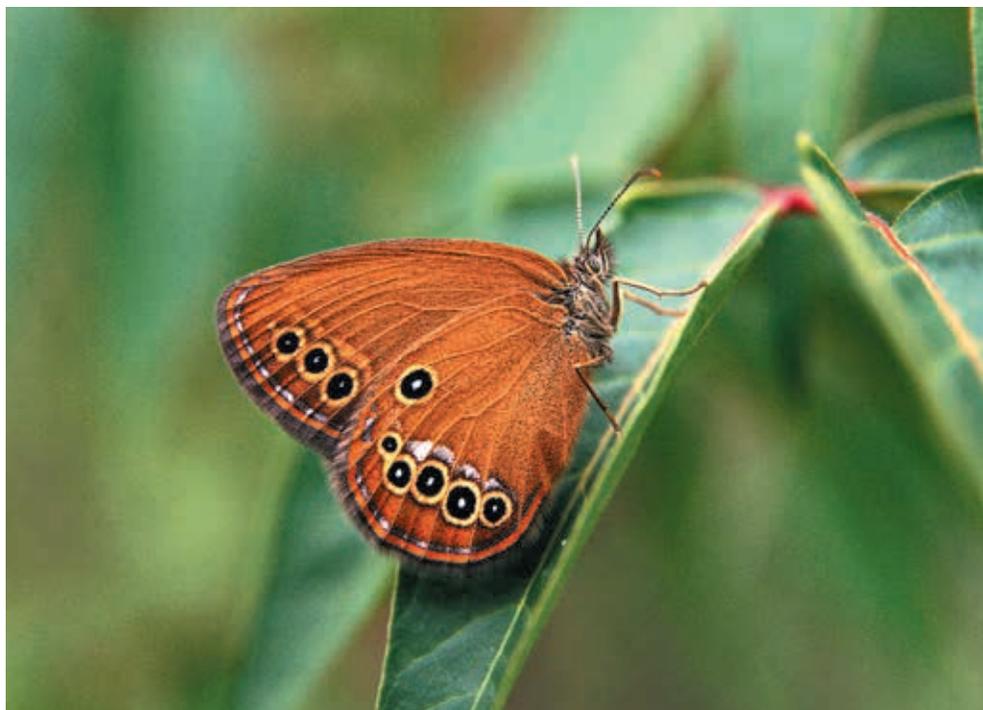
Figura 6.3.4: ►
Il pipistrello ferro di cavallo minore (*Rhinolophus hipposideros*)
nella Grotta Fessura del vento in Val Rosandra-Glinščica
(Foto: Luca Dorigo)

so Classico grazie all'estesa area Natura 2000 in entrambi i versanti nazionali e alla presenza di precedenti aree naturali protette. Nelle Grotte di Škocjan, ad esempio, sono state scoperte 12 specie di animali epicarsici sotterranei il cui habitat dipende dalle gocce d'acqua infiltrate nel suolo, di queste specie, ben cinque sono nuove specie di piccoli crostacei copepodi. La specie *Elaphoidella karstica* è endemica delle Grotte di Škocjan – dove è stato trovato un solo individuo da un singolo flusso di acqua infiltrata.

Gli insetti sono abbondanti nell'area del Carso Classico, comprese le specie di coleotteri europei a rischio di estinzione per le quali è prevista la tutela da parte della Rete Natura 2000, tra queste: il già citato *Leptodirus hochenwartii*, il cervo volante (*Lucanus cervus*) e il coleottero *Morimus asper funereus*. Sarà oggetto di futura tutela il cerambice della quercia (*Cerambyx cerdo*). Caratteristici infine sono anche la stregona dentellata (*Saga pedo*) e l'endemica *Prionotropis hystrix hystrix*.



Figure 6.3.5: Predatory bush cricket (*Saga pedo*) - a species protected by the "Habitats" Directive, it is among the largest arthropods in Europe (Photo: Roberto Valenti)



Le farfalle si distinguono per il numero di specie presenti sul Carso. La loro presenza è estremamente diversificata, con oltre 500 specie tra farfalle e falene. Tra le specie e sottospecie endemiche, ne sono state segnalate tre: una sottospecie di frittrice di Assman, *Mellicta britomartis* ssp. *michieli*, e due falene, *Nyssia graecarius* e *Dyscia raunaria*. Tra le specie europee a rischio di estinzione presenti sul Carso, quattro sono state incluse nella rete Natura 2000: la *Eriogaster catax*, la *Erannis ankeraria*, la *Euphydryas aurinia* e la *Coenonympha oedippus*. (Figura 6.3.6).

I siti Natura 2000 sono già stati designati per molte specie di uccelli, ad es. la tottavilla (*Lullula arborea*), il succiacapre (*Caprimulgus europaeus*), l'upupa eurasiatica (*Upupa epops*) (6.3.7), il falco pecchiaiolo (*Pernis apivorus*), il gufo reale (*Bubo bubo*), l'assiolo (*Otus*

◀ Figura 6.3.6: *Coenonympha oedippus*, protetta dalla Rete Natura 2000 (Foto: Tatjana Čelik)

scops), poiché nel Carso sono state rilevate densità relativamente elevate di siti di nidificazione europei.

Nel geoparco si trovano specie minacciate di estinzione e specie protette legate agli habitat acquatici, tra cui il gambero d'acqua dolce europeo (*Austropotamobius pallipes*), l'alborella settentrionale (*Alburnus alborella*), un pesce originario della Val Rosandra - Glinščica, e tra gli anfibii il tritone crestato italiano (*Triturus carnifex*), l'ululone dal ventre giallo (*Bombina variegata*) e altri ancora.



Figura 6.3.7:
L'upupa eurasiatica (*Upupa epops*)
(Foto: Roberto Valenti)

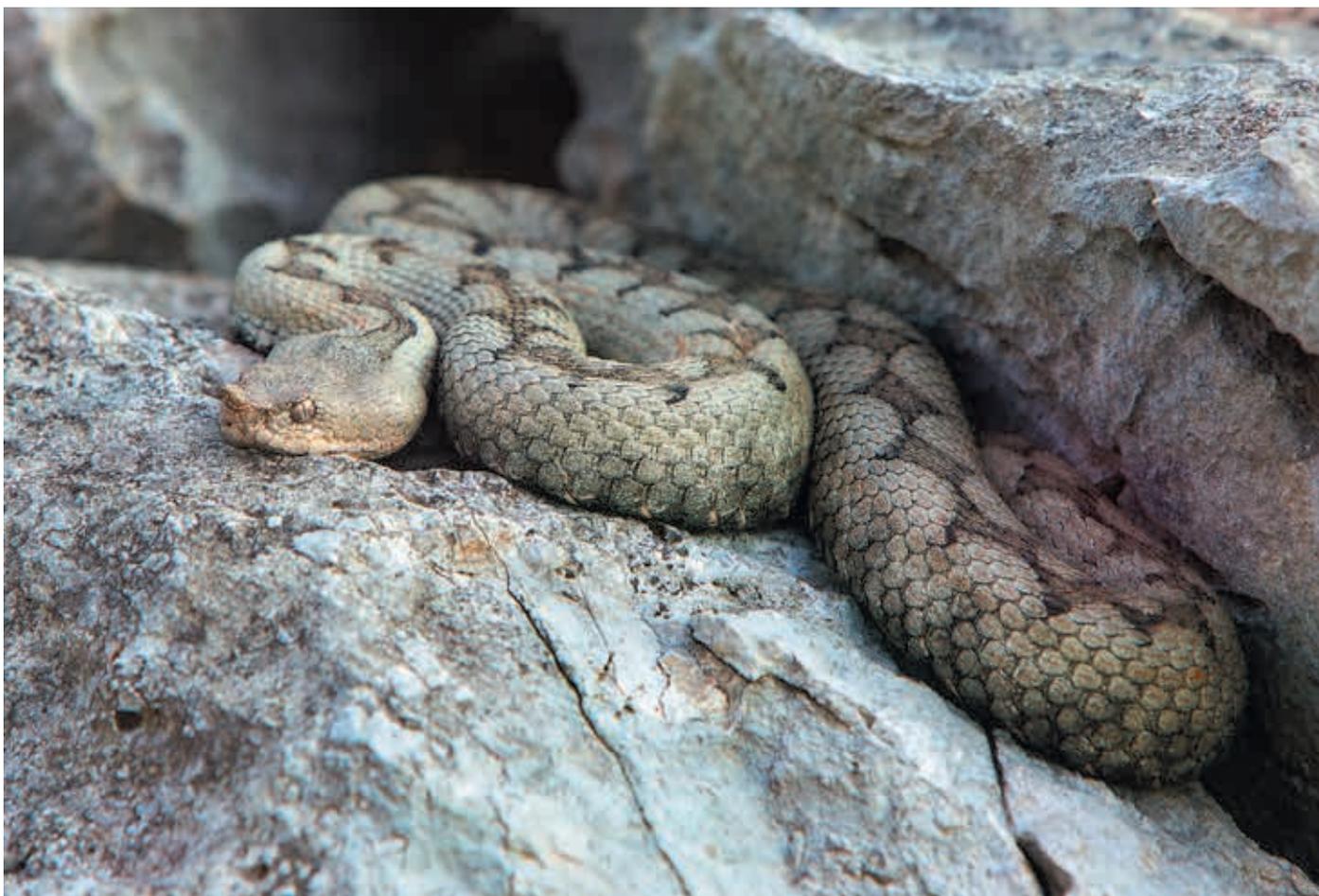


Figura 6.3.8: La vipera dal corno (*Vipera ammodytes*)
(Foto: Roberto Valenti)

Figura 6.3.9: ▶
Lo sciacallo dorato (*Canis aureus*) nella Riserva naturale della Val Rosandra-Glinščica
(Foto: Roberto Valenti)

Le lande carsiche sono un habitat eccellente per una grande varietà di rettili. Tra i serpenti, è possibile osservare il biacco (*Hierophis viridiflavus*), il saettone (*Zamenis longissimus*), mentre il serpente gatto (*Telescopus fallax*) e la vipera dal corno (*Vipera ammodytes*) (6.3.8) sono osservabili in habitat ancora più aridi come macereti e pavimenti calcarei.

Tra le lucertole è presente il ramarro orientale (*Lacerta viridis*),

la lucertola adriatica (*Podarcis melisellensis*), la lucertola campestre (*Podarcis sicula*) e l'algiroide magnifico (*Algiroydes nigropunctatus*).

Il Carso è l'habitat anche per alcuni carnivori; sono stati registrati esemplari di gatto selvatico (*Felis silvestris*), lince (*Lynx lynx*), sciacallo dorato (*Canis aureus*) (Figura 6.3.9), lupo (*Canis lupus*) e orso bruno (*Ursus arctos*).





CONSERVAZIONE DELLA NATURA

7.1 Le aree protette del geoparco. Protezione del patrimonio naturale e culturale

Il valore e la fragilità del Carso Classico si riflettono in numerose specie viventi, siti naturali e beni culturali, protetti sulla base di varie leggi, regolamenti o altri atti giuridici a livello statale, regionale o locale, sia sloveno che italiano. Tra questi vi sono le convenzioni internazionali e i regolamenti dell'Unione Europea, come la Convenzione sulla diversità biologica, la Convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa (Convenzione di Berna), la Convenzione sulla conservazione delle specie migratorie della fauna selvatica (Convenzione di Bonn), la Convenzione di Ramsar sulle zone umide, la Rete Natura 2000 trattata nel Decreto sulle Zone di Protezione Speciale e altro ancora. Le aree protette si sovrappongono in alcune parti e le regole di condotta si integrano a vicenda. Mentre le norme citate si concentrano maggiormente sulla protezione della biodiversità, dei tipi di habitat e delle singole specie animali e vegetali rare o minacciate, cioè sui valori naturali biotici e quindi viventi, i geoparchi prestano particolare attenzione alla conservazione della natura abiotica e non vivente. L'intento è quello di sottolineare che l'ambiente non ha un'importanza uniforme per l'uomo, ma che, in base alle conoscenze attuali e ai valori umani, alcune parti della natura sono percepite come più preziose. Si tratta di aree eccezionali, rare, tipiche, ben conservate, esemplari o importanti per la ricerca scientifica. A seconda del loro significato, vengono designate come aree di importanza locale, nazionale o internazionale/globale.

La più grande area protetta del Carso Classico è il Parco regionale delle Grotte di Škocjan, iscritto nella Lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO dal 1986. Nel 1999, ampie parti del parco sono diventate zone umide di importanza internazionale ai sensi della Convenzione di Ramsar, in riconoscimento dell'eccezionale valore di queste zone umide sotterranee. Un'unità paesaggistica molto più ampia è stata designata come Riserva della Biosfera del Carso nell'ambito del Programma Uomo e Biosfera (MAB, dall'inglese Man and Biosphere) dell'UNESCO nel 2004. La Riserva di Miramare è parzialmente inclusa nell'area del geoparco ed è anche una MAB UNESCO.

L'area del geoparco comprende 7 aree ecologicamente importanti, 72 monumenti naturali, 1.052 grotte carsiche e altri 164 elementi naturali di valore in territorio sloveno e 6 riserve naturali regionali, 1 biotopo protetto e più di 3.400 grotte carsiche in territorio italiano. Quasi tutta l'area fa anche parte della Rete Natura 2000.

Poiché i geoparchi costituiscono una categoria di promozione del territorio che non prevede ulteriori misure di protezione rigorose, queste ultime sono determinate da leggi e regolamenti esistenti. La protezione dell'area del Carso Classico segue quindi i sistemi di protezione della natura e della cultura in Slovenia e in Italia.

In Slovenia, le misure per la conservazione della biodiversità e la salvaguardia delle caratteristiche naturali di valore sono definite dalla Legge sulla Conservazione della Natura e dai decreti attuativi e regolamenti per la definizione e la protezione dei principali valori naturali. Le norme di legge determinano l'importanza nazionale o locale di queste caratteristiche, nonché lo svolgimento e la protezione di varie attività. Le grotte sotterranee sono ulteriormente protette dalla Legge sulla protezione delle grotte sotterranee. Per quanto riguarda l'Italia, le principali leggi e normative in materia di protezione della natura si articolano su due livelli: nazionale e regionale. Lo Stato italiano ha adottato una legge quadro sulle aree protette nel 1991 (L. 394/91), che

◀ *Figura 7.1.1: La landa carsica nella Riserva Naturale Regionale della Val Rosandra-Glinščica (Foto: Roberto Valenti)*

è stata modificata più volte nel corso degli anni. La Regione Friuli Venezia Giulia ha una propria legislazione sulle aree protette che recepisce nel dettaglio gli indirizzi della legge nazionale (L.R. 42/96). La legislazione regionale sulla conservazione della natura è stata inoltre integrata nel 2016 con la legge per la tutela e valorizzazione della geodiversità, del patrimonio geologico e speleologico e delle aree carsiche (L.R. 15/2016), che rappresenta un'esperienza unica in questo campo nei due Paesi.

Oltre alla tutela della natura, poiché il patrimonio naturale è di fondamentale importanza per l'esistenza dell'umanità, è utile tenere conto della diversità culturale e del patrimonio, che nel Carso sono altrettanto rilevanti. Numerosi siti archeologici, pregevoli architetture religiose, pubbliche e vernacolari, siti della Prima guerra mondiale, paesaggi protetti, alberi monumentali e artigianato tradizionale sono tutelati come patrimonio culturale. In Carso, il paesaggio culturale caratteristico è indissolubilmente legato alla pietra come materiale da costruzione tradizionale. L'estrazione, l'intaglio e l'uso della pietra sono considerati patrimonio culturale immateriale. L'arte dei muretti a secco, anche quella del Carso, dove le costruzioni

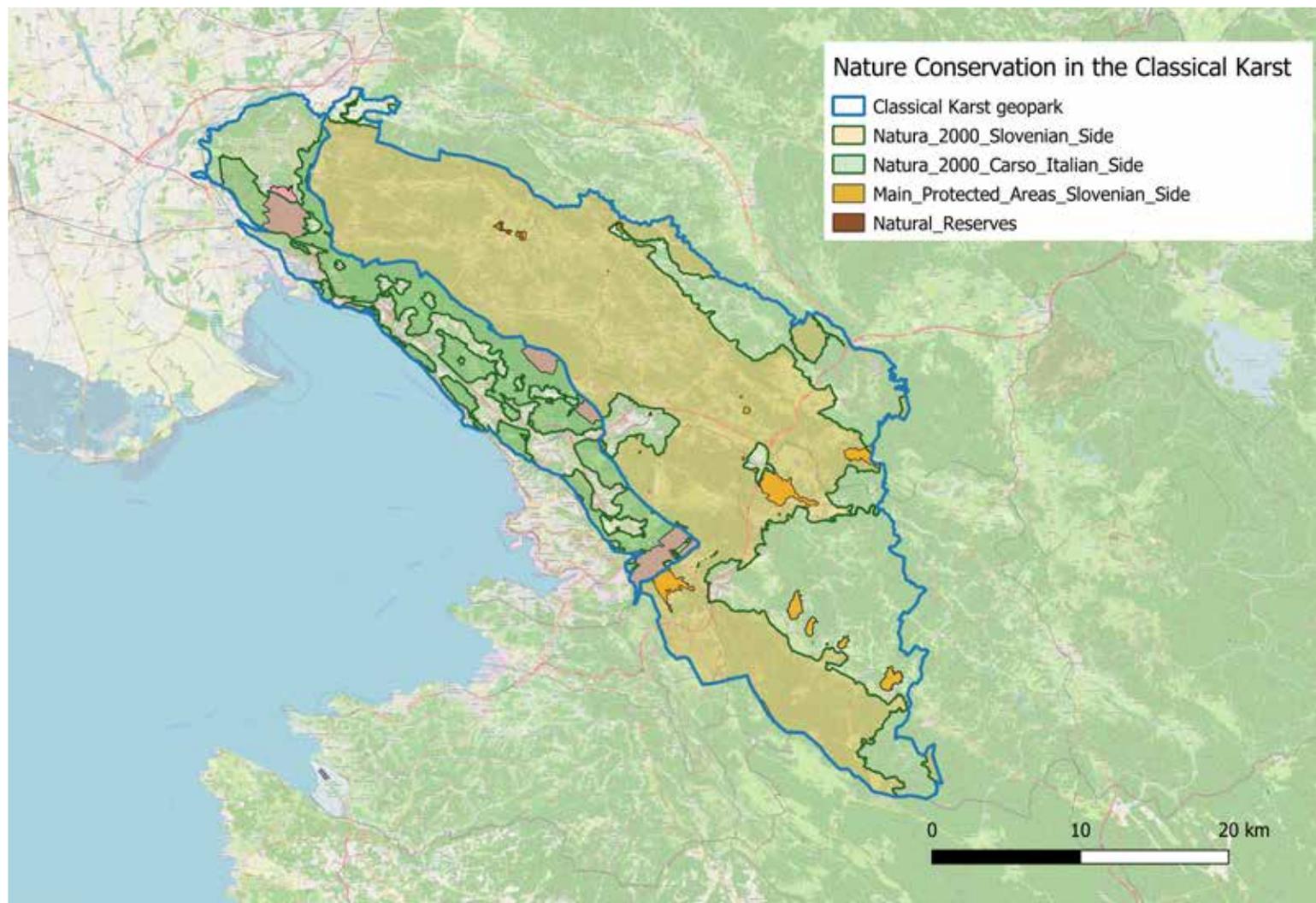
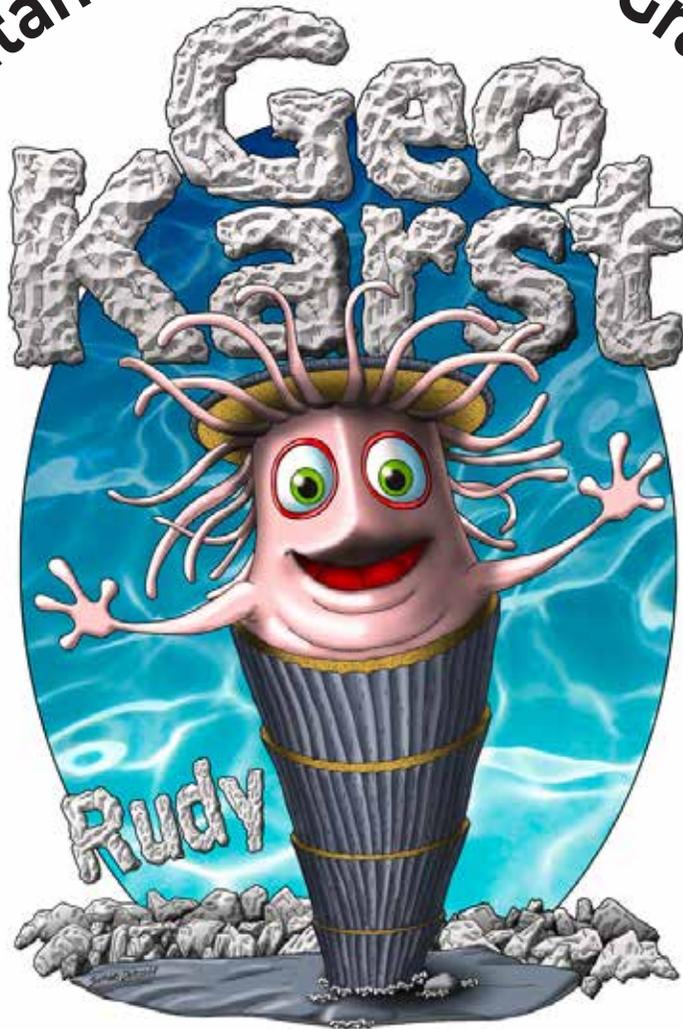


Figura 7.1.2: Le aree naturali protette nel geoparco del Carso Classico (eco&eco, © OpenStreetMap contributors)

a secco ne sono l'aspetto paesaggistico peculiare, è stata dichiarata dall'UNESCO Patrimonio Culturale Immateriale dell'Umanità. Il patrimonio culturale è tutelato anche a livello nazionale: in Slovenia dalla Legge sulla Tutela del Patrimonio Culturale; in Italia dal Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D. Lgs. 42/2004).

Capitan Rudista vi dice "Grazie!"



Capitan Rudista è la mascotte del geoparco, è stata creata da Sergio Derossi e rappresenta il fossile più comune nel Carso – il bivalve rudista che visse nel Cretacico e si estinse insieme ai dinosauri. I calcari del Carso sono notoriamente pieni zeppi di rudiste.

7.2 Codice etico per i visitatori dei geoparchi

Tutti i geoparchi si impegnano a custodire il patrimonio naturale e culturale, con particolare riguardo alla conservazione del patrimonio geologico, sensibilizzando i visitatori affinché comprendano il loro valore e la necessità di tutelare la geodiversità.

I visitatori dei geoparchi devono attenersi agli elenchi delle attività consentite e delle restrizioni, nonché seguire il semplice Codice di Condotta per la propria sicurezza e per ridurre al minimo l'impatto sull'ambiente naturale.

RISPETTA LA NATURA

- ✦ **Impara a conoscere la natura "non vivente" e contribuisci alla sua conservazione seguendo le regole della geoetica.** Informati sulle valenze geologiche e geomorfologiche e sulle aree protette. Non danneggiare, non estrarre e non raccogliere le rocce, i minerali o i fossili. Nelle grotte, non spezzare, danneggiare o prelevare speleotemi (stalattiti, stalagmiti, cristalli, perle di grotta) o altri elementi caratteristici presenti. Raccogli materiale geologico solamente dove è consentito e regolamentato. Se ritieni di aver fatto una scoperta geologica importante, segnalala al centro visitatori.
- ✦ **Impara a conoscere la natura vivente e contribuisci alla sua conservazione.** Trova informazioni su animali, piante e habitat protetti. Astieniti dal raccogliere piante o cacciare e raccogliere animali. Non invadere e danneggiare tane, nidi, siti di nidificazione o luoghi in cui gli animali si nutrono. Non introdurre specie animali e vegetali non autoctone. Raccogli piante, funghi e frutti selvatici solo dove consentito e regolamentato.
- ✦ **Non disturbare gli animali.** Avvisa gli animali della tua presenza parlando, in modo che possano ritirarsi. Non avvicinarti e non dare da mangiare agli animali allevati o selvatici. Tieni il cane sotto stretto controllo o al guinzaglio. Non fare rumori inutili.
- ✦ **Utilizza i sentieri.** Utilizza i sentieri per ridurre al minimo l'impatto sulla natura e per non mettere a repentaglio la tua sicurezza. Rispetta le barriere. Se devi attraversare terreni coltivati, attieniti ai bordi.

- ✦ **Entra nelle grotte secondo le regole.** Entra nelle grotte turistiche o nelle grotte ad accesso controllato solo se accompagnato da una guida ufficiale e qualificata e senza danneggiare la grotta, i suoi elementi caratteristici o disturbare le creature che la abitano.
- ✦ **Non lasciare tracce.** Porta con te tutti i rifiuti e smaltiscili negli appositi cestini o nei punti di raccolta comunali. Non accendere fuochi, sul Carso non c'è acqua superficiale per estinguerli e il rischio di incendio è elevato.

RISPETTA TE STESSO E GLI ALTRI.

- ✦ **Sii sempre consapevole delle tue capacità e tienine conto.** Pianifica la tua visita in anticipo e adattala alle condizioni meteorologiche, alle tue competenze e capacità. Porta con te calzature, abbigliamento e altre attrezzature adeguate e assicurati di avere cibo e bevande a sufficienza con qualche riserva.
- ✦ **Sii rispettoso degli altri visitatori.** Dai la precedenza a chi è più debole di te sui sentieri. Gli escursionisti hanno la precedenza sui ciclisti e i ciclisti hanno la precedenza sugli automobilisti.
- ✦ **Preoccupati della sicurezza.** Fai attenzione alla tua sicurezza e a quella degli altri. Tieniti lontano dalle pareti rocciose. In base alle tue conoscenze, alla tua valutazione delle circostanze e al modo in cui reagisci, cerca di aiutare gli altri al meglio delle tue possibilità senza mettere a repentaglio la tua sicurezza. In caso di incidenti, chiama il 112 e segui le istruzioni.
- ✦ **Guida e pedala unicamente lungo i tracciati indicati.** Guida o pedala il tuo mezzo unicamente lungo i tracciati e i sentieri indicati, ricordando sempre che la guida nell'ambiente naturale è soggetta a limitazioni.
- ✦ **Parcheggia nelle aree di sosta.** Parcheggia solamente nelle apposite aree di sosta indicate, senza ostruire sentieri o cancelli. Sii di esempio agli altri.

RISPETTA LA PROPRIETÀ.

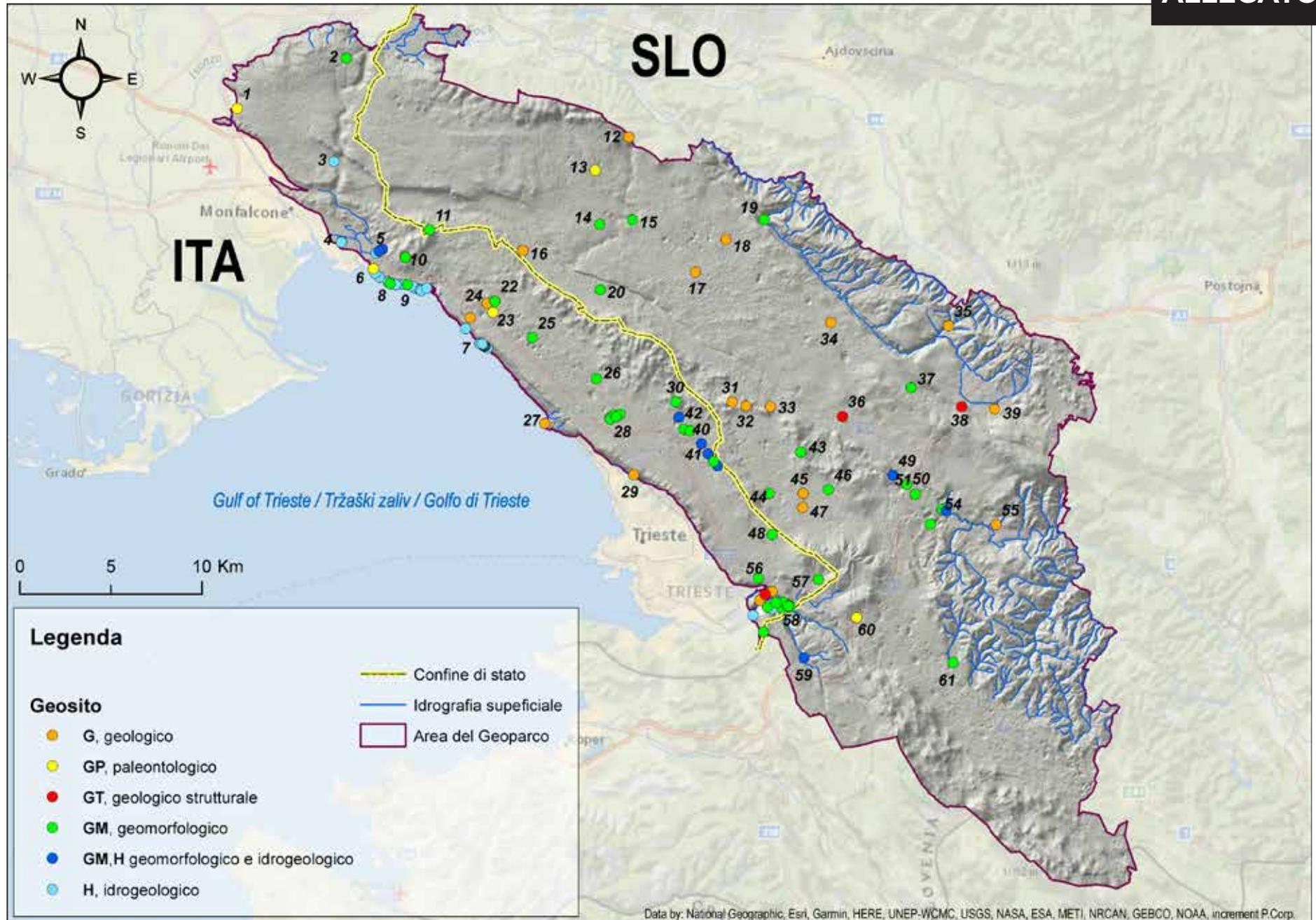
Non violare i diritti di proprietà. Non attraversare terreni coltivati, coltivazioni, vigneti, frutteti o aree in prossimità di alveari. Non raccogliere frutta, prodotti agricoli o legna da ardere senza il permesso del proprietario. Se li apri, richiudi i cancelli delle recinzioni dei pascoli.

Evita i cantieri e luoghi in cui sono in corso lavori. Evita i luoghi in cui sono in corso lavori forestali. La visita alle cave o alle miniere (siano esse in attività o meno) è consentita solamente con il permesso dei relativi gestori e nel rispetto delle condizioni da loro indicate.

RISPETTA LA COMUNITÀ LOCALE

✦ **Conosci e rispetta le usanze locali.** Durante la visita, impara a conoscere le usanze locali. Osservale, divertiti, rispetta e sostieni la comunità locale acquistando prodotti locali e utilizzando servizi locali. In questo modo, contribuirai alla conservazione del paesaggio culturale e della natura.

In breve, dovresti seguire due semplici regole: non portare via nulla dal geoparco, se non le tue impressioni e le foto che hai scattato, e non lasciare alcuna traccia della tua visita.



ID del GEOSITO	GEOSITO	NAZIONE	TIPOLOGIA	DESCRIZIONE
1	Scavo paleontologico presso Polazzo	ITA	GP	Calcarei laminati grigio-verdastri caratterizzati dalla presenza di abbondanti fossili di pesci di scogliera ed in misura minore da fossili di piante terrestri e di rettili.
2	Grotta Regina del Carso-Kraljica Krasa (CSR2328/4760VG)	ITA	GM	E' la cavità più estesa del settore nord occidentale del Carso. Ricca di concrezioni, si sviluppa in direzione S-N con inclinazione quasi costante.
3	Lago di Doberdò-Doberdob	ITA	H	Il Lago di Doberdò-Doberdob è uno dei pochi laghi carsici in Italia. Occupa il fondo di un polje ed è inserito in un eccezionale ambiente carsico, caratterizzato dalla presenza di una serie d'inversac. Assieme al vicino Lago di Pietrarossa-Prelosno jezero, rappresenta un paesaggio che muta al variare dell'altezza delle acque di falda.
4	Sorgente termale di Monfalcone: stabilimento	ITA	H	Venuta a giorno, tramite faglie e condotti carsici di acque calde (oggi circa 40° C) provenienti da rocce serbatoio calcaree rinvenibili a notevole profondità. Utilizzate già dai romani che le adattarono a terme dopo continui periodi di abbandono e riutilizzo, dal 2014 sono ritornate in funzione.
	Sorgente termale di Monfalcone: Pozzo del Lisert CSR4808/5608VG	ITA	H	Cavità non accessibile prossima allo stabilimento sul cui fondo si rinvergono le acque calde.
5	Timavo - Sorgenti del fiume Timavo	ITA	H	Le sorgenti del Fiume Timavo fanno parte dell'esteso areale sorgentifero del Carso Classico. Le acque, dopo un percorso ipogeo di 30-40 km iniziato in Slovenia nell'inghiottitoio delle Grotte di San Canziano, tornano a giorno con quattro polle, a poco più di 2 km dal Mare Adriatico, creando un ambiente ricco di fascino e conosciuto fin dall'antichità.
	Timavo - Grotta del Timavo CSR1844/4583VG	ITA	GM, H	Fa parte del cosiddetto "Complesso delle Sorgenti del Timavo", il sistema di cavità in gran parte allagate esplorate dagli speleosub a partire dalla maggiore delle bocche sorgentizie.
	Timavo - Pozzo dei colombi di Duino CSR215/VG227	ITA	GM, H	Finestra sul Complesso delle Sorgenti del Timavo che consente l'accesso a gallerie allagate fino alla profondità di 91 m sotto il livello del mare.
	Timavo - Grotta meravigliosa di Lazzaro Jerko CSR2305/4737VG (LAJ)	ITA	GM, H	Indizio di collegamento diretto con la falda carsica ipogea divenuto "finestra" sul Timavo ipogeo.
	Timavo - Abisso di Trebiciano-Labandica CSR3/17VG (TRE)	ITA	GM, H	Indizio di collegamento diretto con la falda carsica ipogea divenuto "finestra" sul Timavo ipogeo.
6	Dinosauri del Villaggio del Pescatore-Ribiško naselje	ITA	GP	In un'ex cava sono stati rinvenuti eccezionali scheletri di androsauri. Si tratta di alcuni tra i pochissimi scheletri completi di dinosauro rinvenuti in Italia e rappresentano un unicum mondiale per l'eccezionalità della loro preservazione e per il fatto di essere stati rinvenuti in connessione anatomica.
7	Sorgenti carsiche costiere	ITA	H	Piccole venute d'acqua dolce a livello del mare talune presso il Villaggio del Pescatore, altre ad Aurisina-Nabrežina mare, queste ultime a suo tempo in parte utilizzate per l'acquedotto di Trieste.
8	Sorgenti carsiche sottomarine	ITA	H	Venute d'acqua dolce al di sotto del livello del mare nel tratto tra il Villaggio del Pescatore e Sistiana-Sesljan e in prossimità di Aurisina-Nabrežina.
9	Falesia di Duino-Devinske stene	ITA	GM	La falesia ha un'altezza che raggiunge i 90 m e si sviluppa dalla Baia di Sistiana-Sesljan fino al porticciolo di Duino-Devin, per una lunghezza di circa 1500 m. Erosione e corrosione differenziate hanno dato corpo a pinnacoli e torrioni creando uno spazio paesaggisticamente affascinante.
	Solco di battente della Falesia di Duino-Devin	ITA	GM	Tra Duino-Devin e Sistiana-Sesljan il solco marino sommerso si trova a una profondità variabile da -2,5 m e -1,3 m.
10	Dolina del Principe	ITA	GM	Ampia dolina sub-circolare che si apre sul fianco di un rilievo (Dorsale M. Cocco - M. Ermada).
11	Abisso na Grmadi (Grofova jama)	SLO	GM	La grotta Grofova, dal punto di vista scientifico, è una delle grotte più importanti del Carso. L'argilla montmorillonitica (cenere vulcanica esposta agli agenti atmosferici) che si trova al suo interno è il più antico sedimento cavernicolo della Slovenia sudoccidentale, depositatosi circa 10 milioni di anni fa.
12	Forme di paleocarsismo e paleosuoli nell'area di Trsteljska brda	SLO	G	Sebbene i siti in cui sono rinvenibili tracce di paleocarsismo, come sulle colline di Trsteljska Brda, siano relativamente indistinti, sono importanti per comprendere i processi geotettonici e l'evoluzione della piattaforma carbonatica adriatica alla fine del Cretaceo.
13	Sito paleontologico con fossili di vertebrati nei Calcarei di Comeno (Komen)	SLO	GP	Il sito è una località importante e conosciuta a livello internazionale per la presenza di numerosi vertebrati fossili rinvenibili nei calcari fittamente stratificati di Komen (Comeno).
14	Dolina del castelliere di Debela Griža - Volčji Grad	SLO	GM	Oltre al suo significato geomorfologico, la dolina sotto le mura dell'insediamento preistorico di Debela Griža, con i suoi muri a secco e le sue terrazze, è un sito in cui sono evidenti le tracce della presenza dell'uomo fin dalla preistoria.
15	La valle secca di Mali Dol	SLO	GM	E' una valle secca che rappresenta una forma relitta fluviale sulla superficie carsica.
16	Cava abbandonata di stalattite Rusa Jama presso Gorjansko	SLO	G	Cava abbandonata di alabastro. Parte degli interni dell'edificio del Parlamento sloveno è decorata con questa rara pietra naturale.

ID del GEOSITO	GEOSITO	NAZIONE	TIPOLOGIA	DESCRIZIONE
17	Calcarei di Comeno (Komen) a Skopo	SLO	G	Affioramento di calcare di Comeno (Komen) con caratteristiche strutturali ben visibili. Il sito è noto anche per i ritrovamenti di pesci e piante fossili.
18	Calcarei a rudiste nella cava Kopriva	SLO	G	Cava di pietra di Kopriva. Il sito è importante per lo studio dell'innalzamento globale del livello marino all'inizio del Cretaceo superiore.
2	Valle del Raša con i suoi affluenti	SLO	GM	La valle, per lo più asciutta, del fiume Raša e dei suoi affluenti. E' una valle impostata in corrispondenza della faglia del Raša, in cui anche l'erosione ha giocato un ruolo importante sulla sua morfologia attuale.
20	Dolina Veliki Brestoviški	SLO	GM	La valle di Brestovizza è una depressione tettonica legata all'attività della faglia di Divača.
21	Cava della Breccia di Slivia	ITA	G	Cava non più attiva in cui si rinviene una breccia calcarea policroma.
22	Campi solcati di San Pelagio-Šempolaj e Grotta Lindner CSR829/3988VG	ITA	GM	Alternanza di fasce di pietraie carsiche (grize) e di bancate calcaree su cui si sviluppano tutte le piccole forme di corrosione superficiale favorite dalla purezza dei calcari e dalla stratificazione poco inclinata.
23	Sito paleontologico della Caverna Pocala- Pečina pod kalom CSR173/91VG	ITA	GP	Cavità protetta in cui sono stati rinvenuti abbondantissimi resti di animali pleistocenici fra cui ossa di Ursus speleus, accanto a scarsi manufatti.
24	Cave romane di Aurisina-Nabežina	ITA	G	Cave a fossa e in galleria per l'estrazione di orizzonti particolarmente compatti e con particolare valenza estetica, commercialmente definiti "marmo", attive già in epoca romana.
25	Sinkhole della Grotta Noè - Pečina v Rubijah CSR23/90VG	ITA	GM	Ampia apertura subcircolare apertasi in corrispondenza della volta di una cavità a prevalente sviluppo sub-orizzontale.
26	Dolina Baratro dei cavalli	ITA	GM	Dolina di crollo, asimmetrica, dai bordi ripidi e pareti rocciose verticali.
27	Olistoliti del Castello di Miramare	ITA	G	Olistostroma costituito da blocchi calcarei (olistoliti) inglobati caoticamente nelle arenite e peliti del Flysch.
28	Carso di Borgo Grotta Gigante-Briščiki	ITA	GM	Area emblematica per la geomorfologia superficiale ed ipogea del Carso settore italiano: una cavità di dimensioni più che notevoli, alcune doline ampie e profonde, vasti campi solcati intensamente carsificati, cavità senza soffitto e cavità preistoriche.
	Carso di Borgo Grotta Gigante-Briščiki - Grotta Gigante-Briška jama CSR2/2VG	ITA	GM	È la più grande caverna turistica esistente al mondo: con una capacità volumetrica di 600.000 m ³ , è lunga 130 m, alta 110 m e larga 65 m. Visitabile tutto l'anno.
	Carso di Borgo Grotta Gigante-Briščiki - Campi solcati	ITA	GM	Ampie superfici di strato lungo i bordi orientale e settentrionale della dolina Školudnjek su cui abbondano le piccole forme carsiche quali kamenitze, karren di tutte le tipologie, crepacci carsici, fori di dissoluzione.
	Carso di Borgo Grotta Gigante-Briščiki - Grotta della Tartaruga CSR1688/4530VG	ITA	GM	Cavità in cui sono stati rinvenuti resti attribuibili al Paleolitico superiore.
	Carso di Borgo Grotta Gigante-Briščiki - Roofless cave	ITA	GM	Tratto serpeggiante di un'antichissima cavità a prevalente sviluppo sub-orizzontale (galleria) venuta alla luce per dissoluzione progressiva ed abbassamento della superficie.
29	Annegamento della piattaforma carbonatica Cenozoica: i conglomerati	ITA	G	Più livelli di conglomerati costituiti da ciottoli calcarei marcano il tetto della piattaforma dei Calcarei a Nummuliti e Alveoline. Ad essi seguono marne e calcari marnosi, testimoniando un netto aumento della batimetria dell'ambiente deposizionale e quindi l'annegamento della piattaforma carbonatica.
30	Torriani di Monrupino-Repentabor	ITA	GM	Singolari forme isolate di roccia, testimonianza dell'antica superficie carsica.
31	Calcarei del Repen nella cava Dolina	SLO	G	Un profilo molto bello attraverso la zona produttiva del calcare di Repen, una delle pietre naturali più pregiate del Carso, ricca di rudiste.
32	Sezione stratigrafica del Cretaceo superiore lungo la strada Sežana-Vrhovlje	SLO	G	Sezione stratigrafica, importante per la comprensione dell'evoluzione della piattaforma carbonatica adriatico-dinarica nel Cretaceo superiore.
33	"Carso fantasma" nelle dolomie presso Sežana	SLO	G	Nei dintorni di Sežana, nella parte sommitale dei Calcarei, dolomie e brecce di età Cretaceo inferiore e superiore, si trovano tipiche bande di calcite di colore brunastro di spessore variabile da pochi metri a decine di metri, risultato dei fenomeni di dedolomitizzazione.

ID del GEOSITO	GEOSITO	NAZIONE	TIPOLOGIA	DESCRIZIONE
34	Calcarei lamellari di Tomaj presso Kazlje	SLO	G	Cava abbandonata del calcare di Tomaj fittamente stratificato, uno dei più importanti siti di vertebrati, invertebrati e piante fossili della parte settentrionale della piattaforma carbonatica adriatico-dinarica.
35	Sezione stratigrafica con il limite Cretacico-Terziario a Dolenja vas presso Senožeče	SLO	G	Una sezione stratigrafica importante a livello internazionale che attraversa il confine Cretaceo-Paleogene, segnato da una delle peggiori estinzioni di massa della storia geologica.
36	Fascia tettonizzata della Faglia di Divača	SLO	GT	Una zona di poche decine di metri di rocce tettonizzate lungo la faglia regionale di Divača.
37	Dolina Senadolski	SLO	GM	Depressione carsica allungata (uvala) creatasi in corrispondenza della zona di faglia del Raša; potrebbe anche essere un residuo di un'antica valle cieca.
38	Fascia tettonizzata della Faglia del Raša	SLO	GT	Sezione trasversale della zona di faglia del Raša, larga quasi 100 metri, che mostra la tipica zonazione della deformazione della roccia all'interno e all'esterno della zona di faglia.
39	Senožeče-Gabrče - scogliera a rudiste	SLO	G	Scogliera marina fossile, costruita da rudiste visibile lungo un tratto di strada.
40	Timavo - Buchi soffianti: Pozzo presso il Casello ferroviario di Ferneti CSR104/87VG (CFF)	ITA	GM, H	Indizio di collegamento diretto con la falda carsica ipogea.
	Timavo - Buchi soffianti: Luftloch CSR7477/6442VG (LUF)	ITA	GM, H	Indizio di collegamento diretto con la falda carsica ipogea.
	Timavo - Buchi soffianti: Dolina dei sette nani (DSN)	ITA	H	Indizio di collegamento diretto con la falda carsica ipogea.
41	Campi solcati e karren di Percedol-Prčendol	ITA	GM	Ad est della Conca di Percedol-Prčendol, su alcune bancate suborizzontali si sviluppano in quantità e varietà di forme, kamenitze, karren e crepacci carsici.
42	Abisso della volpe CSR100/155VG	ITA	GM	Pozzo unico, largo una decina di metri e profondo 181.
43	Grotta Bestažovca	SLO	GM	Piccola grotta nelle colline del Tabor che ospita, tra le altre attrazioni geologiche e geomorfologiche, numerosi resti archeologici preistorici, tra cui disegni risalenti ad almeno 7.000 anni fa.
44	Campi solcati e karren lungo il sentiero "Museo vivo del Carso"	SLO	GM	Lungo i percorsi tematici del "Museo vivente del Carso" è possibile osservare l'intera gamma di morfologie carsiche, sia superficiali che sottocutanee, di piccole dimensioni.
45	Lipica 1: cava di calcari a rudiste	SLO	G	Cava di calcare di Lipica, ampiamente utilizzato in architettura in Slovenia e all'estero. Nota in letteratura per la sua ricca fauna di bivalvi (rudiste).
46	Grotta Vilenica	SLO	GM	E' considerata la più antica grotta turistica d'Europa e probabilmente del mondo, dal momento che l'ingresso era a pagamento già nel 1633. Dal 1986, la grotta ospita il Festival letterario internazionale di Vilenica, che premia i risultati eccellenti degli autori dell'Europa centrale nel campo della letteratura e della saggistica.
47	Miniere di carbone presso Lipica	SLO	G	Miniere abbandonate di carbone nero in cui sono presenti anche affioramenti rocciosi con fossili.
48	Grotta Claudio Skilan CSR5070/5720VG	ITA	GM	Uno dei complessi ipogei più vasti e profondi del Carso triestino.
49	Kačna jama (Abisso dei serpenti)	SLO	GM, H	Con una lunghezza di oltre 20 km e una profondità di 280 m, l'Abisso dei serpenti è la grotta più lunga del Carso e la terza grotta più lunga della Slovenia. Ha rilevanza scientifica essendo una delle "finestre sul Timavo".
50	Dolina Risnik	SLO	GM	La dolina Risnik è un bellissimo esempio di depressione con una serie di forme al suo interno che ne indicano le fasi dello sviluppo.
51	Roofless cave nella dolina Lipove	SLO	GM	Si tratta di una grotta denudata particolare il cui studio permette una comprensione approfondita dello sviluppo geomorfologico e geologico delle aree carsiche.
52	Valle cieca del Reka e doline di crollo presso le Grotte di Škocjan (San Canziano)	SLO	GM	La valle cieca del Reka e le doline di crollo di Škocjan (San Canziano) fanno parte del Parco Regionale e di Natura 2000. Sono state inserite nella Lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO, dichiarate Riserva della Biosfera Carsica (MAB) dell'UNESCO e inserite nella Lista di Ramsar come zona umida sotterranea.
53	Grotte di Škocjan (San Canziano)	SLO	GM, H	Le Grotte di Škocjan (San Canziano), insieme ai fenomeni carsici circostanti rappresentano un unicum geomorfologico, adatto a studiare l'evoluzione geomorfologica e geologica/geotettonica di un'area più ampia, nonché di altre aree geologicamente simili in tutto il mondo. Sono state riconosciute patrimonio dell'UNESCO dal 1986.
54	Grotta Jama na Prevali 2 (Mušja jama)	SLO	GM	Numerosi oggetti dell'età del bronzo e del ferro, gettati ritualmente nella grotta Mušja, indicano l'importanza che la grotta aveva come luogo sacro per le culture europee e mediterranee della tarda età del bronzo, intorno al 1000 a.C..

ID del GEOSITO	GEOSITO	NAZIONE	TIPOLOGIA	DESCRIZIONE
55	Sezione stratigrafica di Vremški Britof	SLO	G	Sezione stratigrafica conosciuta a livello internazionale della porzione più recente dei calcari a foraminiferi della Formazione Liburnica.
56	Dolina Črbenjak presso San Lorenzo-Jezero	ITA	GM	Ampia dolina di dissoluzione dai fianchi poco acclivi sita in prossimità del ciglione carsico.
57	Valle cieca di Grozzana-Gročana	ITA	GM	Fra l'abitato di Grozzana-Gročana e quello di Pesek si apre una valle cieca dal fondo coltivato.
58	Val Rosandra-Dolina Glinščice	ITA	GM	La Val Rosandra-Dolina Glinščice è un geosito complesso per la variabilità dei fenomeni geologici e geomorfologici riconoscibili al suo interno: una valle fluvio carsica con una profonda forra dalla morfologia dei versanti fortemente condizionata dalla tettonica e dalle variazioni litologiche contenente un sistema ipogeo di cavità articolato e attivo su più livelli. Rappresenta un esempio unico di idrografia superficiale in territorio carsico.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - L'annegamento della piattaforma carbonatica Cenozoica: le marne	ITA	G	Diffuso affioramento di marne calcaree e di calcari marnosi, note anche come "Marne a Fucoidi", che si interpongono tra il Fysch e i calcari ad Alveoline e Nummuliti.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - Complesso ipogeo del M. Stena (Fessura del Vento CSR930/4139VG)	ITA	GM	Cavità che ha circa 2,6 km di sviluppo all'interno del rilievo calcareo di Monte Stena.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - Complesso ipogeo del M. Stena (Grotta delle Gallerie CSR290/420VG)	ITA	GM	Cavità che si sviluppa all'interno del rilievo calcareo di Monte Stena, in destra orografica del Torrente Rosandra-Glinščica ed è un importante sito archeologico.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - Complesso ipogeo del M. Stena (Grotta Gualtiero Savi CSR5080/5730VG)	ITA	GM	Cavità che ha circa 4 km di sviluppo all'interno del rilievo calcareo di Monte Stena.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - Complesso ipogeo del M. Stena (Grotta dei Pipistrelli CSR527/2686VG)	ITA	GM	Cavità di modeste dimensioni all'interno del rilievo calcareo di Monte Stena.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - Complesso ipogeo del M. Stena (Grotta Martina Cucchi CSR4910/5640VG)	ITA	GM	Cavità che ha circa 1 km di sviluppo all'interno del rilievo calcareo di Monte Stena.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - Complesso ipogeo del M. Stena (Grotta Ferroviaria CSR1435/4352VG)	ITA	GM	Cavità di modeste dimensioni all'interno del rilievo calcareo di Monte Stena.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - Cascata del Torrente Rosandra	ITA	GM	Salto d'acqua impostato su una faglia sub verticale alto circa 30 metri immediatamente a valle del contatto tra le rocce torbiditiche ed i calcari.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - Paleofrana	ITA	GM	Scivolamento gravitativo che ha coinvolto un blocco calcareo spesso circa 40 metri, largo circa 200 metri e alto 250 metri.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - Forra del Torrente Rosandra	ITA	GM	Profonda valle che si sviluppa per circa 1.300 metri dove il torrente scorre dentro profondi meandri e marmitte.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - Sorgente Bukovec	ITA	H	Sorgentella originata da fenomeni di condensazione all'interno del detrito di falda sovrastante.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - Faglia del Crinale	ITA	GT	Faglia che condiziona la morfologia del fianco settentrionale del Monte Carso.
	Val Rosandra-Dolina Glinščice - Depositi alluvionali e detritici	ITA	G	Depositi alluvionali interdigerati con detrito di versante, testimoni della complessa evoluzione della Valle, legata alle mutazioni del clima.
Val Rosandra-Dolina Glinščice - Sorgenti di Bagnoli-Boljunec (Anfro di Bagnoli - Jama CSR76/105VG)	ITA	H	Sorgente carsica, in strati subverticali dei calcari ad Alveoline e Numuliti al contatto con le torbiditi del Fysch.	
Val Rosandra - Caverna degli Orsi- Medvedja Jama CSR5075/5725VG	ITA	GM	Modesta cavità protetta in cui sono stati rinvenuti resti ossei dell'Ursus spelaeus.	
59	Sistema Beka-Ocizla	SLO	GM, H	Il sistema di doline, ponti naturali e grotte rappresenta un esempio particolare di carsismo di contatto in cui i corsi d'acqua si inabissano lateralmente nella valle del torrente Rosandra-Glinščica, che qui si forma al contatto tra flysch e calcare.
60	Paleocarsismo con resti di dinosauri presso Kozina	SLO	GP	E' il primo e finora uno dei due soli siti in Slovenia in cui sono stati rinvenuti resti di dinosauro e anche denti di cocodrillo. Il sito è di importanza internazionale per la comprensione dell'evoluzione, in particolare degli adrosauri, e di importanza regionale per la ricostruzione dell'evoluzione paleogeografica e paleobiogeografica dell'area compresa tra la placca geotettonica adriatica e quella eurasiatica.
61	Valli cieche del Matarsko podolje (Brezovica, Odolina)	SLO	GM	Brezovica e Odolina sono tipiche valli cieche del Matarsko Podolje e rappresentano un esempio didattico del carsismo di contatto.

BIBLIOGRAFIA

- Aljančič M., Brenčič M., Gams I., Kranjc A., Lajovic A., Lowe D.J., Planina T., Sket, B., Šušteršič F. (eds.), 1998: Škocjanske jame - The Škocjanske jame caves. Naše jame 40, Bulletin of the Speleological Association of Slovenia.
- Andriani F., Cucchi F., Marinetti E., Zini L., 2001: Doline di crollo e doline di dissoluzione nel Carso triestino. Studi Trentini di Scienze Naturali. Acta Geologica 77 (2000), 119–126.
- Arbulla D., 2017: Ritrovamenti paleontologici. Il sito del Villaggio del Pescatore. Atti Mem. Comm. Grotte "E. Boegan" 47, 87–107.
- Babij V., Culiberg M., Čarni A., Čelik T., Čušin B., Dakskobler I., Košir P., Marinšek A., Pirnat A., Seliškar A., Slapnik R., Šilc U., Vreš B., Zelnik I., 2008: Narava - raziskovanje biodiverzitet - flore, favne in vegetacije kraškega sveta. In: Kras, trajnostni razvoj kraške pokrajine, Ljubljana: Založba ZRC.
- Benussi E. & Dolce S. 1990: Friuli Venezia Giulia. Obiettivo Natura. Ed. B&Mm Fachin, Trieste, 105–143.
- Barattolo F., Bressan G., Burelli G., Carulli G.B., Cucchi F., Drobne K., Ogorelec B., Pirini C., Poli E., Pugliese N., Romano R., 2005: Cretaceous/Tertiary boundary and Paleocene deposits of Trieste Karst and Slovenia. Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol. 80 (2003), 39–64, Suppl. 1.
- Belingar E. (ed.), 2014: Priročnik kraške suhozidne gradnje. Park Škocjanske jame, Škocjan, 31 pp.
- Bertarelli L. V., Boegan E., 1926: Duemila Grotte. Quarant'anni Di Esplorazioni Nella Venezia Giulia. Touring Club Italiano, Milano, 494 pp.
- Battaglia R., 1922: La Caverna Pocala. Atti della Reale Acc. Naz. Lincei, Rendiconti Sc. Fis., Mat. e Nat. 303 (1921), s. 5, 13 (16, 617–686).
- Battaglia R., 1930: Notizie sulla stratigrafia del deposito quaternario della caverna Pocala di Aurisina (campagne di scavo negli anni 1926 e 1929). Istituto italiano di speleologia, gennaio-marzo, Le Grotte d'Italia 4/1, A. VIII, 17–44.
- Biolchi S., Cucchi F., Pieri F., Devoto S., Furlani S., Tunis G., Zini L., Gerdol S., Bavec M., Kolar-Jurkovšek T., Jež J., Jurkovšek B., Milanič B., Novak M., Šolc U., Peternelj K., Guštin M., Premrl B., 2014: Platy limestones: 10 case studies in the Classical karst. Trieste: Dipartimento di matematica e geoscienze, Università degli studi di Trieste, 48 pp.
- Boegan E., 1924: Le Grotte Di San Canziano, Trieste. Soc. Alpina Giulie 47, Trieste.
- Boegan E., 1938: Il Timavo. Studio sull'idrografia carsica subaerea e sotterranea. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, Trieste, Italy, 251 pp.
- Caffau M., Pleničar M., Pugliese N., Drobne K., 1998: Late Maastrichtian rudists and microfossils in the Karst region (NE Italy and Slovenia). Geobios, Mem. Spec. 22, 37–46.
- Calligaris R., 1992: I pesci fossili dei calcari ittiolitici di Comeno e di facies a questa correlabili conservati nelle collezioni del Museo civico di Storia Naturale di Trieste. Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste 44, 57–111.
- Calligaris C., Galli M., Gemiti F., Piselli S., Tentor M., Zini L., Cucchi F., 2019: Electrical Conductivity as a tool to evaluate the various recharges of a Karst aquifer. Rendiconti Online della Società Geologica Italiana 47, 13–17.
- Campedelli T., Cutini S., Vitolano S., Londi G., Bonazzi P., Calvi G., Benussi E., Buvoli L., Tonetti J., Florit F., Florenzano G.T., 2017: Atlante degli uccelli nidificanti nella ZPS IT3341002 "Aree carsiche della venezia giulia" (2010-2013), risultati del primo anno. Gortania 39, 41–188.
- Canarella D. 1989: Il Sentiero Rilke. Paesaggio e poesia della Costiera triestina. Ed. B&Mm Fachin, Trieste, 213 pp.
- Cargnel M. & Matteusich L., 2001: Le Coste Del Friuli Venezia Giulia Viste Dall'alto. B&V Ed., Gorizia, 18–93.
- Carulli G.B. & Cucchi F., 1991: Proposta di interpretazione strutturale del Carso triestino. Atti Tic. Sc. Terra 34, 161–166.
- Carulli G.B. & Onofri R., 1966: I marmi del Carso. Ed. Del Bianco, Udine.
- Cavin L., Jurkovšek B., Kolar-Jurkovšek T., 2000: Stratigraphic succession of the Upper Cretaceous fish assemblages of Kras (Slovenia). Geologija 43/2, 165–195.
- Chiarenza A.A., Fabbri M., Consorti L., Muscioni M., Evans D.C., Cantalapiedra J.L., Fanti F., 2021: An Italian dinosaur Lagerstätte reveals the tempo and mode of hadrosauriform body size evolution. Scientific Reports 11, 23295.
- Civita M., 2005: Idrologia applicata e ambientale. Casa Editrice Ambrosiana Milano, 794 pp.
- Civita M., Cucchi F., Eusebio A., Garavoglia S., Maranzana F., Vigna B., 1995: The Timavo hydrogeologic system: an important reservoir of supplementary water resources to be reclaimed and protected. Acta Carsologica 24, 169–186.
- Consorti L., Arbulla D., Bonini L., Fabbri S., Fanti F., Franceschi M., Frijia G., Pini G.A., 2021: The Mesozoic palaeoenvironmental richness of the Trieste Karst. 90. Congresso della Soc. Geol. It. - Trieste, 14-16 settembre 2021, Pre congress Field Trip N. 4. Periodico semestrale del Servizio Geologico d'Italia, ISPRA e della Società Geologica Italiana Geol. Field Trips & Maps 13/2.2, 40 pp.

- Coratza P., Bollati I., Panizza V., Brandolini P., Castaldini D., Cucchi F., Deiana G., Del Monte M., Faccini F., Finocchiaro F., Gioia D., Melis R., Minopoli C., Nesci O., Paliaga G., Pennetta M., Perotti L., Pica L., Tognetto F., Valentini L., Giardino M., Pelfini M., 2021: Advances in geoheritage mapping. Application to iconic geomorphological examples from the Italian landscape. *Sustainability* 2021/13, 1–38.
- Corradini C. & Innocente N., 2017: Il Cibario del Friuli Venezia Giulia. Agenzia regionale per lo sviluppo rurale ERSA (Gorizia).
- Cucchi F., 2009: Kamenitzas. In: Gines A., Knez M., Slabe T., Dreybrodt W., Karst Rock Features – Karren Sculpturing. *Carsologica* 9, 139–150.
- Cucchi F. & Finocchiaro F., 2017: Karst landforms in Friuli Venezia Giulia: from alpine to coastal karst. In: Soldati M. & Marchetti M. (eds.), *Landscapes and Landforms of Italy*. Series: World Geomorphological Landscapes. Springer Int. Publ. AG 2017, 147–156.
- Cucchi F. & Forti F., 1981: La “Cattura” del Timavo superiore a Vreme. *Atti e Mem. Comm. Grotte E. Boegan* 21, 55–64.
- Cucchi F. & Gerdol S., 1986: I marmi del Carso triestino. Ed. Camera di C.I.A.A. di Trieste, 195 pp.
- Cucchi F. & Piano C. (eds.), 2013: Carta geologica del Carso Classico (tratta dalla Carta di sintesi geologica alla scala 1:10.000 – Progetto GEO-CGT) e Brevi Note Illustrative della Carta Geologica del Carso Classico Italiano con Fanucci, F., Pugliese N., Tunis G., Zini L. (eds), Direzione centrale ambiente energia e politiche per la montagna, Servizio Geologico, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Trieste.
- Cucchi F. & Zini L., 2002: Carta geomorfologica e strutturale del Carso Triestino alla scala 1:50.000. In: Hohenegger J., Melis R., Pervesler P., Pugliese N. (eds.), *Field Excursion Guide of the Third Int. Congr. “Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology”* - EMMM’2002 Trieste, 45 pp.
- Cucchi F. & Zini L., 2007: Le acque del Carso Classico. *Mem. Ist. Ital. Spel.* s. II 19, 33–40.
- Cucchi F. & Zini L. (eds.). 2009: *Paesaggi carsici nel Friuli Venezia Giulia*. Ed. DiSGAM-Università di Trieste – R.A. Friuli Venezia Giulia, Tipografia Stella Arti Grafiche, Trieste, 112 pp.
- Cucchi F., Pirini Radrizzani C., Pugliese N., 1989: The carbonate stratigraphic sequence of the Karst of Trieste (Italy). *Mem. Soc. Geol. Ital.* 40 (1987), 35–44.
- Cucchi F., Radovich N., Sauro U., 1990: I campi solcati di Borgo Grotta Gigante nel Carso triestino. *Int. J. Speleol.* 18/3-4, 1989, 117–144.
- Cucchi F., Forti F., Marinetti E., 1996: Surface degradation of carbonate rocks in the Karst of Trieste (Classical Karst, Italy). In: Formos J.J. & Ginés A. (eds.), *Karren Landforms*. Palma, 41–51.
- Cucchi F., Mereu A., Oberti S., Piano C., Rossi A., Zini L., 2005: Geology and geomorphology of the “Rosandra” Valley for a cultural enhancement. *Il Quaternario – Italian Journal of the Quaternary Sciences* 18/1, Spec. vol., 183–194.
- Cucchi F., Finocchiaro F., Muscio G. (eds.), 2009: *Geositi del Friuli Venezia Giulia*, Ed. DiSGAM-Università di Trieste – R.A. Friuli Venezia Giulia, Tipografia Arti Grafiche Friulane/Imoco spa, Udine, 383 pp.
- Cucchi F., Finocchiaro F., Zini L., 2010: Karst Geosites in NE Italy. In: Andreo B., Carrasco F., Duran J.J., La Moreaux J.W. (eds.), *Advances in Research in Karst Media*, 393–398.
- Cucchi F., Riccamboni R., Bandi E. (eds.), 2012: *Water and life in the caves of the Rosandra Valley*. LINDT (Trieste-Slovenia), 141 pp.
- Cucchi F., Zini L., Calligaris C., 2015: *Le acque del Carso Classico/Vodnosnik klasičnega Krasa*. Progetto/Projekt HYDROKARST, Edizioni Università di Trieste, 181 pp.
- Dalla Vecchia F.M., 2009: *Tethyshadros insularis*, a new Hadrosauroid dinosaur (Ornithischia) from the Upper Cretaceous of Italy. *J. Vertebrat. Paleontol.* 29, 1100–1116.
- Dalla Vecchia F.M., 2020: The Unusual Tail of *Tethyshadros Insularis* (Dinosauria, Hadrosauroidea) from the Adriatic Island of the European Archipelago. *Riv. Ital. Paleontol. S.* 126, 583–628.
- D’Ambrosi C., 1955: *La Cava Romana di Aurisina presso Trieste*. Ist. Min. Univ. Trieste, Smolars Ed., Trieste.
- Debeljak I., Košir A., Buffetaut E., Otoničar B., 1999: A preliminary note on dinosaurs and non-dinosaurian reptiles from the Upper Cretaceous carbonate platform succession at Kozina (SW Slovenia). *Razprave* 40, 3–25.
- Debeljak I., Košir A., Buffetaut E., Otoničar B., 2002: The Late Cretaceous dinosaurs and crocodiles of Kozina (SW Slovenia): a preliminary study. *Mem. Soc. Geol. Ital.* 57, 193–201.
- Dobrovoljc H., Fridl J., Luthar O., Mulec J., Pavšek M., 2008: *Kras: trajnostni razvoj kraške pokrajine*. Založba ZRC, 337 pp.
- Dobruskina I., Jurkovšek B., Kolar-Jurkovšek T., 1999: Upper Cretaceous flora of Slovenia. *Annales* 9/2, 243–256.
- Dragičević I., & Velić I., 2002: The northeastern margin of the Adriatic carbonate platform. *Geologia Croatica* 55/2, 185–232.
- Drobne K., Ogorelec B., Pleničar M., Zucchi-Stolfa M.L., Turnšek D., 1988: Maastrichtian, Danian and Thanetian beds in Dolenja vas (NW Dinarides, Yugoslavia). Mikrofacies, foraminifers, rudists and corals. *Razprave 4. razr. SAZU* 29, 149–224.
- Drobne K., Ogorelec B., Pleničar M., Barattolo F., Turnšek D., Zucchi Stolfa M.L., 1989: The Dolenja Vas section, a transition from Cretaceous to Palaeocene in the NW Dinarides, Yugoslavia. *Mem. Soc. Geol. Ital.* 40, 73–84.
- Drovenik B., 1996: Hrošči. V: Vreš B. et al., *Flora, vegetacija in favna kraškega regijskega parka*, Elaborat, Biološki inštitut ZRC SAZU, Ljubljana, 63–84.
- Fakin Bajec J., 2009: *Kulturna dediščina med tradicijo in inovacijo na Krasu: doktorska disertacija*. Ljubljana.

- Fanin Y., Tami F., Guzzon C., Candotto S., Merluzzi P., 2015: Nuove località di Zeuneriana marmorata (Fieber, 1853) (Insecta Orthoptera) in Friuli Venezia Giulia (Italia nord-orientale). *Gortania* 37, 35–41.
- Fister P. 1999: Arhitektura na Krasu. In: Kranjc, A. (ed.), *Kras: pokrajina, življenje, ljudje*. Ljubljana, Založba ZRC, 251–60.
- Flego S. & Rupel L., 1993: Prazgodovinska gradišča tržaške pokrajine - I castellieri della provincia di Trieste. Trst: Založništvo tržaškega tiska- Trieste: Editoriale stampa triestina.
- Gabrovšek F. & Peric B., 2006: Monitoring the flood pulses in the epiphreatic zone of karst aquifers: the case of Reka river system, Karst Plateau, SW Slovenia. *Acta Carsologica* 35/1, 35–45.
- Galli M., 1999: Timavo – esplorazioni e studi. Supplemento n. 23 di “Atti e Memorie della Comm. Grotte E. Boegan”, 195 pp.
- Gams I., 2003: Kras v Sloveniji – v prostoru in času. Založba ZRC, Ljubljana, 516 pp.
- Gemiti F., 1995: Portata liquida e portata solida del Timavo alle risorgive di S. Giovanni di Duino. *Hydrores*. 13, 75–88.
- Gemiti F., 2004: Le sorgenti Sardos e l'approvvigionamento idrico della Provincia di Trieste. *Atti e Memorie della Commissione Grotte “E. Boegan”* 39, 67–80.
- Gorjanović-Kramberger C. 1895: Fossilne ribe Komena, Mrzleka, Hvara i M. Libanona uz dodatak o oligocenskim ribama Tüffera, Zagora i Trifalja. *Djela jugoslavenske Akademije znanosti i umjetnosti* 16, 1–67.
- Guštin Grilanc V., 1997: Je več dnevou ku klobas. Nekdanje prehrabene navade in recepti tržaškega podeželja. ZTT-EST, Trst. Trieste.
- Habič P., 1969: Hidrografska rajonizacija krasa v Sloveniji. *Krš Jugoslavije* 6, 79–91.
- Hrobat K., 2004: Kras – Brkini: kraška prazgodovinska gradišča, Sežana, Kulturno društvo Vilenica, 24 pp.
- Jurkovšek B., 2000: Kamnarstvo je del tradicije Krasa. *Kras* 37, 38–39.
- Jurkovšek B. 2010: Geološka karta severnega dela Tržaško-komenske planote 1:25.000, tolmač. = Geological map of the Trieste-Komen Plateau 1:25,000, explanatory book. Ljubljana, 72 pp.
- Jurkovšek B. & Kolar-Jurkovšek T., 2007: Fossil assemblages from the Upper Cretaceous Komen and Tomaj Limestones of Kras (Slovenia). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen* 245/1, 83–92.
- Jurkovšek B. & Kolar-Jurkovšek T. 2021: Fosili Slovenije: pogled v preteklost za razmislek o prihodnosti. = Fossils of Slovenia: looking into the past to reflect on the future. Ljubljana, Geološki zavod Slovenije, 264 pp.
- Jurkovšek B., Toman M., Ogorelec B., Šribar L., Drobne K., Poljak M. & Šribar L., 1996: Formacijska geološka karta južnega dela Tržaško-komenske planote 1 : 50.000. = Geological Map of the Southern part of the Trieste-Komen Plateau (Slovenia), 1:50,000. Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, Ljubljana, 143 pp.
- Jurkovšek B., Cvetko Tešović B., Kolar-Jurkovšek T., 2013: *Geologija Krasa. = Geology of Kras*. Ljubljana, Geološki zavod Slovenije, 205 pp.
- Jurkovšek B., Biolchi S., Furlani S., Kolar-Jurkovšek T., Zini L., Jež J., Tunis G., Bavec M., Cucchi F., 2016: Geology of the Classical Karst Region (SW Slovenia–NE Italy). *Journal of Maps* 12, 352–362, 1 supl.
- Kaligarič M., 1997: Rastlinstvo Primorskega krasa in Slovenske Istre: travniki in pašnik. Koper, Zgodovinsko društvo za južno Primorsko: Znanstveno raziskovalno središče Republike Slovenije.
- Kladnik D. & Rejec Brancelj, 1999: Družbenogeografski oris. In: Kranjc, A. (ed.), *Kras: pokrajina, življenje, ljudje*. Ljubljana, Založba ZRC, 191–215.
- Knez M. & Slabe T. (eds.), 2016: Cave exploration in Slovenia: discovering over 350 new caves during motorway construction on Classical Karst - Springer, *Advances in karst science*, 102 pp.
- Knez M., Petrič M., Šebela S., Slabe T. (eds.), 2015: The Beka-Ocizla cave system: karstological railway planning in Slovenia. Springer, *Advances in karst science*, 102 pp.
- Knez M., Otoničar B., Petrič M., Pipan T., Slabe T. (eds.), 2020: *Karstology in the Classical Karst*. Springer, *Advances in karst science*, 222 pp.
- Košir A., Goričan Š., Debeljak I., Otoničar B., Turnšek D., 1999: Vodnik po ekskurziji ob 50. obletnici ustanovitve Paleontološkega inštituta Ivana Rakovca ZRC SAZU. Ljubljana, Založba ZRC SAZU, 20 pp.
- Kranjc A. (ed.), 1997: *Kras - Slovene Classical Karst*. Založba ZRC, Ljubljana, 254 pp.
- Kranjc A., 1999: Uvod. In: Kranjc A. (ed.), *Kras – pokrajina, življenje, ljudje*. Založba ZRC, Ljubljana, 9–17.
- Kranjc A., 2002: Zgodovinski pregled in opis jam (A Historical Overview and Description of the Caves). In the monograph *Park Škocjanske jame (The Škocjan Caves Park)*, Škocjan Caves Park publi.
- Lazzaro G., 2003: La popolazione di *Ursus spelaeus* della Grotta Pocala. *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste* 49 (suppl.), 59–78.
- Luthar O., Dobrovoljc H., Fridl J., Mulec J., Pavšek M. (eds.), 2008: *Kras - trajnostni razvoj kraške pokrajine*. Založba ZRC, Ljubljana, 337 pp.
- Marchesetti C., 1907: Relazione sugli scavi paleontologici eseguiti nel 1904. *Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali in Trieste* 23, 233–235.
- Marchesetti C., 1908: Relazione sugli scavi preistorici eseguiti nel 1905. *Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali in Trieste* 24, 185–187.
- Martel E.A., 1888: La Grotte de Trebiciano. *La Nature* 16, 776, 307–308.
- Maucci W., 1954: Ricerche in acque sotterranee mediante scafandri autonomi ad ossigeno. *Boll. Soc. Adriatica di Sc. Nat.* 47, 62–81. 47 (1953-1954).
- Mezzena R., 1965: *Flora del Carso*. Ed. Lint, Trieste, 355 pp.
- Mihevč A., 2001: *Speleogeneza Divaškega krasa*. Založba ZRC, Ljubljana, 180 pp.

- Mosetti F., 1966: L'idrologia della Carsia Giulia e dei territori limitrofi. *Adriatica* 12, Trieste, 76 pp.
- Mosetti F., 1989: Carsismo e idrologia carsica nel Friuli-Venezia Giulia. Quaderni ETP. Riv. Limn 17, Udine.
- Müller F., 1890: Die Grottenwelt von St. Canzian, 1–59, Vienna.
- Novak M. (ed.), 2015: RoofOfRock Final Thematic Report. Geological Survey of Slovenia, Dubrovnik. <https://roofofrock.geo-zs.si/Publication/index.html>
- Novak M., Biolchi S., Čebon Lipovec N., Jež J., Peternelj K., Šolc U., Golež M. (eds.), 2015: Roof of rock. Ljubljana, Geološki zavod Slovenije; Dubrovnik, Neretva Regional Development Agency Dunea, 181 pp.
- Oedl R., 1924: Der unterirdische Lauf der Reka, Doktordissertation, manuscript, 334 pp., Munich.
- Ogorelec B., Dolenc T., Cucchi F., Giacomich R., Drobne K., Pugliese N., 1995: Sedimentological and geochemical characteristics of carbonate rocks from the K/T boundary to Lower Eocene on the Karts area (NW Adriatic platform). Proc. of 1st Croatian Geol. Congress, Opatija, 415–42.
- Ogorelec B., Dolenc T., Drobne K., 2007: Cretaceous–Tertiary boundary problem on shallow carbonate platform: carbon and oxygen excursions, biota and microfacies at the K/T boundary sections Dolenja vas and Sopada in SW Slovenia, *Adria CP. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 255/1–2, 64–76.
- Otoničar B., 2007: Upper Cretaceous to Paleogene forbulge unconformity associated with foreland basin evolution (Kras, Matarsko Podolje and Istria; SW Slovenia and NW Croatia). *Acta Carsologica* 36/1, 101–120.
- Panjek A., 2006: Človek, zemlja, kamen in burja: zgodovina kulturne krajine Krasa. Koper: Univerza na Primorskem, Znanstveno-raziskovalno središče, Založba Annales: Zgodovinsko društvo za južno Primorsko.
- Paronuzzi P. & Arbullo D., 2019: Guerra tra archeologi. Le ricerche di L.K. Moser nelle grotte del Carso. Comune di Trieste, p. 174.
- Pavlovec R. & Vesel J., 1992: Flowstone as Natural Stone. *Acta Carsologica* 21, 185–191.
- Pavlovec R., Pleničar M., Drobne K., Ogorelec B., Šušteršič F., 1989: History of geological investigations of the Karst (Kras) region and the neighbouring territory (Western Dinarides). *Mem. Soc. Geol. Ital.* 40 (1987), 9–20, Roma.
- Pettersson M. & Kesitalo E.C.H., 2013: Adaptive capacity of legal and policy frameworks for biodiversity protection considering climate change. *Land Use Policy* 34, 2013–2222.
- Pipan T., 2007: Škocjanske jame sodijo v skupino jam z izjemno bogato podzemno favno: vzorčenje vodne favne ter pregled biodiverzitetnih razmer v ponikalnici Reki in Škocjanskih jamah. *Kras* 85, 38–41.
- Placer L., 2015: Simplified structural map of Kras; Kras (Slovene), Carso (Italian) = Geographical unit. *Geologija* 58/1, 89–93.
- Placer L. & Mihevc A. (in prep.): Osnove geomorfološkega razvoja jugozahodne Slovenije in Istre. I. del: Škocjanske jame.
- Placer L., Vrabc M., Celarc B., 2010: The bases for understanding of the NW Dinarides and Istria Peninsula tectonics. *Geologija* 53/1, 55–86.
- Pleničar M., 2005: Upper Cretaceous Rudists in Slovenia. = Zgornjekredni rudisti v Sloveniji. *SAZU* 39, 255 pp.
- Poldini L., 2009: Guide alla Flora – IV. La diversità vegetale del Carso fra Trieste e Gorizia. Lo stato dell'ambiente. Le guide di Dryades 5 – Serie Florae IV (F – IV). Trieste, Ed. Goliardiche, 732 pp.
- Presetnik P., Koselj K., Zagmajster M. (eds.), 2009: Atlas netopirjev (Chiroptera) Slovenije. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju.
- Renčelj S., 2002: Kras: kamen in življenje. Libris, Koper, 162 pp.
- Renčelj S., 2009: Okusi Krasa. Ljubljana: Kmečki glas.
- Rossi M. & Santi G., 2015: Observation on the *Ursus gr. spelaeus* remains from the Pocala cave (Trieste, Friuli Venezia Giulia, N. Italy). *Revue de Paléobiologie* 34, 77–84.
- Scotese C.R., 2014: Atlas of Paleogene Paleogeographic Maps (Mollweide Projection), Vol. 1 and 2, The Cenozoic and The Cretaceous, PALEOMAP Atlas for ArcGIS, PALEOMAP Project, Evanston, IL.
- Seliškar A., Trpin D., Vreš B., 1996: Flora kraškega regijskega parka. In: Vreš B. et al. (eds.), Flora, vegetacija in favna kraškega regijskega parka. Elaborat, Biološki inštitut ZRC SAZU, Ljubljana, 3–19.
- Shaw T.R., 2018: Škocjanske Jame 1920–1940. Ljubljana, Založba ZRC, 185 pp.
- Shaw T.R., Čuk A., 2015: Slovene Karst and Caves in the past. Ljubljana, Založba ZRC, 464 pp.
- Sket B., 2000: Pregled in izbor jam v Republiki Sloveniji, ki so pomembne za ohranjanje podzemne favne. Naročnik: Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje. Ljubljana.
- Slapšak B., 1999: Slovenski Kras v poznejši prazgodovini in v rimski dobi. In: Kranjc, A. (ed.), Kras: pokrajina, življenje, ljudje. Ljubljana, Založba ZRC, 145–163.
- Stoch F. & Dolce S., 1984: Gli animali delle grotte del Carso Triestino. *Andar sul Carso per vedere e conoscere* 7, Ed. Lint, Trieste.
- Stoch F., 2009: Servizio di integrazioni al catasto grotte nel Sito Natura 2000 SIC IT3340006 "Carso Triestino e Goriziano" e ZPS IT3341002 "Aree carsiche della Venezia Giulia" - Relazione finale. Direzione centrale risorse agricole, naturali, forestali e montagna, Servizio tutela ambienti naturali e fauna. Udine.
- Stupar M., Gorkič M., Fajdiga B., Fučka D., Jurkovšek B., Placer L., Otoničar B., Belingar E., 2012: Preverjanje možnosti izvedbe geoparka na Krasu: strokovne podlage. Strateški projekt Kras - Carso: Trajnostno upravljanje naravnih virov in teritorialna kohezija. Zavod za varstvo narave, OE Nova Gorica, 61 pp., 1 suppl.
- Testa A., Romandini M., Arbullo D., Benazzi S., 2022: Analisi tafonomica preliminare di un campione di resti di orsi delle caverne della Caverna Pocala (Duino-Aurisina, TS) nel Carso triestino. *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste*, 63.

- Trontelj P., 2000: Kras. In: Polak S. (ed.), Mednarodno pomembna območja za ptice v Sloveniji. = Important Bird areas (IBA) in Slovenia. Ljubljana, DOPPS, Monografija DOPPS 1, 51–64.
- Torbica A. (ed.), 2015: In Transition. Understanding the Junction of Flysch and Carbonate Rocks and its Influence on the use of Stone as a Building Material. A case study of the Comune di San Dorligo della Valle/Občina Dolina Municipality. Border Cooperation Programme IPA Adriatic 2007-2013. Trieste, 100 pp.
- Ulcigrai F., 1977: Successione stratigrafica dell'Abisso di Trebiciano. Atti e Memorie della Comm. Grotte "E. Boegan" 16 (1976), 21–44.
- Valvasor J.W., 1689: Die Ehre des Herzogthums Crain. Ljubljana and Nürnberg, Endter, 4 vols. (1/IV, 519–520; 4/XIII, 3–11).
- Venturini S., Sartorio D., Tentor M., Tunis G., 2008: Bauxitic deposits in the Cenomanian-Santonian succession of Monte Sabotino (Gorizia, NE Italy): New stratigraphic data and palaeogeographic implications concerning the North-Eastern sector of the Friuli platform. Bol. Soc. Geol. It. 127/2, 439–452.
- Vesel J., 1979: Repen. Geologija 22/1, 117–126.
- Vesel J., 1987: Razširjenost nahajališč in stanje raziskanosti arhitektonsko-gradbenega kamna v Sloveniji. Geol. zbornik 8, 1–11.
- Vierthaler A. 1883: Cenni statistici sulle cave del territorio di Trieste. Boll. Soc. Adriatica Sc. Nat. VIII.
- Zamagni J., Mutti M. & Košir A., 2008: Evolution of shallow benthic communities during the Late Paleocene–earliest Eocene transition in the Northern Tethys (SW Slovenia). Facies 54, 25–43.
- Zini L., Calligaris C., Cucchi F., 2017: Il Lacus Timavi. Idrogeologia. Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan" 47, 63–76.
- Zini L., Calligaris C., Cucchi F., 2022: Excursion FT2 - Along the hidden Timavo. Geological Field Trips and Maps 14 (1.3), 69 pp.
- Zupan Hajna N., Ravbar N., Rubinič J., Petrič M. (eds.), 2017: Life and water on Karst: monitoring of transboundary water resources of Northern Istria. Založba ZRC, Ljubljana, 151 pp.
- Zupan Hajna N., 2021: Karst, Caves and People. Založba ZRC, Ljubljana, 173 pp.

SITOGRAFIA

- Global Geoparks Network: <http://www.globalgeopark.org/>
- Museo di Storia Naturale: www.museostorianaturaletrieste.it
- Naša super hrana: <https://www.nasasuperhrana.si/za-potrosnike/sheme-kakovosti/zasciteni-kmetijski-pridelki-in-zivila/>
- Project KRAS: <http://www.razvojkrasa.si/si/narava>
- Project Kras-Carso: <http://www.krascarso-carsokras.eu/en>
- Project RoofOfRock: <https://roofofrock.geo-zs.si/Publication/index.html>
- Trieste Green: <https://trieste.green/>
- UNESCO Global Geoparks (UGGp): <https://en.unesco.org/global-geoparks>
- Visit Kras: <https://www.visitkras.info/>
- <http://www.cngeologi.it/wp-content/uploads/2017/05/VincoliAnce.pdf>
- <http://www.enjoycarso.it/it/le-tradizioni/>
- <http://www.ersa.fvg.it/cms/consumatore/prodotti/>
- <https://www.gov.si/en/policies/environment-and-spatial-planning/nature/>
- <https://www.gov.si/drzavni-organi/ministrstva/ministrstvo-za-okolje-in-prostor/zakonodaja/>
- <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/398>
- <https://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/tutela-ambiente-gestione-risorse-naturali/FOGLIA400/>
- <https://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/tutela-ambiente-gestione-risorse-naturali/FOGLIA41/FOGLIA14/>
- http://www.regione.fvg.it/rafvfg/export/sites/default/RAFVG/ambiente-territorio/tutela-ambiente-gestione-risorse-naturali/FOGLIA200/FOGLIA5/allegati/DGR_13.09.1996_n_4046.pdf
- <http://www.sabap.fvg.beniculturali.it/attivita-2/tutela>
- <http://www.sbapbo.beniculturali.it/index.php?it/110/beni-paesaggistici>
- <https://www.taborniki.si/projekti/kodeks-obisk-v-naravi/>
- <https://www.taborniki.si/wp-content/uploads/2018/06/ZTS-zlozenka-Obisk-v-naravi-ENG-web.pdf>



BREVE PRESENTAZIONE:

I geoparchi che aderiscono alla Rete globale dei Geoparchi dell'UNESCO (UGGN – UNESCO Global Geopark Network) vengono tradizionalmente presentati da una pubblicazione con lo scopo di illustrare al pubblico le caratteristiche distintive che hanno permesso loro di diventare un Geoparco, con la G maiuscola.

Si tratta del biglietto da visita con cui il territorio e la sua comunità si presentano all'UNESCO GGN, ai visitatori e ai cittadini in generale.

Questa non è la prima pubblicazione che descrive la geologia e la geodiversità uniche di quest'area, l'ambiente naturale e il ricco patrimonio culturale di questa zona di confine tra Italia e Slovenia. Da diversi secoli la geologia del Carso Classico è oggetto di studi scientifici e di esplorazioni speleologiche che hanno arricchito le nostre conoscenze sul Carso e sull'ambiente specifico dell'area. Questa è però la prima pubblicazione che considera le risorse geologiche e territoriali presenti nell'intera area del Carso Classico, tra Italia e Slovenia, dal punto di vista dei geoparchi, come fattore di identità per la comunità locale e strumento di sviluppo sostenibile.

Si tratta di un lavoro editoriale realizzato nell'ambito del Programma di cooperazione transfrontaliera Italia-Slovenia progetto "GeoKarst" e nell'ambito della politica di valorizzazione della geodiversità e dei geoparchi promossa dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

Interreg



UNIONE EUROPEA
EVROPSKA UNIJA

ITALIA-SLOVENIJA



GeoKarst

Progetto standard co-finanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale
Standardni projekt sofinancira Evropski sklad za regionalni razvoj

<https://www.ita-slo.eu/geokarst>

