HYDROKARST

LE ACQUE DEL CARSO CLASSICO

Progetto *Projekt* HYDROKARST

VODONOSNIK KLASIČNEGA KRASA

2015

Franco Cucchi, Luca Zini, Chiara Calligaris

EUT

2007-2013
cooperazione territoriale europea
programma per la cooperazione transfrontaliera
Italia-Slovenia
evropsko teritorialno sodelovanje
program čezmejnega sodelovanja
Slovenija-Italija

Investiamo nel vostro futuro!
Naložba v vašo prihodnost!
www.ita-slo.eu

Progetto cofinanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale
Projekt sofinancira Evropski sklad za regionalni razvoj

Cover and layout:
Divulgando Srl, Trieste – www.divulgando.eu
EUT – Edizioni Università di Trieste

© copyright Edizioni Università di Trieste, Trieste 2015

All rights reserved.
This book may not be translated, reproduced, adapted
or electrically stored, in whole or part, by any means
(including microfilms, photocopies and other reproductions),
in any country.

ISBN 978-88-8303-621-7
E-ISBN 978-88-8303-622-4

EUT – Edizioni Università di Trieste
Via Weiss, 21 – 34128 Trieste, Italy
http://eut.units.it
https://www.facebook.com/EUTEdizioniUniversitaTrieste

La presente pubblicazione è reperibile all'indirizzo:
Publikacija je objavljena na:
This publication is available at:
www.hydrokarst-project.eu

LE ACQUE DEL CARSO CLASSICO

Progetto *Projekt* HYDROKARST

VODONOSNIK KLASIČNEGA KRASA

2015

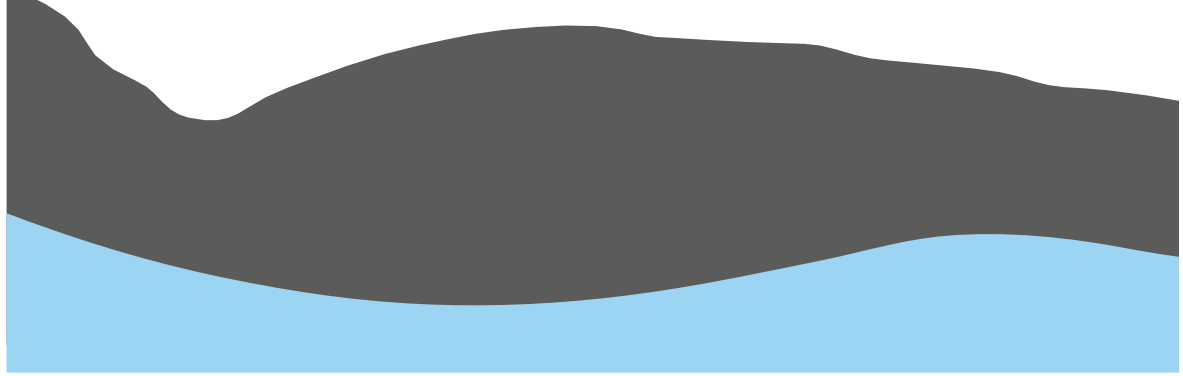
Franco Cucchi, Luca Zini, Chiara Calligaris

EUT EDIZIONI UNIVERSITÀ DI TRIESTE

Polla a mare delle sorgenti di Aurisina.

Vodna žila nabrežinskega izvira.

Indice
Kazalo



Premessa 7

Il Progetto HYDROKARST 9

Ringraziamenti 12

1. Il Carso Classico, inquadramento geografico e storico 15
1.1. Definizione geografica del territorio competente al Carso Classico nella sua accezione scientifica e storica 20

2. Geologia e geomorfologia del Carso Classico 23
2.1 Litologia e assetto strutturale 23
2.1.1 Unità litostratigrafiche 24
2.1.2 Depositi di copertura e depositi di terra rossa 32
2.1.3 Condizioni paleoambientali 33
2.1.4 Assetto strutturale 34
2.2 Morfologia carsica 38
2.2.1 Grotte di San Canziano 44
2.2.2 Abisso dei Serpenti 45
2.2.3 Abisso di Trebiciano 46
2.2.4 Grotta Meravigliosa di Lazzaro Jerko 46
2.2.5 Grotta Gigante 47
2.2.6 Grotta Antonio Federico Lindner 48
2.2.7 Le gallerie delle Sorgenti del Timavo 50

3. Il modello idrogeologico 53
3.1 L'acquifero del Carso Classico 53
3.1.1 Gli inghiottitoi 54
3.1.2 L'infiltrazione diffusa 55
3.1.3 Le sorgenti 55
3.1.4 Le finestre sul percorso ipogeo 58
3.2 La Carta Idrogeologica del Carso Classico 62

Predgovor *7*

Projekt HYDROKARST *9*

Zahvala *12*

1. Klasični Kras, geografska in zgodovinska opredelitev 15
1.1. Geografska definicija območja, ki spada h klasičnemu Krasu z znanstvenega in zgodovinskega vidika *19*

2. Geologija in geomorfologija klasičnega Krasa *23*
2.1 Litologija in strukturna razčlenitev *23*
2.1.1 Litostratigrafske enote *24*
2.1.2 Krovna sedimentna plast in rdeča prst *32*
2.1.3 Paleoekologija *33*
2.1.4 Tektonika *34*
2.2 Morfologija krasa *38*
2.2.1 Škocjanske jame *42*
2.2.2 Kačna jama *43*
2.2.3 Labodnica pri Trebčah *44*
2.2.4 Jerkova jama *45*
2.2.5 Briška jama *46*
2.2.6 Lisičja luknja *47*
2.2.7 Izviri Timave *48*

3. Hidrogeološki model *53*
3.1 Vodonosnik klasičnega Krasa *53*
3.1.1 Požiralniki *54*
3.1.2 Razpršeno napajanje *55*
3.1.3 Izviri *55*
3.1.4 Vodokazna brezna *58*
3.2 Hidrogeološka karta klasičnega Krasa *61*

4. La rete di monitoraggio 65
4.1 Il piezometro di Štorje 67
4.2 Il monitoraggio in continuo 72
4.3 Caratterizzazione geochimica e microbiologica dell'acquifero del Carso Classico 76
4.3.1 L'approccio metodologico 79
4.3.2 Presentazione dei dati e discussione 81
4.3.3 Conclusioni 88

5. I test di tracciamento 91
5.1 Introduzione 91
5.2 L'iniezione e il campionamento 92
5.3 I risultati del test di tracciamento 93
5.4 Conclusioni 97

6. Il ruolo e l'importanza della fauna nelle ricerche idrogeologiche 99
6.1 Introduzione 99
6.2 Le ricerche sulle forme di vita negli ambienti acquei ipogei nel Carso Classico 103
6.3 Metodi di tracciamento dei collegamenti idrologici per mezzo degli organismi 107
6.4 Conclusioni 109

7. Le portate delle sorgenti 111
7.1 Premessa 111
7.2 Attività svolta dalla Regione Friuli Venezia Giulia 112
7.3 Strumenti di misura 113
7.4 Approccio, punti di misura, caratteristiche delle sezioni di misura 115
7.5 Primi risultati, prospettive, conclusioni 120

8. AcegasApsAmga: analisi della stabilità della rete di distribuzione, delle perdite degli acquedotti e dei tratti inefficienti della rete 125
8.1 Cenni storici 125
8. 1.1 Gli acquedotti romani 125
8.1.2 L'acquedotto teresiano 126
8.4.3 L'acquedotto di Aurisina 126
8.1.4 L'acquedotto di Zaule 127
8.2 L'acquedotto Giovanni Randaccio 128
8.2.1 Il primo nucleo dell'acquedotto 128
8.2.2 La realizzazione 128
8.2.3 Gli ampliamenti 128
8.2.4 I primi inquinamenti del Timavo 129
8.2.5 Il potenziamento della captazione al Sardos e stazione di presa al Sablici - Moschenizze 130

4. Mreža opazovalnih mest 65
4.1 Opazovalna vrtina v Štorjah 76
4.2 Kontinuirana opazovanja podzemne vode 72
4.3 Geokemijske in mikrobiološke značilnosti vodonosnika klasičnega Krasa 76
4.3.1 Metodološki pristop 79
4.3.2 Predstavitev podatkov in razprava 81
4.3.3 Zaključki 87

5. Sledilni poskusi 91
5.1 Uvod 91
5.2 Injiciranje in vzorčenje 92
5.3 Rezultati sledenja 93
5.4 Sklep 96

6. Vloga in pomen živalstva v hidrogeoloških raziskavah 99
6.1 Uvod 99
6.2 Zgodovina raziskav življenja v podzemnem vodnem okolju na klasičnem Krasu 103
6.3 Metode za sledenje hidroloških povezav s pomočjo organizmov 106
6.4 Sklep 109

7. Pretok izvirskih voda 111
7.1 Uvod 111
7.2 Dejavnosti Avtonomne dežele Furlanije-Julijske krajine 112
7.3 Merilne naprave 113
7.4 Pristop, meritvene točke, značilnosti območij merjenja 115
7.5 Prvi rezultati, perspektive, zaključki 120

8. AcegasApsAmga: analiza stabilnosti distribucijske mreže, izgub iz vodovodov in neučinkovitih predelov omrežja 125
8.1 Zgodovinski pregled 125
8.1.1 Rimski vodovodi 125
8.1.2 Terezijanski vodovod 126
8.1.3 Nabrežinski vodovod 126
8.1.4 Žaveljski vodovod 127
8.2 Vodovod Giovanni Randaccio 128
8.2.1 Prvo jedro današnjega vodovoda 128
8.2.2 Izgradnja 128
8.2.3 Širitve 128
8.2.4 Prva onesnaženja Timave 129
8.2.5 Okrepitev črpanja iz Sardočevih izvirov in črpalna postaja Sabliči - Moščenice 130

8.3 L'acquedotto dell'Isonzo 133
8.3.1 Le indagini del 1920 e del 1950 133
8.3.2 Il nuovo progetto negli anni '70 ed inizio dell'opera 134
8.4 I problemi dell'utilizzo delle acque carsiche a scopo potabile 135
8.4.1 Origini e portate 135
8.4.2 Le caratteristiche di qualità 136
8.4.3 I controlli di qualità 137
8.5 L'acquedotto oggi 138
8.5.1 La rete di distribuzione 138
8.5.2 La valutazione delle perdite e l'individuazione dei tratti inefficienti 142
8.5.3 Gli interventi migliorativi: la distrettualizzazione 142
8.5.4 La verifica dei trend nell'uso del territorio e le necessità di approvvigionamento idrico 144
8.5.5 La programmazione futura e casi studio 145

9. Kraški vodovod Sežana: analisi di stabilità della rete di distribuzione, verifica dei trend nell'uso del territorio e delle necessità di approvvigionamento idrico 151
9.1 L'approvvigionamento idrico del Carso nel passato 151
9.2 L'approvvigionamento idrico oggi 154
9.2.1 Klariči – il punto di prelievo dell'acquedotto di Brestovica 155
9.2.2 L'acquedotto del Nanos e gli acquedotti locali 156
9.3 Il sistema dell'acquedotto KVS 156
9.4 Monitoraggio e qualità dell'acqua potabile 157
9.5 Il sistema centrale di controllo CNS (Centralni Nadzorni Sistem) 157

10. La protezione delle acque sotterranee 161
10.1 Carta della vulnerabilità 161
10.2 Carta della vulnerabilità delle acque sotterranee 164
10.2.1 Parametro O 164
10.2.2 Parametro C 165
10.2.3 Parametro P 167
10.2.4 Carta della VAS 169
10.3 Carta della vulnerabilità delle captazioni 170
10.4 Conclusioni 171
10.5 Centri di pericolo 173

Bibliografia 175

Tavole fuori testo
Tavola 1 – Carta Geologica del Carso Classico
Tavola 2 – Carta Geomorfologica del Carso Classico
Tavola 3 – Carta Idrogeologica del Carso Classico
Tavola 4 – Carta dell'Uso del Territorio del Carso Classico
Tavola 5 – Carta della Vulnerabilità del Carso Classico

8.3. Soški vodovod 133
8.3.1 Raziskave v letu 1920 in v letu 1950 133
8.3.2 Novi projekt iz sedemdesetih let in začetek gradnje 134
8.4. Problemi z uporabo kraških pitnih voda 135
8.4.1 Izvor in količine vode 135
8.4.2 Značilnosti in kakovost 135
8.4.3 Kontrola kakovosti 137
8.5 Vodovod danes 138
8.5.1 Distribucijsko omrežje 138
8.5.2 Vrednotenje izgub in odkrivanje neučinkovitih odsekov 142
8.5.3 Izboljšave: delitev na podomrežja (distrikte) 142
8.5.4 Preverjanje trendov v uporabi na ozemlju in potreb po oskrbi z vodo 145
8.5.5 Bodoče načrtovanje in študijski primeri 145

9. Kraški vodovod Sežana: analiza stabilnosti distribucijske mreže, pregled trendov v potrošnji na ozemlju in posledičnega oskrbovanja z vodo 151
9.1 Vodooskrba Krasa nekoč 151
9.2 Vodooskrba Krasa danes 154
9.2.1 Klariči – vodni vir Brestoviškega vodovoda 155
9.2.2 Nanoški vodovod in lokalni vodovodi 155
9.3 Vodovodni sistem KVS 156
9.4 Nadzor in kakovost pitne vode 157
9.5 CNS - Centralni nadzorni sistem 159

10. Zaščita podzemnih voda 161
10.1 Karte ranljivosti 161
10.2 Karta ranljivosti podzemnih voda 164
10.2.1 Faktor O 164
10.2.2 Faktor C 164
10.2.3 Faktor P 165
10.2.4 Karta VAS 167
10.3 Karta ranljivosti vodnih virov 167
10.4 Zaključki 170
10.5 Obremenjevalci podzemnih voda 172

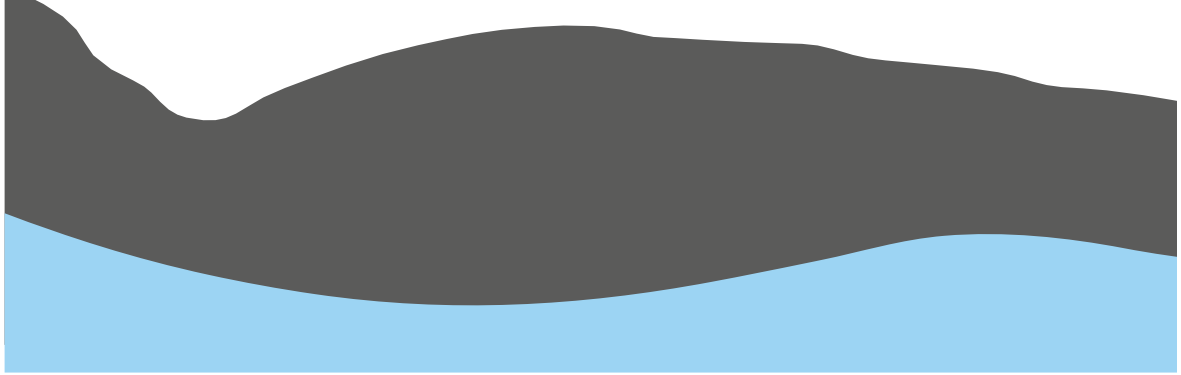
Viri 175

Priloge
Priloga 1 – Geološka karta klasičnega Krasa
Priloga 2 – Geomorfološka karta klasičnega Krasa
Priloga 3 – Hidrogeološka karta klasičnega Krasa
Priloga 4 – Karta rabe tal na klasičnem Krasu
Priloga 5 – Karta ranljivosti vodnih virov na območju Klasičnega Krasa

Il Timavo.

Reka Timava.

Premessa
Predgovor



Nell'era della globalizzazione e delle iniziative di gestione congiunta dei beni comuni al fine di migliorare l'utilizzo delle risorse, preservarne la quantità e soprattutto la qualità, nasce il Progetto HYDROKARST finanziato con i fondi dell'Unione Europea nell'ambito dei progetti strategici di cooperazione transfrontaliera. Lo studio ha come obiettivo prioritario la tutela e la gestione coordinata dell'acquifero del Reka-Timavo attraverso il monitoraggio quantitativo e qualitativo delle acque ipogee nel territorio del Carso Classico. Affronta il tema dell'acqua quale bene primario non solo come oggetto di ricerca in senso stretto, ma anche in chiave applicativa coinvolgendo, in qualità di Partner di Progetto, quanti si occupano della distribuzione dell'acqua potabile: AcegasApsAmga e Kraški Vodovod.

Le basi gettate attraverso questa collaborazione vogliono essere solamente un preludio a quella che sarà in futuro una reale gestione congiunta di un bene che deve essere considerato primario. I risultati raggiunti dall'ambizioso progetto, hanno la pretesa di voler diventare la base scientifica su cui predisporre accordi di cooperazione dedicati alla promozione ed attuazione di sistemi di riduzione delle emissioni inquinanti, allo sviluppo di sistemi di intervento congiunti nelle situazioni di emergenza, all'elaborazione di strategie univoche per la prevenzione e la riduzione dei rischi. Prospettiva futura è inoltre la promozione di interventi per il risparmio idrico, l'efficienza nella gestione della rete idrica ed il miglioramento della qualità dell'acqua potabile, non solo per noi oggi, ma anche per le generazioni future.

Va fatto un doveroso e sentito ringraziamento a tutti coloro che hanno collaborato alla buona riuscita del progetto permettendo di aggiungere un tassello importante al puzzle della conoscenza scientifica.

Sara Vito
Assessore Ambiente ed Energia
Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

Projekt HYDROKARST je nastal v času globalizacije in pobud za koordinirano upravljanje s skupnim dobrim, kar naj bi zagotovilo bolj smotrni izkoristek virov ter ohranjanje njihove količine in predvsem kakovosti. Projekt se sofinancira iz evropskih sredstev v sklopu strateških projektov čezmejnega sodelovanja. Končni cilj te raziskave je namreč zaščita in koordinirano upravljanje vodonosnika Reka-Timava s kvantitativnim in kvalitativnim spremljanjem podzemnih voda matičnega Krasa. V sklopu projekta je voda obravnavana kot primarna dobrina – ne samo v ožjem smislu osrednjega predmeta raziskovalnega dela, ampak tudi v perspektivi nadaljnje implementacije rezultatov: partnerji projekta so namreč tudi subjekti, ki se ukvarjajo z distribucijo pitne vode, in sicer družbi AcegasApsAmga in Kraški vodovod.

Sodelovanje različnih projektnih partnerjev je postavilo izhodišča za bodoče skupno upravljanje dobrine, ki jo moramo obravnavati kot primarno. Doseženi rezultati tega ambicioznega projekta naj postanejo znanstveni temelj, na podlagi katerega se lahko sklenejo nadaljnji sporazumi o sodelovanju, namenjeni promociji in uresničenju sistemov za zmanjšanje onesnaževalnih emisij, razvoju sistemov skupnega ukrepanja v nujnih primerih ter oblikovanju enotnih strategij za preprečevanje in zmanjševanje tveganj. V prihodnosti naj bi dodatno razvili tudi promocijo posegov za varčevanje z vodo, učinkovito upravljanje vodovodnega omrežja in izboljšanje kakovosti pitne vode – ne samo za nas, ampak tudi za kasnejše rodove.

Nazadnje naj gre iskrena zahvala vsem, ki so pripomogli k uspehu projekta in omogočili, da smo dodali pomemben kamenček mozaiku znanstvenih raziskav tega območja.

Sara Vito
Odbornica za okolje in energijo
Avtonomna dežela Furlanija-Julijska krajina

10.5 Centri di pericolo

Chiara Boccali, Silvia Cleva, Luca Zini, Chiara Calligaris
Dipartimento di Matematica e Geoscienze, Università degli Studi di Trieste

L'inquinamento delle acque sotterranee, nello spazio e nel tempo, è connesso direttamente o indirettamente alle attività antropiche. Le fonti di pericolo sono tipicamente associate ad una vasta serie di attività industriali, agricole, commerciali e domestiche. Per un corretto uso della risorsa idrica è quindi necessario conoscere e localizzare tali fonti e, ove possibile, quantificarne il grado di pericolosità.

A integrare la carta della vulnerabilità intrinseca si è quindi creata una carta dei centri di pericolo, che localizza e classifica le infrastrutture e le attività che possono generare un pericolo per la qualità delle acque sotterranee.

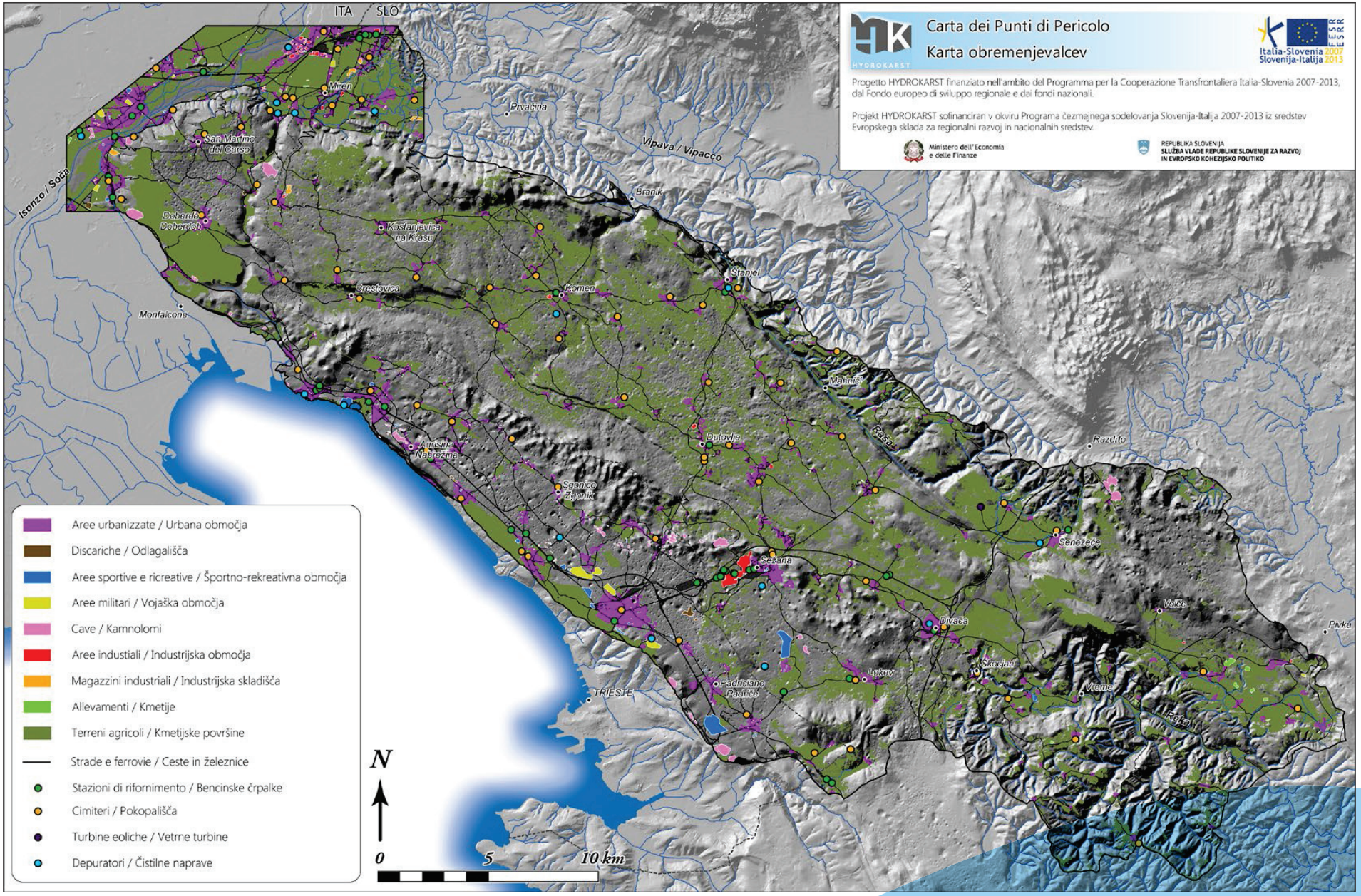
A tal proposito è stato utilizzato il cosiddetto *Approccio Sloveno* (Ravbar & Goldscheider, 2007), che prevede di riconoscere sul territorio centri di pericolo legati allo sviluppo infrastrutturale (quali stazioni di rifornimento, strade e ferrovie, attività ricreative, cimiteri, ecc.), alle attività industriali (quali cave, impianti industriali e di produzione energetica, magazzini industriali, ecc.), all'agricoltura e all'allevamento.

La carta di base per tali distinzioni è quella dell'uso del suolo (Tavola 4) elaborata a partire dai dati del progetto Moland a cui sono state associate ulteriori informazioni desunte da fotografie aeree, da carte topografiche e/o da cataloghi su tematiche specifiche (ad esempio il sistema informativo agricolo S.I.AGRI. FVG).

La scarsa urbanizzazione del territorio carsico si riflette in una locale e sporadica esposizione alle fonti di pericolo. L'impatto più evidente è dato dall'agricoltura e dai trasporti, quali strade e ferrovie di collegamento dei modesti centri abitati. Diversamente dall'area carsica, le aree pianeggianti settentrionali, ai piedi dei rilievi, evidenziano una maggior concentrazione di centri di pericolo, legati alla maggior urbanizzazione e alle attività industriali.

Un esempio di punto di pericolo.

Primer nevarne točke.


Carta dei Punti di Pericolo
Karta obremenjevalcev
HYDROKARST
Italia-Slovenia 2007 2013
FESR ESRR
Progetto HYDROKARST finanziato nell'ambito del Programma per la Cooperazione Transfrontaliera Italia-Slovenia 2007-2013, dal Fondo europeo di sviluppo regionale e dai fondi nazionali.
Projekt HYDROKARST sofinanciran v okviru Programa čezmejnega sodelovanja Slovenija-Italija 2007-2013 iz sredstev Evropskega sklada za regionalni razvoj in nacionalnih sredstev.
Ministero dell'Economia e delle Finanze
REPUBLIKA SLOVENIJA
SLUŽBA VLADE REPUBLIKE SLOVENIJE ZA RAZVOJ IN EVROPSKO KOHEZIJSKO POLITIKO
ITA
SLO
Aree urbanizzate / Urbana območja
Discariche / Odlagališča
Aree sportive e ricreative / Športno-rekreativna območja
Aree militari / Vojaška območja
Cave / Kamnolomi
Aree industiali / Industrijska območja
Magazzini industriali / Industrijska skladišča
Allevamenti / Kmetije
Terreni agricoli / Kmetijske površine
Strade e ferrovie / Ceste in železnice
Stazioni di rifornimento / Bencinske črpalke
Cimiteri / Pokopališča
Turbine eoliche / Vetrne turbine
Depuratori / Čistilne naprave
N
0
5
10 km
Isonzo / Soča
Miren
San Martino del Carso
Doberdò
Doberdob
Monfalcone
Kostanjevica na Krasu
Brestovica
Komen
Prvačina
Vipava / Vipacco
Branik
Stanjel
Mahniči
Dutovlja
Reška
Razdrto
A.Trisina Nabrežina
Sgonico Zgonik
TRIESTE
Padriciano Padriče
Sežana
Senožeče
Divača
Lokev
Škocjan
Vrhe
Pivka
Postojna