

## **WP2**

*Applicazione e test metodologia comune nei bacini pilota*  
*Uporaba in preizkus skupne metodologije v pilotnih porečjih*

### **Action: A2.4**

*Verifica, adattamento e soluzioni nelle aree pilota*  
*Preverjanje, prilagajanje in rešitve na pilotnih območjih*

### **Deliverable: D2.4.4**

*Linee guida congiunte di migliori e peggiori pratiche*  
*Skupna smernica dobrih in slabih praks*

**Status:** *Final*

**Diffusion:** *Public*

**Date:** *Novembre 2025 / November 2025*

**Author(s):** *UNIUD, UL*

**Contributors:** *N/A*

L'obiettivo dell'Attività 2.4. del WP2 è delineare e verificare che i flussi di lavoro condivisi, sviluppati per migliorare la pianificazione degli interventi, siano validi per valutare l'efficacia delle opere torrentizie e per supportare la gestione dei bacini idrografici nei quattro casi di studio. A tal fine in questo documento vengono riportate alcune linee guida volte a fornire suggerimenti per identificare delle soluzioni comuni al fine di affrontare le criticità individuate nelle aree di studio pilota. Per ogni bacino verrà proposta una soluzione su misura per migliorare la pianificazione delle opere di controllo dei torrenti e la resilienza del bacino idrografico agli eventi estremi generati dal cambiamento climatico. Nel dettaglio, il documento descrive le soluzioni operative transnazionali adottate per affrontare le criticità emerse nelle aree studio pilota del progetto. L'obiettivo di tali soluzioni è quello di favorire una omogeneità metodologica, garantire l'interoperabilità dei dati raccolti e prodotti e assicurare una condivisione efficiente delle informazioni tra i partner coinvolti, evidenziando al contempo le criticità riscontrate e le pratiche da migliorare.

The objective of Activity 2.4. of WP2 is to outline and verify that the shared workflows, developed to improve intervention planning, are valid for assessing the effectiveness of torrent control structures and for supporting river basin management in the four case studies. To this end, this document provides guidelines aimed at identifying common solutions to address the critical issues identified in the pilot study areas. For each basin, a tailor-made solution will be proposed to improve the planning of torrent control structures and the resilience of the river basin to extreme events generated by climate change. In detail, the document describes the transnational operational solutions adopted to address the critical issues that emerged in the project's pilot study areas. The aim of these solutions is to promote methodological consistency, ensure the interoperability of the data collected and produced, and ensure efficient information sharing among the partners involved, while highlighting the critical issues encountered and the practices to be improved.

Cilj aktivnosti 2.4. delovnega paketa 2 je opredeliti in preveriti, ali so skupni delovni postopki, razviti za izboljšanje načrtovanja ukrepov, primerni za oceno učinkovitosti hidrotehničnih objektov in za podporo upravljanju porečij v štirih pilotnih območjih. V ta namen ta dokument vsebuje smernice za opredelitev skupnih rešitev za obravnavo kritičnih vprašanj, opredeljenih v pilotnih študijskih območjih. Za vsako porečje bo predlagana prilagojena rešitev za izboljšanje načrtovanja hidrotehničnih objektov in odpornosti porečja na ekstremne pojave, ki jih povzročajo podnebne spremembe. Dokument podrobno opisuje transnacionalne operative rešitve, sprejete za reševanje kritičnih vprašanj, ki so se pojavila v pilotnih študijskih območjih projekta. Cilj teh rešitev je spodbujati metodološko doslednost, zagotoviti interoperabilnost zbranih in proizvedenih podatkov ter zagotoviti učinkovito izmenjavo informacij med vključenimi partnerji, hkrati pa poudariti kritična vprašanja, s katerimi se srečujejo, in prakse, ki jih je treba izboljšati.

# **LINEE GUIDA PER MIGLIORARE LA PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI IN TERRITORI TRANSFRONTALIERI / GUIDELINES FOR IMPROVING THE PLANNING OF INTERVENTIONS IN CROSS-BORDER CONTEXT / SMERNICE ZA IZBOLJŠANJE NAČRTOVANJA UKREPV V ČEZMEJNIH OKOLJIH**

L'implementazione di un flusso di lavoro condiviso che è partito dai dati storici derivati dal WP1 per poi essere arricchito da dati aggiornati derivati dalle indagini sul campo mediante un'analisi geomorfometrica multi-temporale (WP2), unito alle informazioni sullo stato delle opere di regimazione dei torrenti nei bacini pilota, ha consentito di analizzare la dinamica dei processi geo-idrologici e le interazioni con le strutture esistenti nel tempo. Inoltre, le informazioni derivate dai dati storici e attuali hanno consentito di migliorare specifici indici al fine di supportare più adeguatamente le decisioni sulla priorità di manutenzione delle opere di controllo dei torrenti esistenti. Tuttavia, nel flusso di lavoro proposto nei vari Deliverables del WP1 e WP2 devono essere sottolineati alcuni aspetti fondamentali, senza i quali sarebbe risultato impossibile ottenere dei risultati soddisfacenti. Questi aspetti riguardano gli argomenti trattati nei seguenti capitoli.

The implementation of a shared workflow that started with historical data derived from WP1 and was then enriched with updated data derived from field surveys using multi-temporal geomorphometric analysis (WP2), combined with information on the state of stream regulation works in the pilot basins, made it possible to analyse the dynamics of geo-hydrological processes and interactions with existing structures over time. Furthermore, the information derived from historical and current data has made it possible to improve specific indices in order to better support decisions on the maintenance priorities of existing stream control structures. However, in the workflow proposed in the various Deliverables of WP1 and WP2, some fundamental aspects must be emphasised, without which it would have been impossible to obtain satisfactory results. These aspects concern the topics covered in the following chapters.

Uvedba skupnega delovnega procesa, ki se je začel z zgodovinskimi podatki iz WP1 in je bil nato obogaten z aktualnimi podatki iz terenskih raziskav z uporabo veččasovne geomorfometrične analize (WP2), v kombinaciji z informacijami o stanju ureditvenih del na vodotokih v pilotnih porečjih, je omogočila analizo dinamike geohidroloških procesov in interakcij z obstoječimi hidrotehničnimi objekti. Poleg tega so informacije, pridobljene iz zgodovinskih in sedanjih

podatkov, omogočile izračun posebnih indeksov, da se bolje podprejo odločitve o prednostnih nalogah vzdrževanja obstoječih objektov na vodotokih. Vendar je treba v delovnem procesu, predlaganem v različnih rezultatih WP1 in WP2, poudariti nekatere temeljne vidike, brez katerih ne bi bilo mogoče doseči zadovoljivih rezultatov. Ti vidiki se nanašajo na teme, obravnavane v naslednjih poglavjih.

### **1. Adozione di un sistema di riferimento comune / Adoption of a common reference system / Sprejetje skupnega referenčnega sistema**

Una delle pratiche adottate nel progetto è stata la scelta di un sistema di riferimento comune, condiviso tra tutti i partner, individuato nel ETRS89 / UTM zona 33N (EPSG: 25833), come indicato nel Deliverable 1.2.1. Tale scelta garantisce coerenza spaziale, affidabilità nelle analisi e interoperabilità dei dati prodotti dai partner coinvolti.

L'ETRS89 / UTM zona 33N è il sistema di riferimento che risulta più idoneo a rappresentare correttamente l'area al confine tra Italia e Slovenia che ricade prevalentemente all'interno del fuso 33.

L'adozione di un sistema di riferimento unico per tutti i dataset ha inoltre permesso di:

- Evitare errori di sovrapposizione spaziale.
- Limitare le conversioni ripetute tra sistemi di riferimento diversi.
- Semplificare i flussi di lavoro e la condivisione dei dati.

One of the practices adopted in the project was the choice of a common reference system, shared by all partners, identified as ETRS89 / UTM zone 33N (EPSG: 25833), as indicated in Deliverable 1.2.1. This choice ensures spatial consistency, reliability in analysis and interoperability of the data produced by the partners involved.

ETRS89 / UTM zone 33N is the reference system that is most suitable for correctly representing the area on the border between Italy and Slovenia, which falls mainly within zone 33.

The adoption of a single reference system for all datasets has also made it possible to:

- Avoid spatial overlap errors.
- Limit repeated conversions between different reference systems.
- Simplify workflows and data sharing.

Ena od praks, sprejetih v okviru projekta, je bila izbira skupnega referenčnega sistema, ki ga uporabljajo vsi partnerji in je opredeljen kot ETRS89 / UTM zona 33N (EPSG: 25833), kot je navedeno v dokumentu 1.2.1. Ta izbira zagotavlja prostorsko doslednost, zanesljivost analize in interoperabilnost podatkov, ki jih proizvajajo vključeni partnerji.

ETRS89 / UTM zona 33N je referenčni sistem, ki je najbolj primeren za pravilno predstavitev območja na meji med Italijo in Slovenijo, ki v glavnem spada v cono 33.

Sprejetje enotnega referenčnega sistema za vse podatkovne nize je omogočilo tudi:

- izogibanje napakam prostorskega prekrivanja
- omejitev ponavljajočih se pretvorb med različnimi referenčnimi sistemi

- poenostavitev delovnih tokov in izmenjave podatkov.

## **2. Definizione delle convenzioni per la catalogazione dei dati / Definition of conventions for data cataloguing / Opredelitev pravil za evidentiranje podatkov**

Un'ulteriore pratica adottata ha riguardato la definizione di convenzioni condivise per la catalogazione dei dataset raccolti e prodotti nell'ambito del progetto, secondo le linee guida riportate nel Deliverable 1.3.1. Tali convenzioni sono state finalizzate a garantire uniformità, interoperabilità e una gestione efficiente dei dati tra tutti i partner coinvolti.

In particolare, sono state definite le seguenti tipologie di convenzioni:

- Convenzioni sui formati dei dati: nel corso del progetto sono state definite le tipologie di formati da utilizzare per la condivisione dei dataset, al fine di garantire interoperabilità con i software utilizzati dai partner di progetto.
- Convenzioni di nomenclatura: è stata definita una denominazione standard per l'organizzazione delle cartelle, per i nomi dei file e per l'utilizzo di acronimi tecnici condivisi, così da rendere immediatamente riconoscibili i contenuti e facilitarne l'utilizzo.
- Convenzioni sulla versione dei file: al fine di mantenere una corretta tracciabilità e una cronologia dei dati prodotti o raccolti, è stata prevista la conservazione di più versioni dei file riferiti agli stessi temi e bacini. Ciascun file riporta un riferimento temporale, definito secondo specifiche convenzioni temporali, che consente di identificare chiaramente lo stato di aggiornamento del dato.

Tutte le convenzioni sopra descritte sono da considerarsi come una base di partenza, in quanto nel corso del progetto si sono rese necessarie alcune revisioni. Tali aggiornamenti sono stati comunque effettuati nel rispetto di criteri condivisi, garantendo in ogni fase leggibilità, coerenza e trasparenza nella gestione dei dati da parte di tutti i partner.

Another practice adopted involved defining shared conventions for cataloguing the datasets collected and produced as part of the project, in accordance with the guidelines set out in Deliverable 1.3.1. These conventions were designed to ensure uniformity, interoperability and efficient data management among all partners involved.

In particular, the following types of conventions were defined:

- Data format conventions: during the project, the types of formats to be used for sharing datasets were defined to ensure interoperability with the software used by the project partners.
- Nomenclature conventions: a standard naming convention was defined for the organisation of folders, file names and the use of shared technical acronyms, so as to make the contents immediately recognisable and facilitate their use.
- File version conventions: to maintain proper traceability and a history of the data produced or collected, multiple versions of files relating to the same themes and basins

were stored. Each file has a time reference, defined according to specific time conventions, which allows the data update status to be clearly identified.

All the agreements described above are to be considered as a starting point, as some revisions were necessary during the project. However, these updates were carried out in accordance with shared criteria, ensuring readability, consistency and transparency in data management by all partners at every stage.

Druga sprejeta praksa je vključevala opredelitev skupnih pravil za evidentiranje in označevanje podatkov zbranih v okviru projekta, v skladu s smernicami, določenimi v dokumentu 1.3.1. Ta pravila so bile zasnovane za zagotavljanje enotnosti, interoperabilnosti in učinkovitega upravljanja podatkov med vsemi vključenimi partnerji.

Opredeljene so bile zlasti naslednje vrste pravil:

- Pravila o formatu podatkov: med projektom so bile opredeljene vrste formatov, ki se uporabljajo za izmenjavo podatkovnih nizov, da se zagotovi interoperabilnost s programsko opremo, ki jo uporabljajo projektni partnerji.
- Pravilo o označevanju: določeno je bilo pravilo za poimenovanja, organizacijo map, imen datotek in uporabo skupnih tehničnih akronimov, da je vsebina takoj prepoznavna in da se olajša njena uporaba.
- Pravila o različicah datotek: za ohranjanje ustrezne sledljivosti in zgodovine proizvedenih ali zbranih podatkov, ki se nanašajo na iste teme in porečja. Vsaka datoteka ima časovno referenco, opredeljeno v skladu z določenimi pravili, ki omogoča jasno identifikacijo stanja posodobitve podatkov.

Vsi zgoraj opisani dogovori se obravnavajo kot izhodišče, saj so bile med projektom potrebne nekatere revizije. Vendar so bile te posodobitve izvedene v skladu s skupnimi merili, kar je zagotovilo berljivost, doslednost in preglednost pri upravljanju podatkov s strani vseh partnerjev na vseh stopnjah.

### **3. Condivisione dei dataset su un server comune / Sharing datasets on a shared server / Deljenje podatkov na skupnem strežniku**

La realizzazione di un unico server FTP condiviso per la catalogazione e la distribuzione dei dati, strutturato secondo le linee guida riportate nel Deliverable 1.3.1, si è dimostrata una soluzione efficace per la gestione e la condivisione delle informazioni all'interno del progetto.

La struttura del server, descritta nel Deliverable 1.3.1 e riportata per praticità di lettura in Figura 1, consente di garantire una chiara tracciabilità dei dataset prodotti e un controllo delle versioni, facilitando l'accesso ai dati aggiornati e riducendo il rischio di duplicazioni o incoerenze tra i partner coinvolti.

## TORRENT

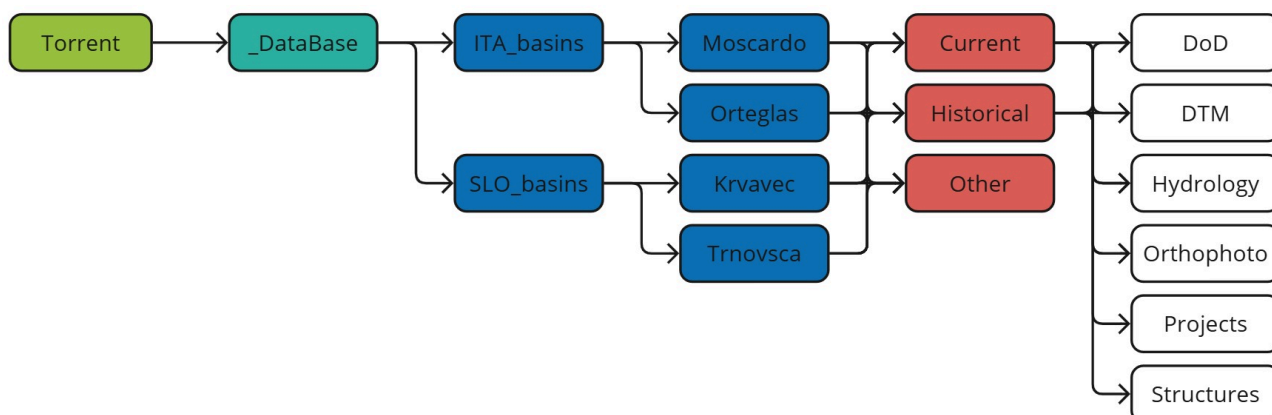


Figura 1: Struttura del server FTP Torrent.

Figure 1: FTP Torrent server structure.

Slika 1: Struktura FTP Torrent serverja.

Tramite il server FTP è stato inoltre possibile abilitare l'accesso ai partner di progetto sulla base di specifici permessi. Questo approccio ha consentito di avere un controllo sulla sicurezza dei dati, limitando l'accesso e le operazioni consentite (lettura, caricamento, modifica) esclusivamente ai soggetti autorizzati.

The creation of a single shared FTP server for cataloguing and distributing data, structured according to the guidelines set out in Deliverable 1.3.1, has proven to be an effective solution for managing and sharing information within the project.

The server structure, described in Deliverable 1.3.1 and shown in Figure 1 for ease of reading, ensures clear traceability of the datasets produced and version control, facilitating access to updated data and reducing the risk of duplication or inconsistencies between the partners involved.

The FTP server also made it possible to enable access for project partners on the basis of specific permissions. This approach allowed for control over data security, limiting access and permitted operations (reading, uploading, editing) exclusively to authorised individuals.

Ustvarjanje enotnega skupnega FTP strežnika za zbiranje in distribucijo podatkov, strukturiranega v skladu s smernicami iz dokumenta 1.3.1, se je izkazalo za učinkovito rešitev za upravljanje in izmenjavo informacij v okviru projekta.

Struktura strežnika, opisana v dokumentu 1.3.1 in prikazana na sliki 1 za lažje branje, zagotavlja jasno sledljivost proizvedenih podatkovnih nizov in nadzor nad različicami, kar olajšuje dostop do posodobljenih podatkov in zmanjšuje tveganje podvajanja ali neskladij med vključenimi partnerji.

FTP strežnik je omogočil tudi dostop projektnim partnerjem na podlagi posebnih dovoljenj. Ta pristop je omogočil nadzor nad varnostjo podatkov, omejitev dostopa in dovoljenih operacij (branje, nalaganje, urejanje) izključno na pooblaščne osebe.

#### **4. Un protocollo comune per l'aggiornamento dei database delle opere di Sistemazione Idraulico-forestale / A common protocol for updating databases on Torrent Control Structures / Skupni protokol za posodabljanje podatkovnih baz povezanih s hidrotehničnimi objekti**

È di fondamentale importanza definire un documento che descriva nel dettaglio le modalità di aggiornamento del database delle opere di Sistemazione Idraulico - Forestale (SIF), presenti nei bacini pilota, a partire dal Catasto Regionale realizzato dalla Regione Friuli-Venezia Giulia e dal Catasto realizzato dalla Repubblica di Slovenia, così da adottare una procedura metodologica condivisa, pensata al fine di risultare semplice, rapida, intuitiva e replicabile anche in altri bacini, come sottolineato nel Deliverable 2.3.1.

A partire dai catasti storici si è effettuato un aggiornamento degli stessi, andando a geolocalizzare nuovamente le opere, a verificarne l'esistenza e ad aggiornare lo stato strutturale e la funzionalità di ciascuna mediante ispezioni visive, al fine di realizzare l'indice di Priorità di Manutenzione (MPi), la cui metodologia di calcolo è descritta nel dettaglio nel Deliverable 2.3.1. Inoltre, è stata definita una nuova metodologia di identificazione delle opere, alle quali è stato assegnato un codice univoco identificativo, secondo le linee guida riportate nel Deliverable 2.3.1 e, per praticità di lettura, qui di seguito:

- Numerazione delle opere SIF trasversali lungo l'asta principale in maniera crescente con numeri progressivi a tre cifre in modo da consentire l'inserimento di eventuali opere intermedie individuate o costruite successivamente (e.g., 010, 020, 030).
- Numerazione delle opere spondali o di quelle minori con un numero intermedio tra due opere trasversali principali: l'opera spondale tra la briglia 010 e la briglia 020, sarà la SIF 011.
- Il codice identificativo dovrà essere assegnato a tutte le opere rilevate durante le indagini in campo, incluse briglie e controbriglie, soglie, opere spondali, briglie aperte, ponti e opere di ingegneria naturalistica.
- L'assegnazione del codice identificativo dovrà avvenire partendo dalla sezione di chiusura e risalendo il corso d'acqua, numerando prima le opere lungo il ramo principale e poi quelle lungo i rami secondari.
- Al fine di garantire l'interoperabilità tra i catasti storici e il nuovo database aggiornato del progetto TORRENT, per ciascuna opera rilevata si dovrà verificare la sua presenza nei catasti preesistenti. In caso di riscontro positivo, nel nuovo database TORRENT, oltre al nuovo codice identificativo, dovrà essere riportato anche il codice identificativo del catasto originario che dovrà essere mantenuto così da creare un riferimento comune e corrispondente con i dati storici. Le opere presenti nei vecchi catasti ma non rilevate durante le indagini in campo non verranno rinumerate ma dovranno comunque essere

mantenute nel nuovo database mediante una procedura di join che consenta il recupero automatico dei dati acquisiti negli anni precedenti, garantendo così la conservazione della cronologia storica delle opere e delle relative informazioni.

It is essential to draw up a document that describes in detail how to update the database of Torrent Control Structures (TCS) present in the pilot basins, starting from the Regional Land Registry created by the Friuli-Venezia Giulia Region and the Land Registry created by the Republic of Slovenia, in order to adopt a shared methodological procedure designed to be simple, quick, intuitive and replicable in other basins, as highlighted in Deliverable 2.3.1.

Starting from the historical registers, these were updated, re-geolocating the works, verifying their existence and updating the structural status and functionality of each one through visual inspections, to create the Maintenance Priority Index (MPI), the calculation methodology for which is described in detail in Deliverable 2.3.1. In addition, a new methodology for identifying the structures was defined, to which a unique identification code was assigned, according to the guidelines set out in Deliverable 2.3.1 and, for ease of reading, below:

- Numbering of cross-cutting TCS along the main section in ascending order with three-digit sequential numbers to allow for the inclusion of any intermediate works identified or constructed later (e.g., 010, 020, 030).
- Numbering of bank structures or minor structures with an intermediate number between two main transverse structures: the bank structure between weir 010 and weir 020 will be TCS 011.
- The identification code must be assigned to all structures identified during field surveys, including weirs and counter-weirs, thresholds, bank structures, open weirs, bridges and naturalistic engineering structures.
- The identification code must be assigned starting from the closing section and moving upstream, first numbering the structures along the main branch and then those along the secondary branches.
- To ensure interoperability between historical registers and the new updated TORRENT database, each recorded structure must be checked for its presence in existing registers. If found, in addition to the new identification code, the identification code of the original register must also be reported in the new TORRENT database, which must be maintained to create a common reference corresponding to historical data. Structures present in the old registers but not surveyed during the field investigations will not be renumbered but must still be retained in the new database through a join procedure that allows the automatic retrieval of data acquired in previous years, thus ensuring the preservation of the historical chronology of the works and related information.

Bistveno je, da se pripravi dokument, ki podrobno opisuje, kako posodobiti bazo podatkov o hidrotehničnih objektih (TCS) v pilotnih porečjih, in sicer na podlagi regionalnega zemljiškega katastra, ki ga je ustvarila regija Furlanija-Julijska krajina, in zemljiškega katastra, ki ga je

ustvarila Republika Slovenija, da se sprejme skupni metodološki postopek, ki bo preprost, hiter, intuitiven in ponovljiv v drugih povodjih, kot je poudarjeno v poročilu 2.3.1.

Na podlagi zgodovinskih registrov so bili ti posodobljeni, ponovno geolokalizirani, preverjen njihov obstoj in posodobljen strukturni status in funkcionalnost vsakega posameznega objekta z vizualnimi pregledi, da bi ustvarili indeks prednostnih vzdrževalnih del (MPI), katerega metodologija izračuna je podrobno opisana v poročilu 2.3.1. Poleg tega je bila opredeljena nova metodologija za identifikacijo objektov, ki jim je bila dodeljena edinstvena identifikacijska koda v skladu s smernicami iz poročila 2.3.1 in za lažje branje tudi spodaj:

- Oštevilčenje prečnih TCS vzdolž glavnega odseka v naraščajočem vrstnem redu s trimestnimi zaporednimi številkami, da se omogoči vključitev vseh vmesnih del, ki so bila identificirana ali izvedena pozneje (npr. 010, 020, 030).
- Številčenje obrežnih konstrukcij ali manjših konstrukcij z vmesno številko med dvema glavnima prečnima konstrukcijama: obrežna konstrukcija med objektom 010 in objektom 020 bo TCS 011.
- Identifikacijsko kodo je treba dodeliti vsem objektom, identificiranim med terenskimi raziskavami, vključno z jezovi, pragovi, obrežnimi strukturami, pregradami, mostovi in naravnimi inženirskimi objekti.
- Identifikacijsko kodo je treba dodeliti, začevši z zaključnim odsekom in nadaljujoč proti toku, najprej oštevilčiti objekte vzdolž glavnega kraka, nato pa tiste vzdolž stranskih pritokov.
- Da se zagotovi interoperabilnost med zgodovinskimi registri in novo posodobljeno zbirko podatkov (pripravljeno v okviru projekta TORRENT), je treba vsak zabeležen objekt preveriti glede na njegovo prisotnost v obstoječih bazah. Če se ugotovi neskladnosti, je treba v novi zbirki podatkov poleg nove identifikacijske kode navesti tudi identifikacijsko kodo izvirnega registra, ki se navede v posebnem polju, ki ga je treba vzdrževati, da se ustvari skupna referenca, ki ustreza zgodovinskim podatkom. Objekti, ki so prisotni v starih registrih, vendar niso bili pregledani med terenskimi raziskavami, ne bodo ponovno oštevilčeni, vendar morajo biti še vedno ohranjeni v novi zbirki podatkov s postopkom združevanja, ki omogoča samodejno pridobivanje podatkov, pridobljenih v preteklih letih, s čimer se zagotovi ohranitev zgodovinske kronologije del in povezanih informacij.

## 5. Un workflow e strumenti tecnologici comuni per l'acquisizione e il post-processing dei dati topografici raccolti in campo / A common workflow and technological tools for the acquisition and post-processing of topographic data collected in the field / Skupni delovni tok in tehnološka orodja za pridobivanje in naknadno obdelavo topografskih podatkov zbranih na terenu

La definizione di un workflow e strumenti tecnologici comuni per l'acquisizione e il post-processing dei dati topografici raccolti in campo, come descritto nel Deliverable D.2.3.2.

Nel workflow sono descritti, in maniera sistematica, le attività di acquisizione, elaborazione e validazione dei Modelli Digitali del Terreno (DTM) realizzati nei bacini pilota. I DTM sono stati prodotti a due differenti scale spaziali, di bacino per monitorare tutte le aree sorgenti di

sedimento e di alveo per seguire la dinamica degli eventi idro-erosivi verificatisi con maggiore frequenza. A scala di bacino, i dati topografici sono stati acquisiti mediante rilievi Airborne Laser Scanning (ALS-LiDAR), mentre a scala di alveo sono stati acquisiti tramite UAV equipaggiati con sensore LiDAR, integrati da voli pianificati e manuali, al fine di garantire un'adeguata copertura delle superfici orizzontali e verticali e produrre delle nuvole di punti adeguatamente dense.

Le nuvole di punti acquisite sono state poi sottoposte a processi di post-processing dei dati grezzi, georeferenziazione e controllo dell'accuratezza tramite Ground Control Points (GCP), rilevati in campo. Successivamente, è stata eseguita la classificazione dei punti al fine di discriminare la componente terreno dagli elementi sopraelevati, seguita dalla generazione dei DTM mediante interpolazione dei punti classificati come suolo nudo.

Infine, tutti i dataset prodotti sono stati armonizzati in termini di risoluzione spaziale e sistema di riferimento, garantendo coerenza e confrontabilità tra bacini e dati acquisiti in periodi differenti.

The definition of a workflow and common technological tools for the acquisition and post-processing of topographic data collected in the field, as described in Deliverable D.2.3.2.

The workflow systematically describes the activities involved in acquiring, processing and validating the Digital Terrain Models (DTMs) created in the pilot basins. The DTMs were produced at two different scales: basin scale to monitor all sediment source areas and channel scale to track the sediment dynamics of the most frequent hydro-erosive events. At the basin scale, the topographic data were acquired using Airborne Laser Scanning (ALS-LiDAR), while at the channel scale they were acquired using UAVs equipped with LiDAR sensors, supplemented by planned and manual flights, to ensure adequate coverage of horizontal and vertical surfaces and produce suitably dense point clouds.

The acquired point clouds were then subjected to post-processing of the raw data, georeferencing and accuracy control using Ground Control Points (GCPs) surveyed in the field. Subsequently, the points were classified to discriminate the terrain component from the elevated elements, followed by the generation of DTMs by interpolating the points classified as bare ground.

Finally, all the datasets produced were harmonised in terms of spatial resolution and reference system, ensuring consistency and comparability between basins and data acquired at different times.

Opredelitev delovnega toka in skupnih tehnoloških orodij za pridobivanje in naknadno obdelavo topografskih podatkov, zbranih na terenu, kot je opisano v poročilu D.2.3.2.

Delovni tok sistematično opisuje dejavnosti, povezane z zbiranjem, obdelavo in kontrolo digitalnih modelov terena (DTM), ustvarjenih v pilotnih porečjih. DTM so bili izdelani v dveh različnih merilih: v merilu porečja za spremljanje vseh območij izvora sedimentov in s podarkom na strugi vodotoka za spremljanje dinamike sedimentov najpogostejših erozijsko-sedimentacijskih procesov. Na ravni porečja so bili topografski podatki pridobljeni z aero laserskim skeniranjem (ALS-LiDAR), na ravni vodotokov pa z brezpilotnimi letalniki,

opremljenimi s sensorji LiDAR, dopolnjenimi z načrtovanimi in ročnimi poleti, da se zagotovi ustrezno pokritje s podatki ter ustvarijo ustrezno goste točkovne oblake.

Pridobljeni oblaki točk so bili nato podvrženi naknadni obdelavi surovih podatkov, georeferenciranju in kontroli natančnosti z uporabo kontrolnih točk na terenu (GCP), ki so bile izmerjene na terenu. Nato so bile točke razvrščene, da se je lahko razlikovalo med terenom in dvignjenimi elementi, čemur je sledila izdelava DTM z interpolacijo točk, razvrščenih kot teren. Nazadnje so bili vsi pridobljeni podatkovni nizi usklajeni v smislu prostorske ločljivosti in referenčnega sistema, s čimer je bila zagotovljena doslednost in primerljivost med porečji in podatki, pridobljenimi v različnih časovnih obdobjih.

## 6. La ricerca di soluzioni ad hoc per eventuali criticità / The search for ad hoc solutions to any critical issues / Iskanje ad hoc rešitev za kritična vprašanja

### 6.1 Aggiunta di un indicatore per la presenza della vegetazione in alveo / Addition of an indicator for the presence of channel vegetation / Dodajanje kazalnika za prisotnost vegetacije v strugi

Una criticità emersa, riscontrata in particolare nel corso dei rilievi nel bacino del Torrente Trnovsca (Osapska), riguarda l'implementazione dell'indice di Priorità di Manutenzione (MPi), con l'aggiunta di un indicatore che valuti la presenza e lo sviluppo della vegetazione in prossimità delle opere di Sistemazione Idraulico – Forestale (SIF).

La vegetazione, infatti, può danneggiare lo stato delle opere qualora cresca sulle strutture realizzate con materiali poco resistenti (e.g., strutture realizzate in muratura, in gabbioni) nel tempo allo sviluppo e alla crescita degli apparati radicali all'interno dell'opera. Inoltre, la vegetazione presente in alveo, a monte delle opere, può causare occlusioni e ridurre la sezione idraulica utile. In una valutazione del rischio legato alla presenza della vegetazione in alveo, è importante anche discriminare la presenza di vegetazione di tipo arboreo rispetto a quella di tipo arbustivo perché esse presentano un comportamento diverso rispetto alla resistenza al flusso. Perciò ogni situazione va analizzata ad hoc, considerando la tipologia di specie presente in alveo e il suo possibile sviluppo per garantire una corretta manutenzione delle opere. Per poter tener conto di questi importanti aspetti l'MPi è stato modificato, introducendo degli indicatori ad hoc nella valutazione della funzionalità dell'opera come riportato in Tabella 1 (i.e., in rosso le modifiche rispetto alla versione originale presentata nel Deliverable 2.4.2), così da migliorare la valutazione della priorità di manutenzione delle opere.

Tabella 1: Indici e punteggi relativi alla funzione principale di diversi tipi di opere (Cucchiari et al., 2024).

| Tipo di struttura    | Funzione primaria          | Effetti attesi                                    | Indicatori                                                                                 | Punteggio di funzionalità attribuito  |
|----------------------|----------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Briglia tradizionale | Stabilizzazione dell'alveo | Prevenire l'allargamento e l'incisione dell'alveo | - Incisione dell'alveo;<br>- Aggiramento della struttura da parte del flusso di sedimenti; | 1 = nessuno degli indicatori elencati |
|                      |                            |                                                   |                                                                                            | 0.5 = almeno un indicatore presente   |

|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      |                                                                                                       |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | Consolidamento aree sorgenti di sedimento | Trattenere il sedimento favorendo il deposito a monte della briglia    | - Attività delle aree sorgenti di sedimento;<br>- Incisione o spostamento laterale dell'alveo. | - Gaveta oltrepassata dal sedimento. | 0 = almeno due indicatori presenti                                                                    |
|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      | 1 = nessuno degli indicatori elencati                                                                 |
|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      | 0.5 = almeno un indicatore presente                                                                   |
|                | Regolamento del trasporto solito          | Stabilizzare il flusso di sedimento nell'area a monte della briglia    | Il deposito oltrepassa la briglia (manca l'effetto di stabilizzazione e trattenuta)            |                                      | 0 = almeno due indicatori presenti                                                                    |
|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      | 1 = nessuna evidenza di superamento da parte del sedimento della briglia                              |
|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      | 0.5 = evidenza che il sedimento superi la gaveta della briglia                                        |
|                | Trattenuta del sedimento                  | Trattenuta del sedimento nell'area a monte della briglia               | Sovralluvionamento della briglia                                                               |                                      | 0 = evidenza che il sedimento superi la gaveta e le ali della briglia                                 |
|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      | 1 = la briglia non è ancora riempita fino alla gaveta                                                 |
|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      | 0.5 = la briglia è riempita fino alla gaveta                                                          |
|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      | 0 = la briglia è riempita fino al coronamento e/o è presente del sedimento che ha oltrepassato le ali |
| Briglia aperta | Filtraggio del sedimento                  | Regolazione del trasporto solido filtrandolo per dimensione dei clasti | Rapporto sullo stato di occlusione del sistema filtrante                                       |                                      | <b>0 = presenza significativa di vegetazione in alveo nel tratto a monte della briglia.</b>           |
|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      | 1 = meno di 1/3 del sistema filtrante occluso                                                         |
|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      | 0.5 = tra 1/3 e 2/3 del sistema filtrante occluso                                                     |
|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      | 0 = più di 2/3 del sistema filtrante occluso                                                          |
| Soglia         | Prevenzione dell'erosione dall'alveo      | Stabilizzazione dell'alveo                                             | Erosione attorno alla struttura:<br>- a monte;<br>- a valle;<br>- laterale.                    |                                      | 1 = nessuno degli indicatori elencati                                                                 |
|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      | 0.5 = almeno un indicatore presente                                                                   |
|                |                                           |                                                                        |                                                                                                |                                      | 0 = almeno due indicatori presenti                                                                    |

One critical issue that emerged, particularly during surveys in the Trnovska (Osapska) basin, concerns the implementation of the *Maintenance Priority Index (MPI)*, with the addition of an

indicator that assesses the presence and development of vegetation close to the Torrent Control Structures (TCS).

Vegetation can damage the condition of TCS if it grows on structures made of less resistant materials (e.g., masonry or net structures) over time due to the development and growth of root systems within the structure. In addition, vegetation present in the riverbed upstream of the structures can cause blockages and reduce the useful hydraulic section. In assessing the risk associated with the presence of vegetation in the riverbed, it is also important to distinguish between tree-type vegetation and shrub-type vegetation because they behave differently in terms of resistance to flow. Therefore, each situation must be analysed on a case-by-case basis, considering the type of species present in the riverbed and its possible development to ensure proper maintenance of the structures. To take these important aspects into account, the *MPi* has been modified by introducing ad hoc indicators in the assessment of the functionality of the structure, as shown in Table 1 (i.e., changes from the original version presented in Deliverable 2.4.2 are shown in red), to improve the assessment of the maintenance priority of structures.

Table 1: Indices and scores relating to the structural condition of different types of structures (Cucchiari et al., 2024).

| Type of structure     | Primary function                | Expected effects                                                                                           | Markers                                                                                                                                                                    | Score of current functionality                                                          |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Traditional check dam | To stabilize channel            | Prevent channel wandering and bad incision                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bed incision;</li> <li>- Sediment fluxes outflanking the structure;</li> <li>- Sediment fluxes bypassing the spillway.</li> </ul> | 1 = none of the listed markers present                                                  |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | 0.5 = at least one marker present                                                       |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | 0 = at least two markers presented                                                      |
|                       | To consolidate sediment source  | Stop massive sediment supply from sediment sources by favoring deposition in the check dam's upstream area | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sediment source activity;</li> <li>- Bed incision or lateral shifts;</li> </ul>                                                   | 1 = none of the listed markers present                                                  |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | 0.5 = at least one marker present                                                       |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | 0 = at least two markers presented                                                      |
|                       | To regulate the solid discharge | Buffering sediment fluxes in the check dam's upstream area                                                 | Sediment deposit overpassing the check dam, i.e., stopping the buffer effect                                                                                               | 1 = No evidence of sediment deposit passing over the structure                          |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | 0.5 = evidence of sediment deposit e overpassing check dam spillway                     |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | 0 = evidence of sediment deposit overpassing the spillway and the wing(s).              |
|                       | To retain sediment              | Storing sediment supply in the check dam's upstream area                                                   | Check dam overfilling                                                                                                                                                      | 1 = Check dam is not filled up to the spillway                                          |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | 0.5 = Check dam filled up to the spillway                                               |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | 0 = Check dam filled up to crest and/or evidence of sediment passing over the wings     |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | <b>0 = significant presence of vegetation in the riverbed upstream of check dam</b>     |
| Open check dam        | To sort sediment particles      | Regulating sediment transport by sorting specific particles                                                | Ratio of filters clogged                                                                                                                                                   | 1 = less than 1/3 of the filters clogged                                                |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | 0.5 = between 1/3 and 2/3 of the filters clogged                                        |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | 0 = more than 2/3 of the filters clogged                                                |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | <b>0 = significant presence of vegetation in the riverbed upstream of the check dam</b> |
| Bed sill              | To prevent bed erosion          | Bed stabilization                                                                                          | Erosion around the structure: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Upstream</li> <li>- Downstream</li> <li>- Lateral</li> </ul>                                        | 1 = none of the listed markers present                                                  |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | 0.5 = at least one marker present                                                       |
|                       |                                 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                            | 0 = at least two markers presented                                                      |

Ena od ključnih težav, ki se je pojavila zlasti med raziskavami v porečju Trnovšča, zadeva izračun indeksa prednostnih vzdrževalnih del (MPI) z dodatkom kazalnika, ki ocenjuje prisotnost in razvoj vegetacije v bližini hidrotehničnih objektov (TCS).

Vegetacija lahko sčasoma poškoduje stanje objekta, če raste na konstrukcijah iz manj odpornih materialov (npr. zidovih ali mrežastih konstrukcijah) zaradi razvoja in rasti koreninskega sistema znotraj konstrukcije. Poleg tega lahko rastlinstvo v rečnem dnu nad konstrukcijami povzroči zamašitve in zmanjša uporabni hidravlični presek. Pri ocenjevanju tveganja, povezanega s prisotnostjo vegetacije v rečnem dnu, je pomembno razlikovati med drevesno vegetacijo in grmičasto vegetacijo, saj se ti dve vrsti vegetacije razlikujeta v odpornosti proti toku. Zato je treba vsako situacijo analizirati posebej, ob upoštevanju vrste vegetacije in njihovega možnega razvoja, da se zagotovi ustrezno vzdrževanje objektov. Da bi se upoštevali ti pomembni vidiki, je bil MPI spremenjen z uvedbo ad hoc kazalnikov pri oceni funkcionalnosti objekta, kot je prikazano v tabeli 1 (tj. spremembe glede na prvotno različico, predstavljeno v dokumentu 2.4.2, so prikazane v rdeči barvi), da se izboljša ocena prednostne naloge vzdrževanja objektov.

*Preglednica 1: Indeksi in ocene za glavne funkcije različnih vrst objektov (Cucchiari et al., 2024).*

| Tip objekta                   | Glavna funkcija           | Pričakovani vpliv                                                               | Oznake                                                                                                                                                                          | Ocena trenutne funkcionalnosti                           |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Običajne hudourniške pregrade | Stabilizacija struge      | Preprečitev širitve struge in poglobljanja dna                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Poglobljanje dna struge;</li> <li>- Transport plavin poteka mimo pregrade;</li> <li>- Transport plavin poteka mimo preliva;</li> </ul> | 1 = ni mogoče zaznati nobene od oznak                    |
|                               |                           |                                                                                 |                                                                                                                                                                                 | 0.5 = vsaj ena oznaka je zaznana                         |
|                               |                           |                                                                                 |                                                                                                                                                                                 | 0 = vsaj dve oznaki sta zaznani                          |
|                               | Utrditev vira plavin      | Zaustavitev dotoka plavin iz izvornih območij z odlaganjem gorvodno od pregrade | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktivno erozijsko območje;</li> <li>- Poglobljanje dna ali bočna erozija;</li> </ul>                                                   | 1 = ni mogoče zaznati nobene od oznak                    |
|                               |                           |                                                                                 |                                                                                                                                                                                 | 0.5 = vsaj ena oznaka je zaznana                         |
|                               |                           |                                                                                 |                                                                                                                                                                                 | 0 = vsaj dve oznaki sta zaznani                          |
|                               | Regulacija pretoka plavin | Regulacija pretoka plavin v gorvodnem delu pregrade                             | Odlaganje naplavin preko objekta, kar pomeni da ni več vpliva pregrade                                                                                                          | 1 = Ni dokazov, da bi se nad pregrado odlagale naplavine |
|                               |                           |                                                                                 |                                                                                                                                                                                 | 0.5 = dokazi o odlaganju naplavin na območju preliva     |

|                        |                                                        |                                                                                       |                                                                  |                                                                                           |
|------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | Zadrževanje<br>plavin                                  | Odlaganje plavin                                                                      | Prenapolnjenost<br>pregrade                                      | 0 = dokazi o odlaganju naplavin<br>čez preliv in krilo                                    |
|                        |                                                        |                                                                                       |                                                                  | 1 = Pregrada ni napolnjena do<br>preliva                                                  |
|                        |                                                        |                                                                                       |                                                                  | 0.5 = Pregrada je napolnjena do<br>preliva                                                |
|                        |                                                        |                                                                                       |                                                                  | 0 = Pregrada napolnjena do krone<br>in transport plavin preko preliva in<br>kril pregrade |
|                        |                                                        |                                                                                       |                                                                  | <b>0 = znatna prisotnost vegetacije<br/>v okolici objekta</b>                             |
| Pregrada z<br>odprtino | Selektivni<br>transport<br>plavin glede na<br>frakcijo | Regulacija<br>transporta plavin<br>preko<br>presejalnega<br>učinka zaradi<br>odprtine | Razmerje odlaganja<br>naplavin                                   | 1 = manj kot 1/3 deleža odrtine je<br>zaprtega                                            |
|                        |                                                        |                                                                                       |                                                                  | 0.5 = med 1/3 in 2/3 odprtine sta<br>zaprti                                               |
|                        |                                                        |                                                                                       |                                                                  | 0 = več kot 2/3 odprtine sta zaprti                                                       |
|                        |                                                        |                                                                                       |                                                                  | <b>0 = znatna prisotnost vegetacije<br/>v okolici objekta</b>                             |
| Prag                   | Stabilizacija<br>dna struge                            | Stabilizacija dna<br>struge                                                           | Erozija v okolici praga:<br>- Gorvodno<br>- Dolvodno<br>- Prečno | 1 = ni mogoče zaznati nobene od<br>oznak                                                  |
|                        |                                                        |                                                                                       |                                                                  | 0.5 = vsaj ena oznaka je zaznana                                                          |
|                        |                                                        |                                                                                       |                                                                  | 0 = vsaj dve oznaki sta zaznani                                                           |

## 6.1 Carte geologiche e geomorfologiche dettagliate / Detailed geological and geomorphological maps / Podrobne geološke in geomorfološke karte

Un'altra criticità emersa all'interno del flusso di lavoro definito è la necessità di disporre di carte geologiche e geomorfologiche dettagliate dei bacini di studio al fine di identificare meglio le cause profonde dei fenomeni di dissesto in atto, che con la loro dinamica interagiscono con le opere SIF. Questo aspetto è emerso in particolare nel bacino del torrente Ortegla dove è stato necessario approfondire le analisi attraverso la realizzazione di una carta geologico-geomorfologica (Figura 2) di dettaglio.

Another critical issue that emerged within the defined workflow is the need for detailed geological and geomorphological maps of the study basins to better identify the deeper causes of the ongoing instability phenomena, which interact with the TCS through their dynamics. This aspect emerged in the Ortegla basin, where it was necessary to conduct more in-depth analyses by creating a highly detailed geomorphological map (Figure 2).

Druga težava, ki se je pojavila v okviru delovnega procesa, je potreba po podrobnih geoloških in geomorfoloških kartah raziskovalnih porečij, da bi lahko bolje identificirali vzroke za trenutne pojave nestabilnosti, ki prek svoje dinamike vplivajo na TCS. Ta vidik se je pojavil v porečju Ortegla, kjer je bilo treba opraviti podrobnejše analize z izdelavo zelo podrobne geomorfološke karte (slika 2).

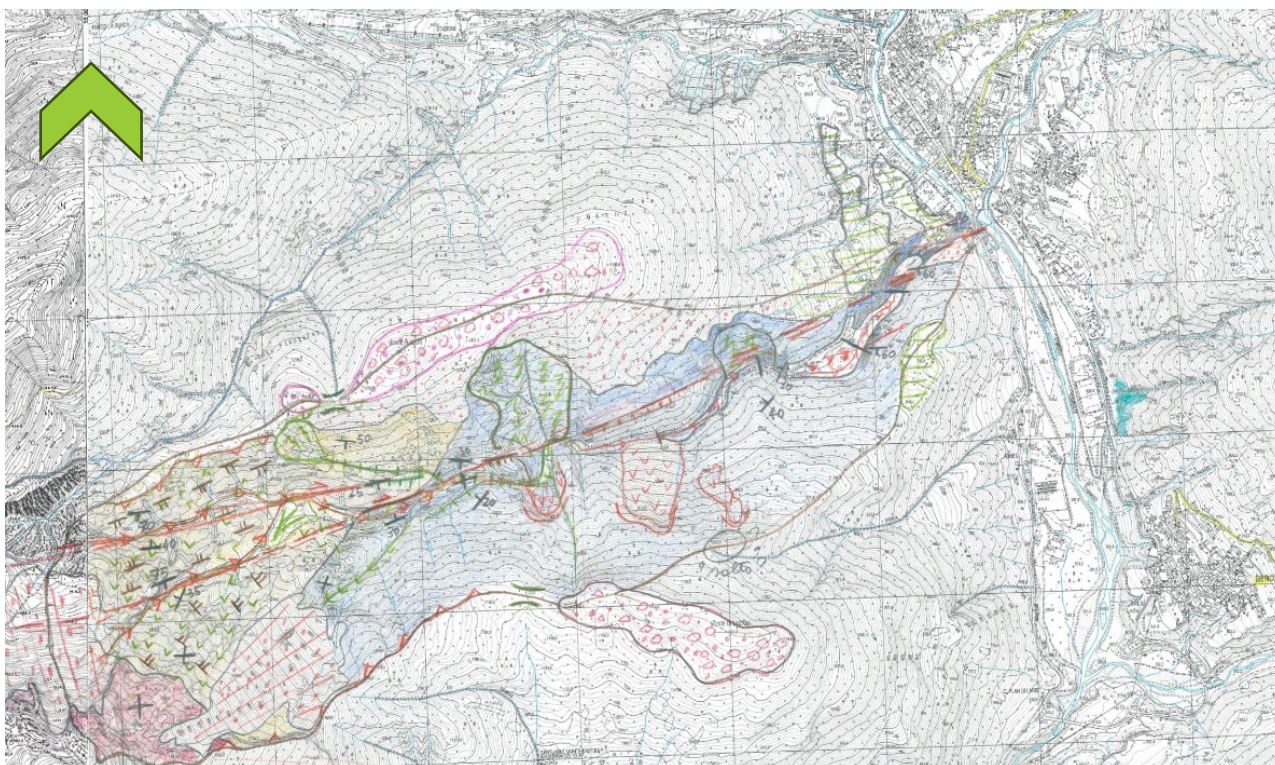


Figura 2: Carta geologico-geomorfologica del bacino del torrente Ortegla.

Figure 2: Geological and geomorphological map of the Ortegla basin.

Slika 2: Geološka in geomorfološka karta porečja hudournika Ortegla.

Di seguito vengono riportati i diversi elementi che possiamo ritrovare all'interno della carta geomorfológica ottenuta. La litologia del substrato è caratterizzata da:

Below are the various elements that can be found in the geomorphological map obtained. The lithology of the rock substratum is characterised by:

Spodaj so navedeni različni elementi, ki jih je mogoče najti na pridobljeni geomorfološki karti. Litologija podlage je značilna po:

 Carbonati prevalentemente massicci. (Fm. del Serla superiore). *Predominantly massive carbonate rock. (Fm. of the upper Serla).* *Pretežno masivna karbonatna kamnina (Fm. of the upper Serla)*

 Rocce carbonatiche sottilmente stratificate con gessi e dolomie cariate. (Fm. di Lusnizza). *Thinly layered carbonate rocks with gypsum and vacuolar dolostone breccia. (Lusnizza Formation).* *Tanke plasti karbonatnih kamnin (Lusnizza Formation)*

 Rocce miste sottilmente stratificate. (Fm di Werfen-membro di Cencenighe). *Thinly layered mixed rocks. (Werfen Formation, Cencenighe Member).* *Tanke plasti mešanih kamnin (Werfen Formation, Cencenighe Member).*

La litologia principalmente affiorante all'interno del bacino è la Formazione di Werfen, membro di Cencenighe (Figura 3). Questo litotipo si presenta sottilmente stratificato. La giacitura degli strati, a causa della deformazione, cambia frequentemente dando spesso luogo a strati convoluti.

The main lithology exposed within the basin is the Werfen Formation, member of Cencenighe (Figure 3). This lithotype is thinly stratified. Due to tectonic deformation, the attitude of the strata frequently changes, often giving rise to convoluted layers.

Glavna litologija, ki je prisotna na območju, je apnenec (slika 3). Ta apnenčasta sestava je se položaj in orientacija pogosto spreminja.



Figura 3: Strati di calcari marnosi sottilmente stratificati che caratterizzano la porzione inferiore del bacino del torrente Orteglas.

Figure 3: Thin layers of marly limestone characterise the outcrop downstream of the Orteglas basin.

*Slika 3: Tanke plasti apnenca so značilne za analizirano območje v hudourniku Ortegla.*

Le forme -strutturali e tettoniche (Figura 4) che ritroviamo all'interno del bacino sono:

The -structural and tectonic elements (Figure 4) found within the basin are:

Strukturni in tektonski elementi (slika 4), ki so bili odkriti na območju, so:

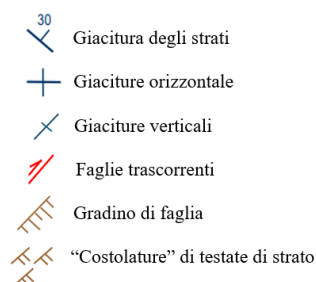


*Figura 4: Simbologia relativa agli elementi geologico-strutturali e tettonici: orientamento della stratificazione (orizzontale, verticale), faglie trasversali; scarpata di faglia, teste di strato.*

*Figure 4: Symbols relating to -structural and tectonic elements: bedding attitude (horizontal, vertical), strike slip faults; fault scarp, layer heads.*

*Slika 4: Simboli, ki se nanašajo na strukturne in tektonske elemente: položaj plasti (vodoravni, navpični), prelomi s stranskim premikom; prelomni rob, glave plasti.*

La Figura 5 riporta le testate di strato scolpite nella Fm. di Lusnizza caratterizzanti la sinistra idrografica della testata del bacino.

Figure 5 shows the layer heads carved into the Lusnizza Fm., characterising the hydrographic left side of the head of the basin.

Slika 5 prikazuje plasti ki zaznamujejo levo pobočje hudournika.

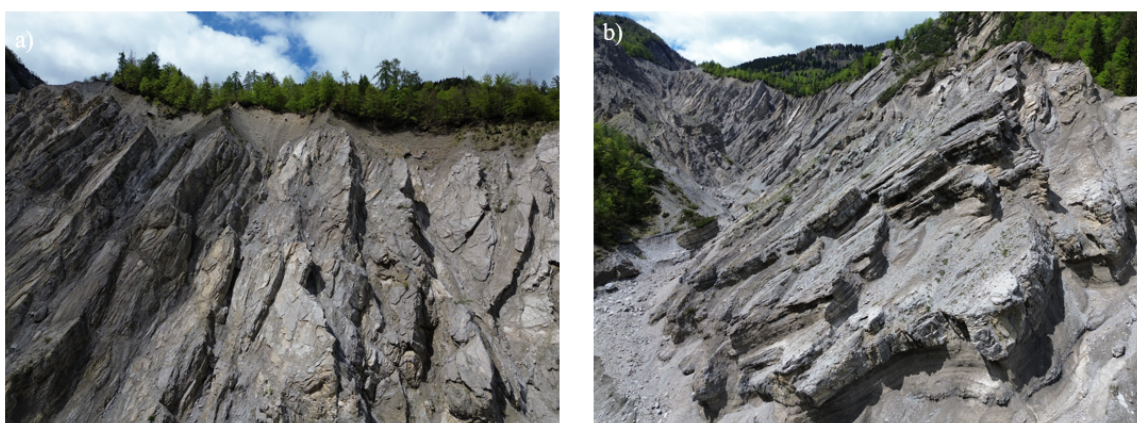


*Figura 5: testate di strato scolpite nella Fm. di Lusnizza.*

Le forme di erosione e sedimentazione di tipo esogeno osservate nel bacino sono elencate in Figura 6: le forme di versante dovute alla gravità sono rappresentate in Figura 6a, quelle fluviali, fluvio-glaciali e di versante legate al dilavamento sono illustrate in Figura 6b, mentre quelle glaciali in Figura 6c ed infine quelle antropiche in Figura 6d.

Sedimentary and erosive forms are represented in Figure 6: gravity slope forms are shown in Figure 6a (in red), those caused by rivers, fluvio-glacial processes and slope runoff are illustrated in Figure 6b (in green), while those caused by glaciers are shown in Figure 6c (in violet) and finally those caused by human activity are shown in Figure 6d (in black).

Sedimentne in erozivne oblike so prikazane na sliki 6: gravitacijske oblike pobočij so prikazane na sliki 6a (v rdeči barvi), tiste, ki jih povzročajo reke, fluvialni procesi in odtok s pobočij, so prikazane na sliki 6b (v zeleni barvi), tiste, ki jih povzročajo ledeniki, so prikazane na sliki 6c (v vijolični barvi), tiste, ki jih povzročajo človeške dejavnosti, pa so prikazane na sliki 6d (v črni barvi).

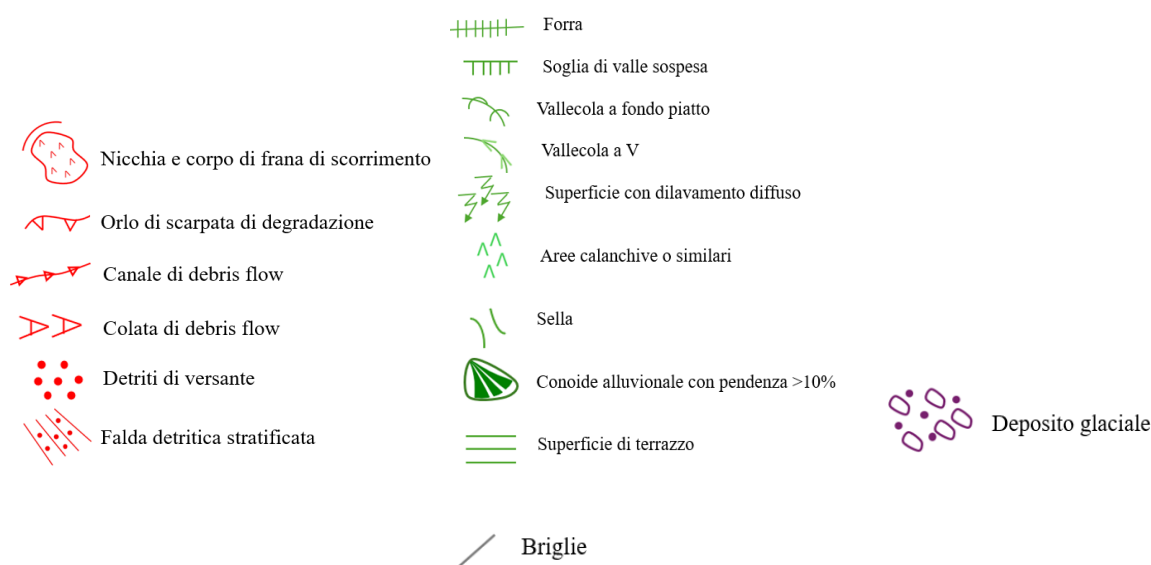


Figura 6: a) Simbologia relativa alle forme di versante dovute alla gravità (in rosso); b) forme fluviali, fluvio-glaciali e di versante legate al dilavamento (in verde); c) simbologia relativa alle forme glaciali (in viola); d) simbologia relativa alle forme antropiche (in nero).

Figure 6: a) Symbols relating to slope forms caused by gravity (in red); b) fluvial, fluvio-glacial and slope forms linked to runoff (in green); c) symbols relating to glacial forms (in purple); d) symbols relating to anthropogenic forms (in black).

Slika 6: a) Simboli, ki se nanašajo na oblike pobočij, nastale zaradi gravitacije (v rdeči barvi); b) rečne, rečno-ledeniške in pobočne oblike, povezane z odtokom (v zeleni barvi); c) simboli, ki se nanašajo na ledeniške oblike (v vijolični barvi); d) simboli, ki se nanašajo na antropogene oblike (v črni barvi).

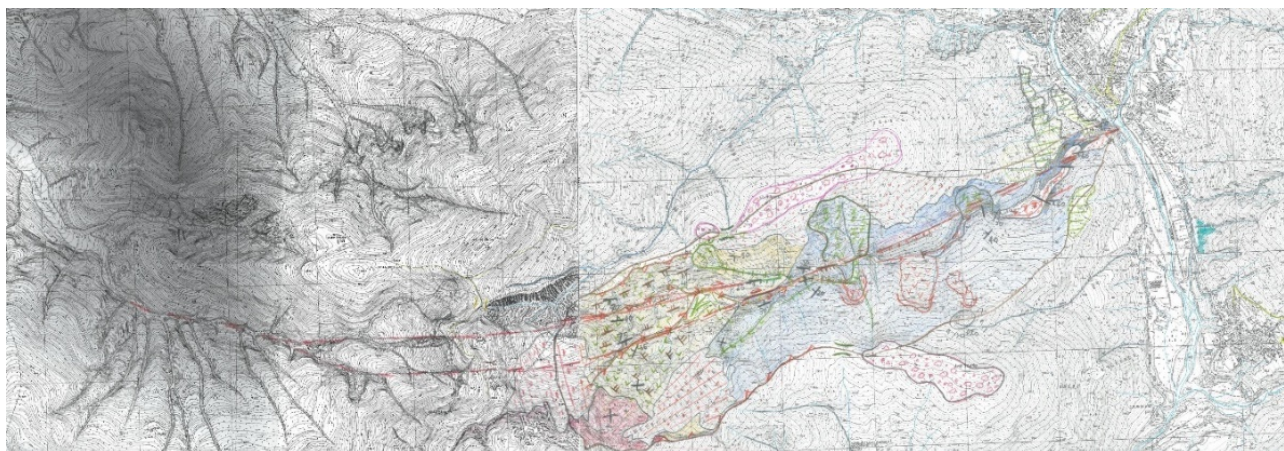


*Figura 7: Le linee rosse indicano la presenza di strutture tettoniche all'interno del bacino del torrente Orteglas, situato nel comune di Paularo. Si tratta di una faglia trascorrente destra la cui azione morfogenica prosegue lungo il bacino del torrente Orteglas situato nel comune di Treppo Ligosullo.*

*Figure 7: Red lines indicate the presence of a set of dextral strike slip faults within the Orteglas basin, located in the municipality of Paularo. The morphogenic activity of this tectonic element continues along the Orteglas basin located in the municipality of Treppo-Ligosullo.*

*Slika 7: Rdeče črte označujejo prisotnost niza prelomov s premikom zemljin v območju hudournika Orteglas, ki se nahaja v občini Paularo. Morfološka aktivnost tega elementa se nadaljuje vzdolž hudournika Orteglas, ki se nahaja v občini Treppo-Ligosullo.*

I dati raccolti indicano che il bacino del torrente Orteglas è situato in una zona di forte deformazione tettonica: lungo l'asse del bacino, infatti, è stata osservata e cartografata una superficie di faglia ad alto angolo immergente verso Nord a direzione media N70°-N80° che ha prodotto una diffusa cataclasi degli strati rocciosi e la loro dislocazione in senso destrorso (Figura 2). Come si può inoltre osservare dalla Figura 7 questa faglia, prosegue attraverso il bacino del torrente Orteglas di Treppo (UD) originando anche qui diffusa cataclasi. Lungo la sezione a valle del corso d'acqua è possibile osservare gli effetti della discontinuità in oggetto: la presenza di un elevato numero di superfici di taglio lungo la cui superficie si sono originati litoni cm-m; questo indica la presenza della faglia e del suo movimento molto intenso (Figura 8). Nella testata del bacino inoltre è possibile osservare la presenza di due canali caratterizzati da giaciture delle rocce che cambiano repentinamente ed in maniera opposta. Questi potrebbero rappresentare l'area di passaggio delle due faglie individuate attraverso costruzione della carta geomorfologica (Figura 9).

Data collected indicate that the Orteglas basin is in an area of strong tectonic deformation: in correspondence of the axis of the basin, an about N70-80° striking, NW dipping high-angle strike slip fault has been observed and mapped. Structural survey pinpointed widespread cataclastic flow on the rock substratum, which also shows right lateral displacement (Figure 2). Topographic map of Figure 7, shows that this high angle fault continues through the Orteglas basin in Treppo-Ligosullo area (UD), causing widespread cataclastic rock-zones here as well.

Moreover, along the downstream section of the watercourse, it is possible to observe the deformative effects of this tectonic feature, such as the presence of many thick shear zones characterised by cm-m rock lithons and s/c structures (Figure 8) which testify for a strong brittle-to ductile deformation. At the head of the basin, the presence of the high angle faults is pinpointed by an articulated series of folded and displaced strata in Lusnizza Fm (Figure 9).

Zbrani podatki kažejo, da se hudournik Ortegias nahaja na območju močne tektonske deformacije: v skladu z osjo kotline je bila opazovana in kartirana prelomnica z naklonom približno N70-80° in naklonom proti severozahodu. Izvedena raziskava je natančno določila prelomnico, ki kaže tudi stranske premike (slika 2). Topografska karta na sliki 7 kaže, da se ta prelom nadaljuje skozi porečje Ortegias v občini Treppo-Ligosullo (UD). Poleg tega je vzdolž spodnjega dela vodotoka mogoče opaziti deformativne učinke te tektonske značilnosti, kot je prisotnost številnih strižnih con (slika 8), ki pričajo o deformacijah. Na vrhu porečja je prisotnost prelomov natančno označena s serijo specifičnih plasti (slika 9).

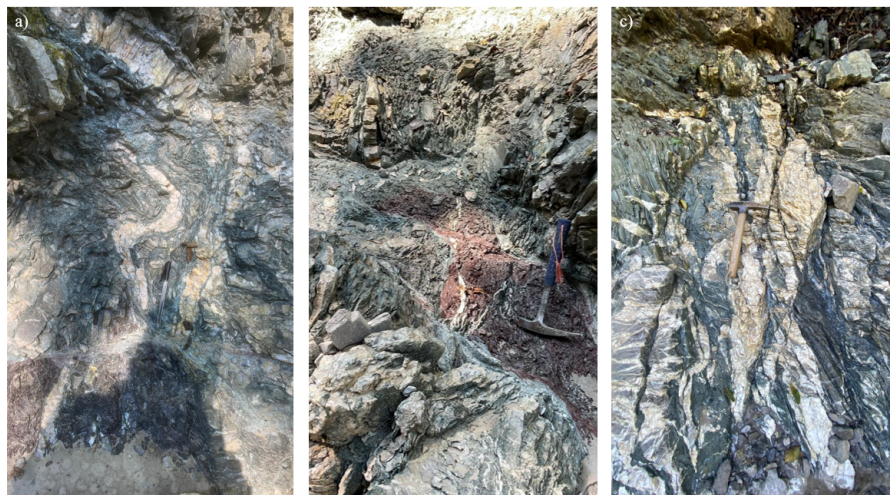


*Figura 8: Superfici di taglio ricementate da calcite, sezione a valle del bacino.*

*Figure 8: Recemented calcite-layers along thick shear zones, downstream section of the basin.*

*Slika 8: Kalcitni sloji vzdolž strižnih con, spodnji del porečja.*



*Figura 9: Alla testata del bacino, gli strati piegati e dislocati nella Fm. Di Lusnizza indicano il possibile passaggio della zona di taglio legata alla faglia trascorrente.*

*Figure 9: At the head of the basin, folded and displaced strata in the Lusnizza Fm indicate the possible passage of the shear zone linked to the strike-slip fault.*

*Slika 9: Na vrhu porečja plasti v formaciji kažejo na možen prehod strižne cone, povezane s stransko prelomnico.*

Lungo l'asta del bacino sono inoltre presenti delle forme (morfotettoniche) legate al passaggio della superficie di faglia: soglia di valle sospesa, una serie di orli di scarpata nel versante settentrionale della valle cui è legata una superficie in contropendenza. Dallo studio effettuato è possibile ipotizzare che la faglia presente all'interno del bacino appartenga al complesso sistema della Linea Fella-Sava.

Il rilevamento geologico-strutturale e geomorfologico ha messo in luce come i fattori geologici (litologia, giacitura e tettonica) siano fattori determinanti nella evoluzione del bacino. La presenza di rocce particolarmente sensibili all'alterazione meteorica e la presenza di una estesa fascia di deformazione tettonica che determina il peggioramento delle caratteristiche meccaniche dei litotipi presenti, sono infatti due fattori determinanti nell'evoluzione del bacino del torrente Ortegla e nella sua produzione di detrito.

Morphological features along the axis of the basin such as suspended valley threshold, a series of escarpment edges on the northern side of the valley and a counter-slope surface, may also be referred to the fault activity. The structural survey suggests that this fault represents a synthetic fault related to the complex Fella-Sava fault system which trends through the Turriea and Minischitte streams across Paularo.

The geological, morphological and structural surveys carried out along the Ortegla riverbed, confirmed how the presence of rocks that are particularly sensitive to weathering and the presence of an extensive zone of tectonic deformation, which causes the deterioration of mechanical characteristics of the outcropping rocks, are two determining factors in the evolution of the Ortegla basin and on its production of debris.

Morfološke značilnosti vzdolž osi porečja lahko prav tako kažejo na aktivnost preloma. Izvedena raziskava kaže, da ta prelom predstavlja prelom, povezan s kompleksnim sistemom prelomov Fella-Sava, ki poteka skozi potoka Turriea in Minischitte.

Geološke, morfološke in strukturne raziskave, izvedene na območju struge hudournika Ortegla, so potrdile, da sta prisotnost kamnin, ki so posebej občutljive na erozijo, in prisotnost obsežne cone tektonske deformacije, ki povzroča poslabšanje mehanskih lastnosti izpostavljenih kamnin, dva odločilna dejavnika v razvoju hudournika Ortegla in dinamike erozijsko-sedimentacijskih procesov na tem območju.

## **ANALISI DELLA SITUAZIONE ATTUALE E DELLE CRITICITÀ PRESENTI NEI BACINI PILOTA / ANALYSIS OF THE CURRENT SITUATION AND CRITICAL ISSUES IN THE PILOT BASINS / ANALIZA SEDANJEGA STANJA IN KRITIČNIH VPRAŠANJ V PILOTNIH OBMOČJAH**

### **1. Torrente Moscardo / Moscardo torrent / Hudournik Moscardo**

Il torrente Moscardo è il bacino pilota con la maggiore disponibilità di dati storici e di rilievi moderni e attuali. È anche quello che presenta la maggiore numerosità e densità di opere di sistemazione idraulico-forestale, tutte realizzate, a partire dagli anni '70 del Novecento, in calcestruzzo armato più o meno rivestito in pietrame. I materiali e la tecnica di costruzione non hanno tuttavia garantito l'efficacia, l'efficienza e la durata nel tempo di alcune delle strutture. Infatti, queste devono reggere la dinamica del sedimento che è localmente molto marcata per cause geolitologiche e morfologiche, tanto che si registrano colate o flussi iperconcentrati praticamente ogni anno. Alcune opere degli anni '70 sono state distrutte dall'azione del torrente

(Figura 10) e sono state ricostruite dopo il 2000. Le opere ricostruite sono già, a loro volta, pesantemente danneggiate (Figura 10), prossime al completo cedimento, e oggi riconosciute non essenziali e lasciate al loro destino, anche per la difficoltà ad intervenire rispettando le attuali regole sulla sicurezza dei cantieri. Il bacino è molto attivo dal punto di vista erosivo ma sostanzialmente privo di strutture e infrastrutture antropiche importanti; infatti, l'obiettivo principale degli interventi effettuati nel tempo è stato quello di ridurre la probabilità di una occlusione dell'alveo del But, di cui il Moscardo è tributario, a causa del sedimento trasportato alla confluenza. Dall'analisi della relazione tra la dinamica del sedimento ricavata di DoD e l'indicatore *MPi* delle opere si evince che tale obiettivo è stato raggiunto, ma il numero di opere trasversali in alveo pare decisamente eccessivo, con varie opere che sembrano essere bisognevoli ma non meritevoli di interventi manutentivi, perché poco significative.

The Moscardo torrent is the pilot basin with the greatest availability of historical data and modern and current surveys. It is also the one with the greatest number and density of Torrent Control Structures, all built since the 1970s in reinforced concrete covered with stone. However, the materials and construction techniques used did not guarantee the effectiveness, efficiency and durability of some of the structures. In fact, these structures must withstand the dynamics of sedimentation, which is locally very marked due to geolithological and morphological causes, to the extent that hyperconcentrated flows or mudslides are recorded practically every year. Some structures built in the 1970s were destroyed by the action of the torrent (Figure 10) and were rebuilt after 2000. The rebuilt structures are already heavily damaged (Figure 10), close to complete collapse, and are now recognised as non-essential and left to their fate, partly due to the difficulty of intervening in compliance with current construction site safety regulations. The basin is very active in terms of erosion but essentially devoid of important man-made structures and infrastructure; in fact, the main objective of the interventions carried out over time has been to reduce the probability of occlusion of the bed of the But, of which the Moscardo is a tributary, due to the sediment transported to the confluence. Analysis of the relationship between the sediment dynamics obtained from DoD and the *MPi* indicator for the structures shows that this objective has been achieved, but the number of transverse structures in the riverbed appears to be excessive, with several structures appearing to need maintenance but not worthy of intervention because they are insignificant.

Hudournik Moscardo je pilotno območje z največjo razpoložljivostjo zgodovinskih podatkov ter sodobnih in aktualnih raziskav. Je tudi porečje z največjim številom in gostoto hidrotehničnih objektov, ki so bile vse zgrajene od 70. let 20. stoletja iz armiranega betona, bolj ali manj prekrita s kamnom. Vendar pa uporabljeni materiali in gradbene tehnike niso zagotovili učinkovitosti, uspešnosti in trajnosti nekaterih objektov. Te objekti morajo namreč vzdržati dinamiko transporta in odlaganja sedimentov, ki je lokalno zelo izrazita zaradi geolitoloških in morfoloških vzrokov, do te mere, da se praktično vsako leto zabeležijo hiperkoncentrirani tokovi ali zemeljski plazovi. Nekaterne objekte, zgrajene v 70. letih prejšnjega stoletja, so uničili ekstremni dogodki (slika 10) in so bile ponovno zgrajene po letu 2000. Ponovno zgrajeni objekti

so že močno poškodovani (slika 10), skoraj popolnoma porušeni, in ne opravljajo več svoje primarne funkcije. Porečje je zelo aktivno v smislu dinamike erozije, vendar v bistvu brez pomembnih hidrotehničnih objektov in infrastrukture za zmanjševanje ogroženosti; dejansko je bil glavni cilj posegov, izvedenih, zmanjšati verjetnost dotoka plavin v reko But, katere pritok je Moscardo. Analiza razmerja med dinamiko sedimentov, pridobljeno iz DoD, in kazalnikom MPi za objekte kaže, da je bil ta cilj dosežen, vendar se zdi, da je število prečnih objektov v rečnem dnu preveliko, pri čemer se zdi, da je več objektov potrebnih vzdrževanja.





Figure 10: esempi di briglie presenti lungo l'asta principale del torrente Moscardo, censite nel 2024. a) briglia n. 190 parzialmente sovralluvionata; b) briglia n. 280 completamente distrutta; c) briglia n. 290 realizzata nel 2014 e pesantemente danneggiata; d) briglia n. 310 parzialmente sovralluvionata; e) briglia n. 320 realizzata negli anni '80 e attualmente danneggiata.

Figures 10: Examples of check dams along the main course of the Moscardo torrent, surveyed in 2024. a) Check dam no. 190 partially flooded; b) Check dam no. 280 destroyed; c) Check dam no. 290 built in 2014 and heavily damaged; d) Check dam no. 310 partially flooded; e) Check dam no. 320 built in the 1980s and currently damaged.

Slika 10: Primeri hidrotehničnih objektov vzdolž glavnega toka potoka Moscardo, pregledanih leta 2024. a) Pregrada št. 190 delno zapolnjena z naplavinami; b) Pregrada št. 280 uničena; c) Pregrada št. 290 zgrajena leta 2014 in močno poškodovana; d) Pregrada št. 310 delno zapolnjena z naplavinami; e) Pregrada št. 320 zgrajena v 80. letih 20. stoletja in poškodovana.

## 2. Torrente Ortegla / Ortegla torrent / Hudournik Ortegla

Il torrente Ortegla di Paularo è (con l'Ortegla di Treppo) uno dei due torrenti che originano in verso diametralmente opposto dalla grande area in profondo dissesto costituita dalle pendici del Monte Tersadia. Il torrente scorre per quasi metà del suo corso tra versanti estremamente erosi che alimentano il trasporto solido, per poi proseguire tra versanti boscati ma molto ripidi e non scevri di consistenti episodi franosi. La presenza dell'abitato di Paularo alla confluenza con il Chiarsò (di cui l'Ortegla è tributario) ha suggerito interventi sistematori lungo l'alveo fin dagli anni '30 del Novecento. Si tratta di grandi opere in muratura, tutt'ora in buono stato, cui hanno fatto seguito, a partire dagli anni '70, altre opere di completamento in calcestruzzo armato (Figura 11). Tuttavia, tutte le opere sono localizzate nella metà inferiore del corso a causa della totale assenza di viabilità, anche forestale, che consenta di raggiungere le aree prossime alla zona in dissesto. Da qui l'impossibilità di frenare il sedimento là dove viene massivamente generato e la necessità di costruire opere più grandi, e di conseguenza più critiche, a valle. Dalle analisi effettuate la dinamica del sedimento in questo bacino è molto attiva e i fenomeni di colata detritica hanno danneggiato le opere spondali presenti oltre ad alcune nuove opere realizzate nel 2018 (Figura 11). Si suggerisce un periodico monitoraggio degli eventi e dello stato delle opere danneggiate al fine di pianificare interventi di manutenzione mirati a conservare la funzionalità delle strutture.

The Ortegla stream in Paularo is (together with the Otrégla stream in Treppo) one of two streams that originate in diametrically opposite directions from the large area of deep instability formed by the slopes of Mount Tersadia. Almost half of the stream's course runs between extremely eroded slopes that feed solid transport, then continues between wooded but very steep slopes that are not free from significant landslides. The presence of the village of Paularo at the confluence with the Chiarsò (of which the Ortegla is a tributary) has suggested remedial work along the riverbed since the 1930s. These are large masonry works, still in good condition, which were followed, starting in the 1970s, by other completion works in reinforced concrete (Figure 11). However, all the works are in the lower half of the course due to the total absence of roads, even forest roads, that would allow access to the areas close to the unstable zone. This makes it impossible to stop the sediment where it is massively generated and necessitates the construction of larger, and consequently more critical, works downstream. Analyses show that sediment dynamics in this basin are very active and debris flows damaged the existing bank structures as well as some new structures built in 2018 (Figure 11). We recommend periodically monitoring events and the condition of damaged structures to plan maintenance work aimed at preserving their functionality.

Hudournik Ortegla v Paularu je (skupaj s hudournikom Otrégla v Treppu) eden od dveh potokov, ki izvirata v diametralno nasprotnih smereh iz velikega območja, ki je relativno nestabilno, in ga tvorijo pobočja gore Tersadia. Skoraj polovica potoka teče med izjemno erodibilnimi pobočji, ki zagotavljajo dotok sedimentov, nato pa se nadaljuje med gozdnatimi, a zelo strmimi pobočji, kjer se nahajajo številni zemeljski plazovi. Prisotnost vasi Paularo na sotočju s Chiarsò (katerega pritok je Ortegla) je od 30. let 20. stoletja naprej spodbudila sanacijska dela vzdolž rečnega dna. Zgrajeni so bili večji objekti, ki so še vedno v relativno dobrem stanju, ki so jim od 70. let 20. stoletja naprej sledili drugi objekti iz armiranega betona (slika 11). Vendar so vsi objekti locirani v spodnji polovici toka zaradi popolne odsotnosti cest, celo gozdnih, ki bi omogočale dostop do območij v bližini nestabilne cone. Zaradi tega je nemogoče ustaviti dotok plavin iz gorvodnih območij in je potrebna gradnja večjih in posledično bolj kritičnih objektov v spodnjem toku. Analize kažejo, da je dinamika transporta sedimentov v tem porečju zelo aktivna in da so plazovi poškodovali obstoječe objekte na bregovih ter nekatere nove objekte, zgrajene leta 2018 (slika 11). Priporočamo redno spremljanje dogodkov in stanja poškodovanih objektov, da se lahko načrtujejo vzdrževalna dela, namenjena ohranjanju njihove funkcionalnosti.



Figure 11: esempi di briglie presenti lungo l'asta principale del torrente Ortegla, censite nel 2024. a) briglia n. 030 con gaveta danneggiata; b) briglia n. 080, costruita nel 2018, e nel 2024 presenta la platea distrutta; c) briglia n. 100 realizzata negli anni '30 e nel 2024 mostra significativi processi di erosione al piede; d) opera spondale n. 121 parzialmente distrutta da una colata detritica; e-f) briglia n. 130 realizzata nel 1997 e attualmente danneggiata.

Figures 11: Examples of check dams along the main course of the Ortegla stream, surveyed in 2024. a) Check dam no. 030 with damaged sluice gate; b) Check dam no. 080, built in 2018, with destroyed foundation slab in 2024; c) Check dam no.

*100 built in the 1930s and showing significant erosion at the foot in 2024; d) bank reinforcement no. 121 partially destroyed by a debris flow; e-f) weir no. 130 built in 1997 and currently damaged.*

*Slika 11: Primeri pregrad vzdolž glavnega toka potoka Ortegla, pregledanih leta 2024. a) Pregrada št. 030 s poškodovanim prelivom; b) Pregrada št. 080, zgrajen leta 2018, z uničeno spodnjim delom; c) pregrada št. 100, zgrajena v 30. letih 20. stoletja, ki v letu 2024 kaže znatno erozijo v okolici pregrade; d) utrditev brežine št. 121, delno uničena zaradi plazov; e-f) pregrada št. 130, zgrajena leta 1997 in poškodovan.*

### 3. Torrente Krvavec / Krvavec torrent / Hudournik Krvavec

Il torrente Krvavec si trova in una zona turistica, non lontana da Lubiana, frequentata d'estate per le escursioni e d'inverno per gli sport invernali. Al seguito di alcuni eventi di colata detritica verificatesi negli ultimi anni è stata realizzata una sistemazione con opere trasversali in rete d'acciaio per la trattenuta del sedimento. Le reti si sono rivelate efficaci e si presentano completamente riempite di detriti (Figura 12). Oggi la loro efficacia è ridotta proprio a causa del riempimento che non consentirebbe di trattenere ulteriore materiale. Tuttavia, le strutture stanno stabilizzando il letto del torrente e sostengono gli argini potenzialmente instabili. Questo tipo di opere, infatti, necessita di una costante manutenzione sia da un punto di vista strutturale, con la verifica e la riparazione di eventuali danni al sistema di tiranti, che da un punto di vista funzionale con lo svuotamento e il ripristino dei volumi di arresto. Tuttavia, poiché l'area è inaccessibile ai macchinari pesanti, durante la progettazione delle barriere flessibili in rete queste non sono state concepite per essere svuotate, ma piuttosto per stabilizzare il letto del torrente, diminuire l'erosione degli argini e ridurre il numero di smottamenti. Nell'area a valle sarà costruita una diga di contenimento più grande che fungerà da area di deposito dei sedimenti.

The Krvavec torrent is in a tourist area not far from Ljubljana, popular for hiking in summer and winter sports (e.g., skiing) in winter. Following several debris flows in recent years, a system of net barriers was installed to retain sediment. The net barriers proved effective and are now completely filled with debris (Figure 12). Today, their effectiveness is reduced precisely because they are full, which means they cannot retain any more material. However, they are stabilizing the torrent bed and support potentially unstable banks. This type of structure requires constant maintenance, both from a structural point of view, with the inspection and repair of any damage to the tie rod system, and from a functional point of view, with the emptying and restoration of the retention volumes. However, since the area is inaccessible by heavy machinery, during the design of flexible net barriers they were not designed to be emptied but rather to stabilize the torrent bed and to decrease bank erosion and reduce the number of soil slips. In the downstream area bigger check dam will be build that will serve as sediment deposition area.

Območje Krvavec se nahaja v turističnem delu države nedaleč od Ljubljane, ki je poleti priljubljeno za pohodništvo, pozimi pa za smučanje, v bližini je locirana spodnja postaja kabinske žičnice. Po več hudourniških izbruhih v zadnjih letih je bil nameščen sistem mrežnih

pregrad za zadrževanje sedimentov. Mrežne pregrade so se izkazale za učinkovite in so zdaj popolnoma zapolnjene s sedimenti (slika 12). Danes je njihova učinkovitost zmanjšana prav zato, ker so polne, kar pomeni, da ne morejo več zadrževati materiala. Služijo pa za stabilizacijo struge. Ta vrsta konstrukcije zahteva stalno vzdrževanje, tako s strukturne strani, s pregledi in popravili morebitnih poškodb sistema veznih palic, kot tudi s funkcionalne strani, z izpraznjevanjem in obnovo zadrževalnih prostornin. Ker pa je območje nedostopno za težko mehanizacijo, fleksibilne mrežaste pregrade niso bile zasnovane za praznjenje, ampak za stabilizacijo struge hudournika, zmanjšanje erozije brežin in zmanjšanje števila zemeljskih plazov. V spodnjem toku bo zgrajen večja pregrada, ki bo služil kot območje za odlaganje sedimentov.



Figure 12: esempi di briglie presenti lungo l'asta del torrente Krvavec. a) briglia n. 010 appena realizzata nel 2022; b) briglia n. 010 dopo alcuni eventi di colata detritica nel 2023; c) briglia n. 100 appena realizzata nel 2022; d) briglia n. 100 dopo alcuni eventi di colata detritica nel 2023; e) briglia n. 150 nel 2022; f) briglia n. 150 dopo alcuni eventi di colata detritica nel 2023.

*Figures 4: Examples of check dams along the Krvavec torrent. a) check dam no. 010, newly built in 2022; b) check dam no. 010 after several debris flow events in 2023; c) check dam no. 100, newly built in 2022; d) check dam no. 100 after several debris flow events in 2023; e) check dam no. 150 in 2022; f) check dam no. 150 after several debris flow events in 2023.*

*Slika 4: Primeri mrežnih pregrad v območju ob Krvavcu. a) mrežna pregrada št. 010, novogradnja iz leta 2022; b) mrežna pregrada št. 010 po več plazovih v letu 2023; c) mrežna pregrada št. 100, novo zgrajena leta 2022; d) mrežna pregrada št. 100 po več plazovih leta 2023; e) mrežna pregrada št. 150 leta 2022; f) mrežna pregrada št. 150 po več plazovih leta 2023.*

#### 4. Trnovsca (Osapska) / Trnovsca torrent / Hudournik Trnovšča

Il torrente Trnovska (Osapska) si colloca a monte di una piana agricola coltivata a vite nella zona interna del comune di Capodistria. Il bacino è quasi totalmente boscato con una dominanza di Pino nero che garantisce una elevata protezione del suolo dagli effetti idro-erosivi. Nella parte alta del bacino sono tutt'ora in corso importanti attività cantieristiche per la realizzazione di strade e ferrovie. Le opere di sistemazione idraulico-forestale presenti sono state realizzate intorno agli anni '20 e '30 del Novecento in gabbioni riempiti di pietrame locale (Figura 13), in un contesto che doveva apparire sostanzialmente privo di copertura arborea. L'elevata efficacia dell'intervento unita ad altri fattori esogeni, quali un sostanziale abbandono dell'uso antropico dell'area e, forse, un mutato regime pluviometrico, ha consentito lo sviluppo della vegetazione arborea, di evidente impianto artificiale ma ampiamente naturalizzata, al punto di svilupparsi anche sullo stesso alveo torrentizio. Lo stato delle vecchie opere è ancora sufficientemente buono (con poche eccezioni; Figura 13c) ma l'alveo a volte risulta scarsamente riconoscibile per l'eccesso di vegetazione presente. Quest'ultima costituisce la principale criticità in caso di piena, sia per la parziale ostruzione dell'alveo quando è ancora in piedi, sia per quasi certa ostruzione che si avrebbe in caso di scalzamento, con conseguente grave pericolo per la sottostante area agricola. Pare tuttavia scongiurata la possibilità di danni a strutture o infrastrutture primarie data la notevole distanza delle stesse.

The Trnovska (Osapska) stream is located upstream of an agricultural plain planted with vines in the inland area of the municipality of Koper. The basin is almost entirely wooded, with a predominance of black pine, which provides high protection for the soil against the effects of hydro-erosion. In the upper part of the basin, major construction work is still underway for the construction of roads and railways. The Torrent Control Structures were carried out in the 1920s and 1930s using gabions filled with local stone (Figure 13), in an area that must have been largely devoid of tree cover. The high effectiveness of the intervention, combined with other exogenous factors, such as a substantial abandonment of anthropic use of the area and, perhaps, a change in rainfall patterns, has allowed the development of tree vegetation, clearly artificial but largely naturalised, to the point of developing even on the riverbed itself. The condition of the old works is still sufficiently good (with a few exceptions; Figure 13c), but the riverbed is sometimes difficult to recognise due to the excess vegetation present. The latter is the main critical issue in the event of flooding, both because of the partial obstruction of the riverbed when it is still standing and because of the almost certain obstruction that would occur in the event of undermining, with consequent danger for the agricultural area below. However,

the possibility of damage to primary structures or infrastructure seems to have been averted, given their considerable distance.

Potok Trnovšča se nahaja nad kmetijsko ravnino, zasajeno z vinsko trto, v notranjosti občine Koper. Porečje je skoraj v celoti poraščeno z gozdom, ki zagotavlja visoko zaščito tal pred učinki erozije. V zgornjem delu porečja še vedno potekajo večja gradbena dela za izgradnjo cest in železnic. Hidrotehnični objekti so bili izvedeni v 20. in 30. letih 20. stoletja z uporabo gabionov, napolnjenih z lokalnim kamnom (slika 13), na območju, ki je bilo verjetno v veliki meri brez gozdov. Visoka učinkovitost posega v kombinaciji z drugimi zunanjimi dejavniki, kot so znatno opuščanje antropogene rabe območja in morda sprememba vzorcev padavin, je omogočila razvoj drevesne vegetacije, ki je sicer očitno umetna, vendar v veliki meri naturalizirana, do te mere, da se je razvila celo v bližini rečnega dna. Stanje zgrajenih objektov je še vedno dovolj dobro (z nekaj izjemami; slika 13c), vendar je rečno dno včasih težko prepoznati zaradi prekomerne vegetacije. Slednje je glavni problem v primeru poplav zaradi delne zapolnjenosti rečnega dna s sedimenti. Vendar se zdi, da je bila možnost poškodovanja primarnih objektov ali infrastrukture preprečena, glede na njihovo precejšnjo oddaljenost od teh kritičnih lokacij.



Figure 13: esempi di briglie presenti lungo l'asta del torrente Trnovska censite nel 2025. a) briglia n. 250 in gabbioni con elevata presenza di vegetazione a monte della struttura; b) briglia n. 260 in gabbioni con elevata presenza di vegetazione a monte e a valle della struttura; c) briglia n. 210 in gabbioni significativamente danneggiata.

Figures 13: Examples of check dams along the Trnovska stream surveyed in 2025. a) Check dam no. 250 made of gabions with a high presence of vegetation upstream of the structure; b) Check dam no. 260 made of gabions with a high presence of vegetation upstream and downstream of the structure; c) Check dam no. 210 made of gabions, significantly damaged.

*Slika 13: Primeri hudourniških pregrad ob potoku Trnovšča, ki so bili pregledani leta 2025. a) Objekt št. 250 z veliko vegetacije; b) Objekt št. 260 z veliko vegetacije; c) Objekt št. 210, močno poškodovan.*