

UNIVERZA V LJUBLJANI
FILOZOFSKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GEOGRAFIJO

DIPLOMSKO DELO

LJUBLJANA, 2012

JURE TIČAR

UNIVERZA V LJUBLJANI
FILOZOFSKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GEOGRAFIJO

DIPLOMSKO DELO

**GEOMORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI
ZATREPNIH DOLIN V SLOVENIJI IN FRANCIJI**

Študijski program:
GEOGRAFIJA – E

MENTOR: dr. Uroš Stepišnik, doc.

LJUBLJANA, 2012

JURE TIČAR

IZJAVA

Izjavljam, da je diplomsko delo v celoti moje avtorsko delo.

Jure Tičar

Izdelavo diplomskega dela je v okviru programa VŽU/ERASMUS – individualna mobilnost študentov za praktično usposabljanje (št. pogodbe: 2011/12 – 13) finančno podprla Evropska skupnost.

ZAHVALA

Urošu Stepišniku za posredovano znanje, širjenje obzorij in kritično usmerjanje;

Philippu Audraju za koordinacijo pri študijski praksi v Franciji, pomoč pri iskanju gradiva, terenskih raziskavah v Alpah in za spoznanje o pomenu znanosti;

Mateji Ferku za diskusije, bdenje nad mojim strokovnim razvojem ter dolgoletno prijateljstvo;

Dragu Kladniku za napotke pri geografski terminologiji;

Alenki Božič za ažurno in profesionalno lektoriranje;

Krasni družbi za nepozabne balkanske odprave, med katerimi smo odkrivali razsežnosti Dinarskega krasa in se dotaknili marsikaterega smisla življenja;

Andreju Mihevcu za posredovano znanje in zgodbe o krasu, brez katerih bi bila znanost brez življenja;

Charlesu Maretu za prevoz in prenočišče v Juri, treking s kolesom, kulinarične dobrote ter okrepcilo, ki ga utrujenemu popotniku z vso dobroto zna postreči le svetovni popotnik;

sošolcem in sošolkam za vseh 18 let šolanja, med katerim smo ustvarjali spomine in sklenili marsikatero prijateljstvo;

jamarjem iz Jamarskega kluba Brežice in širom po svetu (Slovenija, Hrvaška, Nova Zelandija, Francija), katerim je vredno zaupati svoje življenje in ga oplemenititi s prijateljstvi in zgodbami, ki se spletajo vmes;

Alenki Kepic Mohar iz Založbe Mladinska knjiga za razumevanje, dodatni prosti čas ob pisanju diplomske naloge in iskreno spodbudo;

Albinu Kerinu za najboljše prijateljstvo, v katerem naju kljub popolnoma drugačnim življenjskim vodam povezujejo neštete stvari in ki je sposobno premagati čas in razdalje, ki naju včasih ločujejo;

moji družini za moralno in finančno podporo v času študija, ljubeč dom in privzgojeno ljubezen do narave;

Sonji in Mihaelu Ogorevcu za podporo, vedno odprta vrata in za to, ker sta postala del moje družine;

Niki za ljubezen, prijateljstvo in vse, kar nosi v svojem srcu – za vse drugo bi preprosto zmanjkalo strani;

sebi za raziskovalnega duha, vztrajnost, moč, nešteto koristno porabljenih ur, prehojenih 150 km in prepotovanih 8733 km.

Nikoli ne prenehajte raziskovati čudes narave, globin lastnega potenciala in dobrega v ljudeh.

Hvala vsem.



»...Za razliko od Sizifa ne začinjamo vedno znova. Vsaka generacija prevzame znanje prejšnje, se pokloni trdemu delu, dognanjem in ustvarjalnosti svojih predhodnikov, in potisne kamen nekoliko dlje. Napredek je stvar novih teorij in natančnejših meritev; tak napredek pa gradi na predhodnem znanju in se skoraj nikdar ne vrne na dno. In ker je tako, naše delo še zdaleč ni nesmiselno in brez pomena. Ko potiskamo kamen proti vrhu, opravljamo najodličnejšo in najplemenitejšo nalogo: razkrivamo svet, ki mu pravimo dom, se veselimo čudes, ki jih odkrivamo, in predajamo svoje znanje tistim, ki sledijo...«

Brian Greene, Tkanina vesolja

GEOMORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI ZATREPNIH DOLIN V SLOVENIJI IN FRANCIJI

Izvleček:

Diplomsko delo obravnava geomorfološke značilnosti zatrepnih dolin v Sloveniji in Franciji. Zatrepne doline so tipična površinska reliefna oblika izvirnega kontaktnega krasa. Identificirani so bili značilni primeri zatrepnih dolin v Sloveniji in Franciji, s terenskim delom pa so bile opravljene podrobne geomorfološke raziskave v šestindvajsetih izbranih zatrepnih dolinah. Sinteza pridobljenih terenskih podatkov je pokazala, da se zatrepne doline med seboj močno razlikujejo v oblikovanosti. Potrjen je obstoj linearnih zatrepnih dolin, ki se razvijajo v območju enega zatrepa, in obstoj detritičnih zatrepnih dolin, ki se razvijajo ob več zatrepih in so močno razvejene. Glede na poligenetski razvoj zatrepnih dolin so bili opredeljeni naslednji tipi: erozijske zatrepne doline, epifreatične zatrepne doline, freatične zatrepne doline in ledeniške zatrepne doline. Zatrepne doline se ponekod združujejo z drugimi kraškimi površinskimi oblikami, kot so na primer vrtače in udornice. Ugotovljeno je bilo, da na razvoj zatrepnih dolin odločilno vplivajo součinkovanje kamninske sestave, prelomnih struktur, značilnosti pretokov vodotokov, oblikovanosti jamskih sistemov v zaledju zatrepnih dolin in nivo površinske reliefne oblike, v katero se zatrepna dolina izteka.

Ključne besede: geomorfologija, krasoslovje, kontaktni kras, zatrepna dolina, morfogeneza, Slovenija, Francija.

GEOMORFOLOGICAL CHARACTERISTICS OF POCKET VALLEYS IN SLOVENIA AND FRANCE

Abstract:

This diploma thesis examines geomorphological characteristics of pocket valleys in Slovenia and France. Pocket valleys are typical landforms of outflow part of contact karst. Twenty-six typical examples of pocket valleys were identified and geomorphologically examined in detail. Existence of linear pocket valleys, which are developing in one cirque and existence of detritical pocket valleys, which are developing in multiple cirques and are highly branched was confirmed. Identified polygenetic development of pocket valleys led to the typification of pocket valleys on: erosional pocket valleys, phreatic pocket valleys, epiphreatic pocket valleys and glacial pocket valleys. Pocket valleys are sometimes merged with other karstic landforms such as dolines and collapsed dolines. Detailed geomorphological examination and morphogenetic interpretation confirmed the influence of lithology, geological structure, characteristics of waterflow discharge, formation of cave systems in the rim of pocket valley and the level of regional surface landforms above which pocket valleys are situated on the development of pocket valleys.

Keywords: geomorphology, karstology, contact karst, pocket valley, morphogenesis, Slovenia, France

KAZALO

1. UVOD.....	1
1.1. NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA.....	1
1.2. METODOLOGIJA	1
1.3. DELOVNE HIPOTEZE	2
2. TEORETSKA IZHODIŠČA.....	3
2.1. PREGLED POMEMBNEJŠE LITERATURE	3
2.2. OBLIKOVANOST ZATREPNIH DOLIN.....	6
2.3. POIMENOVANJE ZATREPNIH DOLIN	9
3. OBMOČJA RAZISKAV V SLOVENIJI.....	10
3.1. OBMOČJE IZVIROV LJUBLJANICE	10
3.1.1. <i>Zatrejna dolina Retovje</i>	11
3.1.2. <i>Zatrejna dolina Močilnik</i>	16
3.2. OBMOČJE PLANINSKEGA POLJA	18
3.2.1. <i>Planinski zatrep</i>	19
3.2.2. <i>Zatrejna dolina Malni</i>	24
3.3. POREČJE REKE KRKE	28
3.3.1. <i>Zatrejna dolina Globočec</i>	29
3.3.2. <i>Zatrejna dolina Luknja</i>	33
3.3.3. <i>Zatrejna dolina Studena</i>	38
4. OBMOČJA RAZISKAV V FRANCIJI.....	42
4.1. MONTS DE VAUCLUSE	42
4.1.1. <i>Zatrejna dolina Fontaine-de-Vaucluse</i>	45
4.2. JURA	50
4.2.1. PLANOTA LONS-LE-SAUNIER.....	51
4.2.1.1. <i>Zatrejna dolina Cuisance</i>	53
4.2.1.2. <i>Zatrejna dolina Glantine</i>	59
4.2.1.3. <i>Zatrejna dolina Seille</i>	63
4.2.1.4. <i>Zatrejna dolina Vallière</i>	71

4.3.	CAUSSE DE GRAMAT.....	76
4.3.1.	<i>Zatrepane doline v Gramatu</i>	80
4.4.	MASIV GRAND COYER.....	84
4.4.1.	<i>Zatrepane dolina Coulomp</i>	86
5.	TIPIZACIJA ZATREPNIH DOLIN.....	91
6.	ZAKLJUČEK.....	93
7.	SUMMARY	97
8.	VIRI IN LITERATURA.....	101
9.	SEZNAM FOTOGRAFIJ	107
10.	SEZNAM KART	108
11.	SEZNAM SKIC.....	109
12.	PRILOGE	110

1. UVOD

Zatrepane doline so tipična površinska reliefna oblika izvirnega kontaktnega krasa. Nastajajo na območju izvirov, kjer vode pritekajo iz kraške kamnine. S procesom zadenjske erozije se izviri zarezujejo v kraško kamnino in sčasoma oblikujejo dolini podobno obliko. V začetku zatrepne doline je nad izvirov oblikovano strmo pobočje, zatrep.

V svetovni literaturi so bile zatrepne doline redko obravnavane; slovenska literatura pa navaja raziskave zatrepnih dolin, ki so po večini vezane zgolj na morfometrične opise in na definicije zatrepnih dolin. Raziskava, predstavljena v diplomski nalogi, je prva sistematična geomorfološka študija zatrepnih dolin, v kateri so obravnavani tipični primeri oz. območja slovenskega in francoskega krasa.

1.1. NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA

Namen diplomskega dela je geomorfološka raziskava zatrepnih dolin v Sloveniji in Franciji. Za izpolnitev osnovnega namena raziskave so bili postavljeni naslednji cilji:

- analiza obstoječe strokovne in znanstvene literature o zatrepnih dolinah;
- podrobna analiza morfografskih in morfometričnih značilnosti zatrepnih dolin;
- pregled geoloških, hidroloških in speleoloških značilnosti zatrepnih dolin in njihove neposredne okolice;
- opredelitev morfogeneze zatrepnih dolin;
- opredelitev tipov zatrepnih dolin glede na njihovo obliko in nastanek.

1.2. METODOLOGIJA

Pri izdelavi diplomske naloge so bile uporabljene kabinetne in terenske metode proučevanja. Pregledana je bila obstoječa strokovna in znanstvena literatura o zatrepnih dolinah in proučevanih območjih, kjer so se te razvile. Analiza morfografskih in morfometričnih značilnosti je temeljila na podrobnem morfografskem kartiranju zatrepnih dolin in njihovega neposrednega zaledja. Glede na dostopnost kartografskega gradiva so bile pri morfografskem kartiranju uporabljene topografske karte Francije v merilu 1:25.000 ter topografske karte Slovenije v merilu 1:5000. V sklopu morfografskega kartiranja je bil poseben poudarek namenjen analizi oblikovanosti pobočij in fluvialnim oblikam v dneh in pobočjih zatrepnih dolin. Pri izdelavi morfografskih kart in drugih grafičnih prilog so bili uporabljeni programi Surfer, Didger in Inkscape. Morfometrična analiza je obsegala predvsem analizo kartografskega gradiva, iz katerega so bili zajeti osnovni podatki o dimenzijah in usmerjenosti zatrepnih dolin, terenske morfometrične analize pa so obsegale granulometrične analize naplavin v izbranih delih zatrepnih dolin.

Pregled litoloških značilnosti in geološke strukture je bil opravljen z analizo geoloških kart v merilu 1:50.000 in pripadajočih tolmačev ter s pregledom sorodne literature. Določene lastnosti geološke strukture zatrepnih dolin so bile identificirane v sklopu morfografskega kartiranja. Pregled hidroloških značilnosti je zajemal predvsem podatke o maksimalnih, srednjih in minimalnih pretokih izvirov v zatrepnih dolinah, ti podatki pa so bili v celoti zajeti iz literature. Opisi in načrti o oblikovanosti speleoloških objektov v zatrepnih dolinah in njihovem zaledju so bili pridobljeni s pomočjo literature in zapisnikov iz Katastra jam

Jamarske zveze Slovenije. Pregled literature je zajemal predvsem analizo jamskih načrtov. Terenske speleološke analize so obsegale analize sedimentov, orientiranosti rogov in analize mezo- in mikromorfoloških oblik na jamskih stenah in stropu. Na ta način se je določila morfogeneza primarnih, sekundarnih in reproduciranih jamskih oblik v posameznih jamskih rovih; tako je bila ugotovljena hidrološka cona, v kateri je jama nastala.

Morfogenetska interpretacija razvoja zatrepnih dolin je bila prevzeta delno po obstoječi literaturi. Literatura o nastanku zatrepnih dolin obstaja le za določena območja v Franciji, znanstvene ali strokovne literature o nastanku slovenskih zatrepnih dolin pa še ni. Poleg tega je bila opravljena morfogenetska interpretacija za vse proučene zatrepne doline, ki se je delno opirala na obstoječo literaturo, predvsem pa na sintezo geoloških, hidroloških, speleoloških, morfografskih in morfometričnih podatkov, ki so bili deloma pridobljeni s pomočjo obstoječe literature, večinoma pa z obsežnim terenskim delom.

Tipizacija zatrepnih dolin bo temeljila na morfografskih in morfometričnih analizah, ki bodo predstavile osnovno oblikovanost in dimenzije zatrepnih dolin, ter na načinu nastanka posameznih dolin.

1.3. DELOVNE HIPOTEZE

Pri proučevanju zatrepnih dolin so bile postavljene tri hipoteze. Delovne hipoteze temeljijo na osnovnih značilnostih zatrepnih dolin, ki so navedene v strokovni in znanstveni literaturi. Hipoteze so bile na podlagi analize morfografskih in morfometričnih značilnosti zatrepnih dolin in interpretaciji njihove morfogeneze potrjene ali ovržene. Postavljene so hipoteze:

1. **Zatrepne doline so poligenetskega nastanka.**
2. **Zatrepne doline nastajajo s poružitvijo jamskega stropa.**
3. **Organizacija jamskih sistemov v zaledju zatrepnih dolin vpliva na njihovo morfologijo.**

Fotografija 1: Meritve pretoka reke Coulomp v Alpah s pomočjo fluoresceina.



Avtor: Jure Tičar, 2011

2. TEORETSKA IZHODIŠČA

2.1. PREGLED POMEMBNEJŠE LITERATURE

Poprejšnje raziskave zatrepnih dolin so se po večini ukvarjale zgolj z definicijo, medtem ko so bile študije, ki bi obravnavale geomorfološke značilnosti zatrepnih dolin, redke. Takšne raziskave obravnavanih kraških oblik so znane zgolj iz Francoske Jure (Frachon, 2004) in z območja Planinskega polja (Šušteršič, 1977).

Ford in Williams (2007) podajata definicijo, da zatrepne doline nastajajo na mestih, kjer izviri pritekajo iz večje planote. Zadenjska erozija tako izoblikuje amfiteatru podobno zatrepno dolino. Izviri se ob tem lahko zajedajo zaradi gravitacijskega izpodjedanja pobočij ali zaradi neenakomernega podiranja jamskih stropov nad podzemno reko. Tako se udorne depresije na koncu združijo in tvorijo sotesko z izviro na koncu doline.

Hugget (2007) se pri svoji definiciji v celoti opira na definicijo Forda in Williamsa (2007), dopušča pa tudi možnost, da so nekatere zatrepne doline v sedanji fazi razvoja brez hidrološke aktivnosti. Zatrepne doline naj bi po njegovem mnenju nastajale predvsem na visokih kraških planotah in goratih območjih.

Podobno kot Hugget (2007) se na teorijo Forda in Williamsa opira tudi Encyclopedia of Geomorphology (Goudie, 2004) in Encyclopedia of caves and karst Science (Gunn, 2004).

Slovenska kraška terminologija podaja le skromno definicijo o zatrepnih dolinah, in sicer, da je »dolina na krasu, ki se na zgornjem koncu, često ob izviru potoka, slepo konča s strmim zaključkom.« (Gams, Kunaver, Radinja, 1973, str. 27).

Podobno skromno definicijo podajata tudi Geografski terminološki slovar (Kladnik et al., 2005) in Geološki terminološki slovar (Pavšič, 2006). Slednji zatrep povezuje zgolj s slepo dolino.

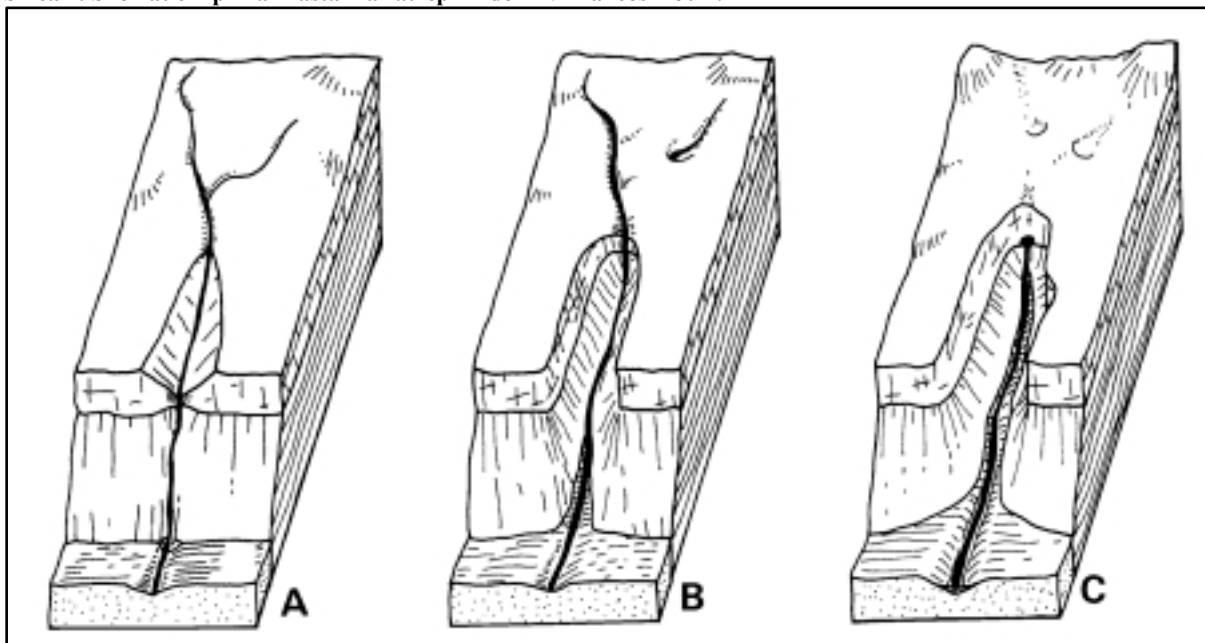
Šušteršič (1977) v svoji študiji geomorfoloških značilnosti zatrepnih dolin na Planinskem polju daje velik poudarek značilnostim geološke strukture. Modeli oblikovanosti zatrepov so bili namreč pojasnjeni tudi s stališča vodilne tektonike. Razvrstitev zatrepov naj bi bila posredno povezana z idrijsko tektoniko, ki določa smeri jamskih rovov v zaledju, neposredno pa z narivom dolomita Planinske gore na apnenčasto podlago. Po njegovem mnenju naj bi zatrep nastajal povsod, kjer je umikanje pobočij nad kraškim izviro hitrejše od umikanja pobočij v okolici. Zatrep naj bi bil podorne tvorbe, ki nastanejo kot neuravnoteženo delovanje dveh osnovnih dejavnikov, in sicer erozijskih in transportnih zmožnosti vodotoka in zasipanja dna korita iz izvira s sedimenti. Nadalje členi faktorje, ki vplivajo na prevladovanje omenjenih dejavnikov. Pri prevladi prvega dejavnika naj bi zatrep rasel in se zadenjsko umikal, pri tem pa bi bilo potrebno upoštevati skupni pretok vode skozi izvir, časovno stalnost tega pretoka, njegovo zgoščenost, strmec površinskega toka in možnost nizvodnega odvajanja odnesenega materiala. Pri prevladi drugega dejavnika naj bi se rast zatrepne doline ustavila, zatrep pa bi hidrološko zamrl. Pri tem bi bilo treba upoštevati površino pobočij, naklon pobočij, mehanske lastnosti pobočij, način spodkopavanja pobočij, način njihovega preperevanja, zunanji izvor materiala in osušitev zatropa. Šušteršič tudi razlaga: »Zatrep je masni deficit, nastal zaradi mehanske nestabilnosti, ki jo v svoji neposredni okolici sprošča tamkajšnji kraški izvir.« (Šušteršič, 1977, str. 6).

Andrej Kranjc v Enciklopediji Slovenije (2001) v svojih opisih med drugim navaja, da se zatrepna dolina ob prehodu vodotoka na neprepustne kamnine nadaljuje z navadno rečno

dolino. Obenem izrazi domnevo o vzročno-posledični povezavi med močjo vodotoka in dolžino zatrepne doline: »...čim močnejši je kraški izvir, tem izrazitejša je zatrepna dolina in tem dlje se zajeda v kraško površje« (Enciklopedija Slovenije, 2001, str. 80). V zaledju zatrepnih dolin naj bi se zaradi plitvega podzemeljska toka oblikovale tudi udornice. Obenem ugotavlja razlike v oblikovanosti zatrepnih dolin v nižjih planotah in goratih območjih: »Oblika in velikost zatrepne doline sta odvisni tudi od zaledja izvira; če je slednji zarezan v nizko planoto, ima lahko lepo razvito zatrepno dolino, ob vznožju visokega pobočja pa se dolina težje razvije in je izvir le v zajedi na pobočju, v zametku zatrepa« (Enciklopedija Slovenije, 2001, str. 80). Pomemben prispevek k procesom v zatrepni dolini uvaja s povezavo med razmerjem erozijskih in pobočnih procesov: »...če je v zatrepu mehansko razpadanje kamnine močnejše od vode, ki raztaplja in odnaša kamnino, je izvir zasut z gruščem in podornim kamenjem, sicer pa je odprta kraška jama ali vokliški izvir« (Enciklopedija Slovenije, 2001, str. 80).

Gams (2004) teorijo dopolni s primeri in dodatnimi procesi, predvsem s krušenjem kamnina v steni (zlasti pozimi). S tem naj bi se stena odmikala, zatrepna dolina pa daljšala. Korozija tekoče vode in biokorozija naj bi nato odkruške raztopili, ker jih nižje v strugi ni več. Zatrepne doline naj bi se posebej hitro podaljševale v hladnih pleistocenskih obdobjih, ko je mehansko preperevanje skale povečano. Temu dodaja še procese in lastnosti, ki naj bi vplivale na njihovo dolžino, in sicer starost, litološke lastnosti, prevotljenost ter oblikovanost jamskih sistemov v zaledju zatrepne doline.

Skica 1: Shematični prikaz nastanka zatrepnih dolin v Francoski Juri.



Vir: Frachon, 2004

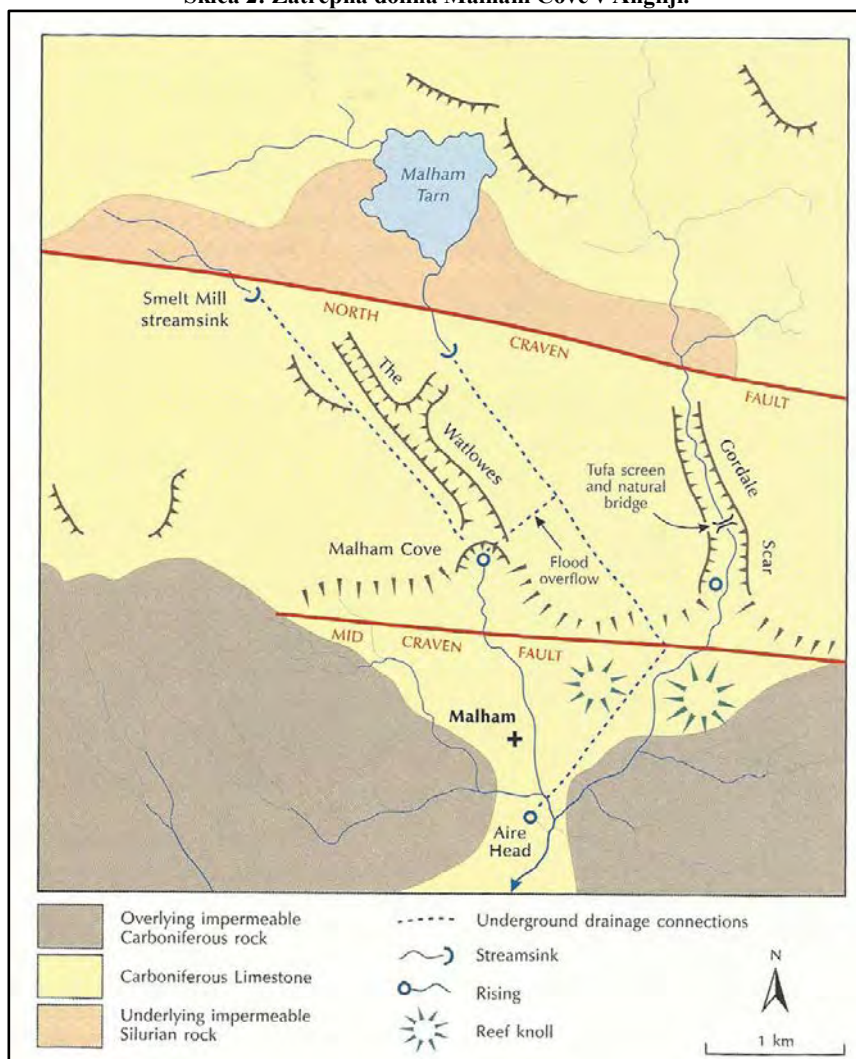
V francoski literaturi so zatrepne doline obravnavane podrobneje. Salomon (2006) navaja, da je razvoj zatrepnih dolin močno odvisen od značilnosti geološke strukture. Zatrepne doline so po njegovem mnenju prav tako povezane z večjimi izviri, poleg tega naj bi se nad takimi dolinami večkrat nadaljevale suhe doline oz. linije vrtač. V tem primeru naj bi bilo očitno, da se podzemni jamski sistemi preslikujejo na površje in pozneje z udori tvorijo zatrepno dolino. Zadenjsko erozijo naj bi po njegovem mnenju spremljali tudi podori in spodjedanje kamnine.

Frachon (2004) v svoji študiji zatrepnih dolin v Juri ugotavlja, da zatrepne doline nastajajo v smeri večjih prelomnih struktur. Spremembe v izoblikovanosti pobočij v proučevanih primerih v Juri naj bi se pojavljale predvsem zaradi litoloških sprememb, saj so apnenci odloženi nad plastmi laporjev. Tako so pobočja v apnencih po večini stenovita oz. zelo strma, v laporjih pa položnejša. Poseben poudarek pri razvoju zatrepnih dolin daje tudi zadenski eroziji, ki se kaže v slapovih in se z zarezovanjem prilagaja erozijski bazi. Zatrepne doline, ki jih je proučeval v Francoski Juri naj bi po njegovem nastale s postopnim zakrasevanjem površja in prestavitvijo vodotokov v kraško podzemlje.

Med tipične zatrepne doline, ki jih postavlja v ospredje tuja literatura (Frachon, 2004; Gunn, 2004; Salomon, 2006; Ford in Williams, 2007; Hugget, 2007), se uvrščajo doline Malham Cove, Punch Bowl in Marble Arch v Angliji; Fontaine-de-Vaucluse, Baume-les-Messieurs, Lison, Sorpt, Saint-Guilhem-le-Désert, Autoire, Amancey, Cuisance, Glantine, Seille in Vallière v Franciji ter Honau in Urach v Nemčiji.

V slovenski literaturi (Šušteršič, 1977; Kranjc, 2001; Gams, 2004) se med tipične zatrepne doline uvrščajo: Močilnik in Retovje na izviru Ljubljanice, Planinski zatrep in zatrepna dolina Malni na Planinskem polju, zatrepna dolina Luknja na izviru Prečne, zatrepne doline na izviru Krke, Krupe in Kolpe, zatrepna dolina Kroparice, zatrepna dolina Divje jezero pri Idriji in zatrepna dolina Hubelj.

Skica 2: Zatrepna dolina Malham Cove v Angliji.



Vir: Hugget, 2007

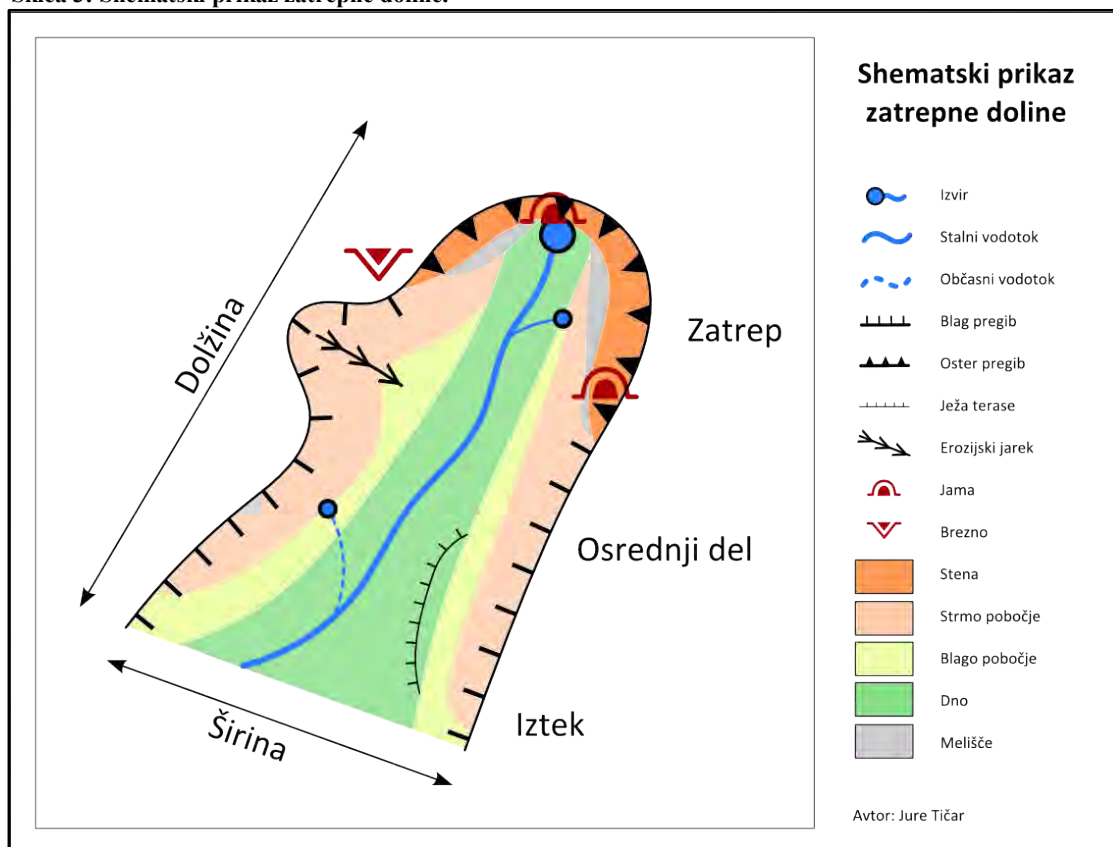
2.2. OBLIKOVANOST ZATREPNIH DOLIN

Pri opisovanju zatrepnih dolin so bili uporabljeni različni geomorfološki termini, izhajajoči iz znanstvene literature. Za opredeljevanje morfografskih in morfometričnih značilnosti ter morfogeneze pa je bilo treba določiti nove členitve posameznih delov zatrepnih dolin. Osnovne morfološke značilnosti zatrepnih dolin so opisane morfološko in procesno. Zaradi preglednosti pri nadaljnjem prebiranju diplomskega dela so predstavljeni tile uporabljeni termini:

- **Zatrep** je glede na hidrološko aktivnost začetni del zatrepne doline. V dnu zatropa se pogosto pojavlja izvir, nad katerim so večinoma oblikovane stene. Kadar so izviri manj izdatni, občasni ali pa v zatropu ne iztekajo več, ostenja prehajajo v aktivna pobočja in melišča, sten pa je sčasoma vse manj. Ponekod se v zatrepnih odpirajo vhodi v jame.
- **Osrednji del** zatrepne doline je območje med zatropom in iztekom zatrepne doline. V dnu teče vodotok, ki teče v koritu in se zarezuje v matično podlago ali naplavine. Zaradi litoloških sprememb lahko vodotok teče tudi v slapovih. V osrednjem delu zatrepne doline je obod oblikovan v podobnih nadmorskih višinah kot v zatropu, kar pa je odvisno tudi od oblikovanosti kraškega površja v katero se zatrepna dolina zarezuje. Nad dnom osrednjega dela se dvigujejo pobočja, ki so v vršnih delih po večini stenasta ali aktivna, v spodnjih delih pa po navadi uravnatežena. V posameznih zatrepnih dolinah so v tem delu oblikovani tudi podori in erozijski jarki.
- **Iztek** zatrepne doline je končni del zatrepne doline. V hidrološko aktivnih zatrepnih dolinah je strmec vodotoka v tem delu praviloma najmanjši, dno zatrepne doline pa se po navadi zaradi odlaganja naplavnih sedimentov razširi. Zatrepna dolina v tem delu prehaja v nivo kraškega polja ali doline. Pobočja so tu praviloma položnejša, stene pa se v tem delu po večini ne oblikujejo. Obod zatrepne doline se tu znižuje do nivoja izteka erozijske baze.
- **Obod** zatrepne doline predstavlja pregib med pobočji (ter stenami) v zatrepni dolini in okoliškem kraškem površjem. Kjer v kraško površje prehajajo stene, je pregib oster, kjer pa v kraško površje prehajajo blaga pobočja, je neizrazit. Obod zatrepne doline je po navadi najvišji na območju zatropa, najnižji pa na območju izteka. Obod omejuje območje zatrepne doline.
- **Dno** zatrepne doline je praviloma uravnan predel zatrepne doline, po katerem teče vodotok. Kjer je strmec vodotoka velik, so širša dna oblikovana zgolj ob izteku zatrepne doline, kjer pa je strmec majhen, so lahko širša dna oblikovana že v zatropu. Zaradi prodonosnosti kraških rek, premeščanja pobočnega materiala znotraj zatrepne doline ali naraščanja nivoja erozijske baze se lahko oblikujejo širša dna, ki segajo čisto do zatropa. Kjer je vrezovanje zatrepne doline še vedno prevladujoč proces, so dna praviloma ožja in včasih obsegajo zgolj širino struge. V zatrepni dolini so lahko oblikovane tudi terase.
- **Dolžina** zatrepne doline je poligonska dolžina med obodom (glavnega) zatropa in končno točko izteka zatrepne doline. Poligonska dolžina povezuje središče premic, ki potekajo pravokotno na obod zatrepne doline. Kjer so zatrepne doline sestavljene iz več zatrepov, je k celotni dolžini prištet še poligon posameznega zatropa, ki se stika z glavnim poligonom.

- **Širina** zatrepne doline je razdalja med nasproti ležečima obodoma zatrepne doline. Širine zatrepnih dolin niso podane v povprečnih vrednostih za posamezni odsek, temveč so izračunane za posamezne reprezentativne točke. Pri obravnavi zatrepnih dolin so bile izmerjene tudi širine dnov, ki so opredeljene podobno kot širina zatrepne doline, le da premica povezuje robni točki uravnane dna.

Skica 3: Shematski prikaz zatrepne doline.



Avtor: Jure Tičar, 2012

- **Stena** oziroma **stenasto pobočje** ali **ostenje** so vse oblike z razgaljeno matično podlago. Stene so se v zatrepnih dolinah najpogosteje izoblikovale nad izvirov v zatrepu.
- **Melišče** se najpogosteje izoblikuje pod stenami ali deli zatrepne doline, kjer je močnejše preperevanje matične podlage. Sestavljajo ga kamninski bloki različnih velikosti. Naklon melišč v zatrepnih dolinah je najpogosteje med 35° in 40°.
- **Aktivno pobočje** v zatrepnih dolinah je vsako pobočje z vidnimi sledovi mehanskega pobočnega premeščanja mase. Sem se uvrščajo pobočja z mnogimi procesi, ki so razvidni posredno; nagnjena drevesa, nestabilni kamninski bloki v plitvi prsti itd. Nakloni aktivnih pobočij so po navadi večji od 20°, najpogosteje nad 30°. To je odvisno od mehanskih lastnosti matične podlage (Stepišnik, 2006). Če se je takšen tip pobočja izoblikoval v nekarbonatnih kamninah, je zanj uporabljena oznaka strmo pobočje.
- **Uravnoteženo pobočje** je vsako pobočje, na katerem procesi mehanskega pobočnega premeščanja mase ne delujejo oziroma se pojavljajo v zanemarljivo majhnem obsegu. Na teh pobočjih ni sledov pobočnih procesov. Ponekod se na površju pojavljajo zaobljeni kosi kamnine, ki so že dlje časa na istem mestu pod vplivom korozije

padavinske vode. Na teh pobočjih se pogosto izoblikujejo škraplje. Nakloni uravnoveženih pobočij so po navadi do 25°, ponekod do 30°. Odvisni so od mehanskih lastnosti kamnine in od intenzivnosti preperevanja. Intenzivnejše preperevanje kamnine povzroča delovanje mehanskih pobočnih procesov pri malo večjih naklonih. Na uravnoveženih pobočjih je vzpostavljeno ravnotežje med mehanskim in kemičnim preperevanjem, tako da material ne odteka po pobočju mehansko, ampak v obliki raztopine (Stepišnik, 2006). Če se je takšen tip pobočja izoblikoval v nekarbonatnih kamninah, je zanj uporabljen izraz blago pobočje.

- **Erozijski jarek** nastane tam, kjer voda v zatrepno dolino priteka površinsko. Po navadi so takšni jarki v osrednjem delu zatrepnih dolin in vezani na prelomne strukture v kamnini. Pod erozijskimi jarki se ponekod pojavljajo vršaji, zaradi fluvialnega odnašanja materiala vodotokov v zatrepnih dolinah pa so bili ti drugod odstranjeni.
- **Izvir** se praviloma pojavlja v dnu zatrepa. Tam, kjer so izviri izdatnejši, se nad njimi oblikujejo ostenja. Če so izviri nastali v epifreatični coni, se za njimi ali nad njimi pogosto odpirajo vhodi v vodoravne jamske objekte. Izviri, nastali v freatični coni, so poimenovani vokliški izviri, v njih pa so razviti zgolj potopljeni jamski rovi. Predvsem v osrednjem delu zatrepne doline se pogosto pojavljajo tudi manjši izviri. Razvoj zatrepnih dolin je odvisen po večini od hidroloških značilnosti izvirov in vodotokov.
- **Jama** je pogosta morfološka oblika v zatrepnih dolinah. Pri jamah, nastalih v epifreatični coni, prevladujejo vodoravni jamski rovi. Na kraških območjih v zaledju zatrepne doline so se po večini izoblikovala brezna, v katerih lahko ponekod opazimo nihanje piezometra podtalnice. V vodoravnih jamah se pogosto odlagajo in ohranjajo alohtoni in alogeni sedimenti, ki so poleg oblikovanosti rovov ključnega pomena za razlago razvoja zatrepnih dolin.
- **Terasa** je pogosta morfološka oblika v zatrepnih dolinah, v katerih so vodotoki prenašali večje količine sedimentov in se zaradi znižanja erozijske baze nato zarezali vanje. Teraso so pogosto sestavljene iz ilovnatnega sedimenta ter proda in grušča, kjer pa so bile zatrepne doline pod vplivom poledenitve, so terase pogosto sestavljene tudi iz ledeniškega in rečno-ledeniškega materiala. Teraso so v zatrepnih dolinah pomemben indikator sprememb erozijske baze, iz sedimentov pa je mogoče posredno razbrati pretekle razvojne faze.
- **Vrtača** je pogosta morfološka oblika na kraških območjih v zaledju zatrepne doline. Ponekod so zaradi zadenjske erozije te vrtače v obodu odprte v smeri zatrepne doline.
- **Udornica** je pogosta morfološka oblika v zaledju zatrepne doline. Ponekod so zaradi zadenjske erozije te udornice oblikovane neposredno za zatrepi in se najverjetneje tudi združujejo z zatrepno dolino. Udornice nastajajo zaradi udara jamskega stropa ali na območju močnih podzemnih vodnih tokov, ki spodjedajo matično kamnino. Ker je nastanek udornic močno povezan tudi s prelomnimi strukturami, so hidrološko in litološko povezane z zatrepnimi dolinami. Zaradi nastanka udornic se po navadi spremenijo jamski rovi v zaledju zatrepnih dolin. Večje količine grušča, ki prihaja iz udornic, lahko zamašijo posamezne rove in pridušijo pretoke v izviri v zatrepni dolini. Udornice so obenem vir grušča, ki ga vodotok odloži v zatrepni dolini.

2.3. POIMENOVANJE ZATREPNIH DOLIN

Prve omembe zatrepnih dolin v slovenski literaturi lahko zasledimo v članku Antona Melika (1928). V njem med drugim opisuje tudi primere *zagatnih dolin*, ki se zgoraj zaključujejo s strmim in zelo visokim dolinskim sklepom, pod katerim izvira kraška voda. V tuji literaturi so prve omembe v Fournetovem članku iz leta 1852 (cv: Frachon, 2004), ki pojasnjuje razvoj »udornih dolin«.

Etimološka razlaga izraza zatrep za zdaj še ni bila podrobneje raziskana. Slovar slovenskega knjižnega jezika pod geslom zatrep razkriva dvojni pomen besede. Prvi se navezuje na gradbeniški izraz in pomeni »lesen trikoten vrh stene pod streho na ožji strani stavbe«, drugi pa se navezuje na geografski izraz in pomeni »zgornji, klinasto zaključen del gorske verige« (SSKJ, 1998, str. 1636). Izvor izraza zatrep bi bilo morda potrebno iskati tudi v besedi »trebiti«, ki se pogosto navezuje na čiščenje oz. krčenje gozda ali kamenja (Slovenski etimološki slovar, 1997).

Izraz zatrep, uporabljen v diplomskem delu, se navezuje na strm, pogosto stenast začetek zatrepne nad sedanjim ali nekdanjim izvirom v zatrepni dolini, lahko pa označuje tudi samostojno površinsko obliko, npr. zatrep Hublja. Podobno uporabo izraza lahko zasledimo tudi v sorodni geomorfološki literaturi (Mihevc, 1991), in sicer »ponorni zatrep«, vendar se ta navezuje na strme stene ob sedanjih ali nekdanjih ponorih vodotokov v slepih dolinah.

V slovenski literaturi je za omenjene površinske reliefne oblike izvirnega kontaktnega krasa najpogosteje uporabljena oznaka *zatrepna dolina*. Izraz se pogosto napačno zamenjuje z izrazom *zatrep*, ki označuje zgolj začetek zatrepne doline oz. samostojno površinsko obliko. Ker je v posameznih primerih že prišlo do širše uporabe izraza zatrep v znanstveni literaturi (npr. Planinski zatrep), so se ti izrazi v diplomskem delu ohranili. Izrazu *velezatrep*, ki ga je v svoji raziskavi uporabil Šušteršič (1977), se je bilo treba v diplomskem delu izogniti, saj prejudicira poimenovanje na podlagi velikosti zatrepnih dolin, namesto na podlagi značilnih procesov, ki potekajo v njih.

V angleški literaturi je najpogosteje uporabljen izraz za zatrepno dolino *pocket valley*, v ameriški literaturi pa je pogostejša uporaba izraza *steephead* oz. *steephead valley* (Ford, Williams, 2004), redkeje pa *spring allove* (Gams, Kunaver, Radinja, 1973). V francoski literaturi je splošno uveljavljen izraz za zatrepno dolino *reculée*, pojavljajo pa se še različice, kot so *cul-de-sac*, *bout de monde*, *fin du monde*, *couronnes*, *corniches* (Salomon, 2006), *vallée en cul-de-sac* in *cirque* (Frachon, 2004). V Slovenski kraški terminologiji (Gams, Kunaver, Radinja, 1973) je zaveden še izraz *recuile*, vendar je prišlo v tem primeru najverjetneje do napačnega zapisa, saj izraza v francoski literaturi ni bilo mogoče zaslediti ali pa je arhaičen. Delo omenja še izraze, ki se uporabljajo v nemški literaturi, in sicer *Karstsacktall* in *Sacktall*.

3. OBMOČJA RAZISKAV V SLOVENIJI

V Sloveniji so bila raziskana tri različna kraška območja, na katerih so se razvile zatrepne doline. V začetku je bilo proučeno območje izvirov Ljubljaniice, kjer sta se izoblikovali zatrepni dolini Retovje in Močilnik. Sledile so raziskave obrobja Planinskega polja, na katerem sta zatrepna dolina Malni in Planinski zatrep. Raziskave v Sloveniji zaključujejo zatrepne doline v porečju reke Krke, kjer so bile raziskane zatrepne doline Globočec, Luknja in Studena. Skupaj je bilo tako v Sloveniji proučenih sedem zatrepnih dolin.

Karta 1: Območja raziskav zatrepnih dolin v Sloveniji.



Avtor: Jure Tičar, 2012

3.1. OBMOČJE IZVIROV LJUBLJANICE

Značilnosti območja

Območje izvirov Ljubljaniice se razteza v zaledju Ljubljanskega barja. Jugozahodni rob Ljubljanskega barja je izoblikovan v nadmorski višini 290-295 m, medtem ko se kraško zaledje razteza v nadmorski višini 400-650 m. Najvišji vrh v zaledju izvirov Ljubljaniice je z 819 m Ljubljanski vrh. Obravnavano območje je zakraselo.

Osnovno geološko strukturo obravnavanega območja predstavlja Vrhniško-cerkniška gruda, ki ji pripada Logaška planota (Ramovš, 1996). Zaledje obravnavanih zatrepnih dolin sestavljajo plasti zgornjejurskega apnenca in dolomita, katerih skupna debelina je med 500 in 750 m. Proti jugu so na njih odložene plasti srednejurskega sivega in oolitnega apnenca ter dolomita, ki nadalje prehaja v spodnjekredni temnosiv apnenec in zrnat dolomit. Na območju Ljubljanskega barja se pojavljajo barjanske usedline, med katerimi so najznačilnejše

pleistocenske plasti gline, ki se v globinah menjavajo s plastmi peska, melja in proda (Pleničar et al., 1963).

Geomorfološki razvoj območja

Ljubljansko barje se je razvilo na tektonsko aktivnem območju. Tektonika se je na tem območju odvijala z različno intenziteto od terciarja do zdaj. Obenem so bili na tem območju močni tudi procesi narivanja, ki so ustvarili značilno dinarsko narivno zgradbo. Zaradi stika alpskih in dinarskih narivov ter križnih prelomov je prišlo na območju barja do močnega tektonskega ugrezanja. Zaradi nanosov fluvio-glacialnih sedimentov reke Save in tektonskega grezanja je bilo Ljubljansko barje večkrat ojezerjeno. Na južnem robu in drugod so manjši potoki in reke nasuli prodne vršaje. Značilen vršaj je ob stiku z Ljubljanskim barjem izoblikoval tudi vodotok Bela. Würmski fluvio-periglacialni vršaj Bele sega tudi na območje izvirov Ljubljanice (Šifrer, 1983).

Hidrološke značilnosti

Zaledje kraškega vodonosnika Ljubljanice je veliko okrog 1.100 km². Izviri Ljubljanice so razporejeni med Vrhniko in Bistro, napajajo pa jih vode s Cerkniškega polja, Planinskega polja, Logaškega polja in območja rovtarskih ponikalnic. Na stiku z Ljubljanskim barjem izvira 12 večjih kraških izvirov, v času obilnih padavin pa jih je aktivnih še več (Habič, 1996). Najobilnejši izviri so vokliški izviri, med katere se uvrščajo tudi nekateri izviri Ljubljanice, in sicer izvir Pod Skalo, Malo Okence in Veliko Okence (Stepišnik, 2007). Pretok reke Ljubljanice v Vrhniku znaša po podatkih iz vodomerne postaje Vrhnika 2 v povprečju okrog 24,8 m³/s (Kolbezen, Pristov, 1998), ob obilnih padavinah pa lahko naraste do približno 113 m³/s. Pretoki v času nizkih vodostajev lahko dosežejo vrednosti le okoli 0,95 m³/s (Hidrološki letopis Slovenije, 2009). Nivo piezometra se pojavlja na nadmorski višini 297-304 m (Stepišnik, 2006).

Speleološke značilnosti

Pomembnejše jame v zaledju izvirov Ljubljanice se pojavljajo predvsem v ponornem delu Unice na Planinskem polju. Mednje je mogoče uvrstiti Najdeno jamo (5110 m), Logarčka (4334 m), Mačkovico (807 m), jamo Tau Tona (700 m) in Vranjo jamo (510 m). Na Logaškem ravniku se odpira vhod v Gradišnico (1170 m), v ponoru Jačke pri Logatcu pa se odpira vhod v 3375 m dolgo Gašpinovo jamo. V zatrepni dolini Retovje se odpirata še vhoda v izvira Malo Okence (360 m) in Veliko Okence (267 m) (Kataster jam JZS, 2012).

3.1.1. ZATREPNA DOLINA RETOVJE

Lokacija

Zatrepna dolina Retovje se je izoblikovala na skrajnem severnem robu Menišije, ki na tem območju prehaja v jugozahodni rob Ljubljanskega barja. Njen začetni del se je razvil v smeri S (350°), iztek in osrednji del zatrepne doline v smeri SV (40°).

Geološke značilnosti

Zatrepna dolina Retovje je nastala v zgornjejurskem drobnoolitnem apnencu in dolomitu, ki se razprostira v širšem pasu med Vrhniko in Bezuljakom. Njihova debelina je med 500 m in 750 m. Na območju zatrepne doline prevladujejo prelomi v SZ–JV smeri (Pleničar et al., 1963).

Hidrološke značilnosti

V zatrepni dolini Retovje izvira Velika Ljubljanica. V glavnem zatrepu se je izoblikoval vokliški izvir Veliko Okence. V smeri vodnega toka se glavnemu izviru pridruži

vokliški izvir Malo Okence. Oba izvira prevajata v času obilnih padavin največ vode, v času nizkega vodostaja pa se povsem presušita. V smeri vodnega toka od omenjenih izvirov se toku Velike Ljubljanice pridružita še izvira na desnem bregu, in sicer Izvir pod skalo in Izvir pod orehom, ki sta aktivna ves čas. Povprečni pretok Velike Ljubljanice znaša $16,03 \text{ m}^3/\text{s}$, pretok v času obilnih padavin naraste do $65,8 \text{ m}^3/\text{s}$, v času nizkih vodostajev pa pretok upade do $1,48 \text{ m}^3/\text{s}$ (Underground water tracing..., 1976).

Fotografija 2: Zatrep Veliko Okence.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Speleološke značilnosti

Na območju zatrepne doline so 4 jamski objekti, ki so bili razkriti s potapljanjem v njenih kraških izviroh. Vse raziskane jame v zatrepni dolini Retovje so izvorne freatične jame. Najdaljša jama je Malo Okence, raziskana v dolžini 360 m, razvita pa v smeri S–SZ (327°). Jama poteka mimo severnega dela udornice Babni dol, nadaljevanje vodnih tokov pa je nato usmerjeno proti jugu ob zahodnem robu udornice Babni dol. V glavnem zatrepu se odpira vhod v jamo Veliko Okence, ki je dolga 267 m, njeni rovi pa potekajo v smeri J (192°). Ob izteku zatrepne doline se odpira še vhod v jamo Desna špranja pod skalo (18 m) in jamo Izvir pod orehom (90 m) (Kataster jam JZS, 2012).

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepne doline med vrhom glavnega zatrepa in iztekom znaša 490 m, skupaj s tremi stranskimi zatrepi pa 770 m. Širina zatrepne doline variira med 60 m pri mostu zahodno od zatrepa Pod skalo in 200 m ob izteku zatrepne doline. Dno zatrepne doline je z 90 m najširše ob zatrepu Malo Okence, z 20 m pa najožje za zatrepom Veliko Okence. Izvir Velike Ljubljanice v Velikem Okencu se pojavlja v nadmorski višini 298 m, nad njim pa je 15 m visoka stena. Obod zatrepne doline je oblikovan v nadmorskih višinah med 310 in 320 m. Iztek zatrepne doline je v nadmorski višini 289 m.

Glavni zatrep Veliko Okence se je izoblikoval na južni strani zatrepne doline Retovje. Sestavlja ga 15 m visoka stena, ki na obeh straneh prehaja v aktivno pobočje. Zatrep proti jugovzhodu prehaja v udornici Nagodetov dol in Meletova dolina. Obod zatrepa se je izoblikoval v nadmorski višini 315 m, izvir pa se pojavlja v nadmorski višini 298 m.

Zatrej Malo Okence se je izoblikoval približno 200 m severno od glavnega zatrepa, na zahodnem pobočju zatrepane doline. Sestavlja ga 10–15 m visoka stena, ki na obeh straneh prehaja v aktivno pobočje. Za zatrepom je udornica Susmanov dol. Obod zatrepa se je izoblikoval v nadmorski višini 305 m, izvir pa se pojavlja v nadmorski višini 295 m.

Fotografija 3: Zatrej Malo Okence.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Zatrej Pod skalo je nad Izvirom pod skalo na vzhodnem pobočju zatrepane doline. Sestavlja ga 20 m visoko ostenje. Obod zatrepa se je izoblikoval v nadmorski višini 315 m, izvir pa se pojavlja v nadmorski višini 294 m.

V vršnih delih pobočij zatrepane doline Retovje so se izoblikovala ostenja, ki so izrazitejša v hidrološko aktivnejših zatrepih. Drugod so ostenja mestoma prekinjena z blagimi pregibi, ki prehajajo v aktivna pobočja. Ob strugi Velike Ljubljanice je ožji pas uravnateženih pobočij, ki prehaja v dno zatrepane doline.

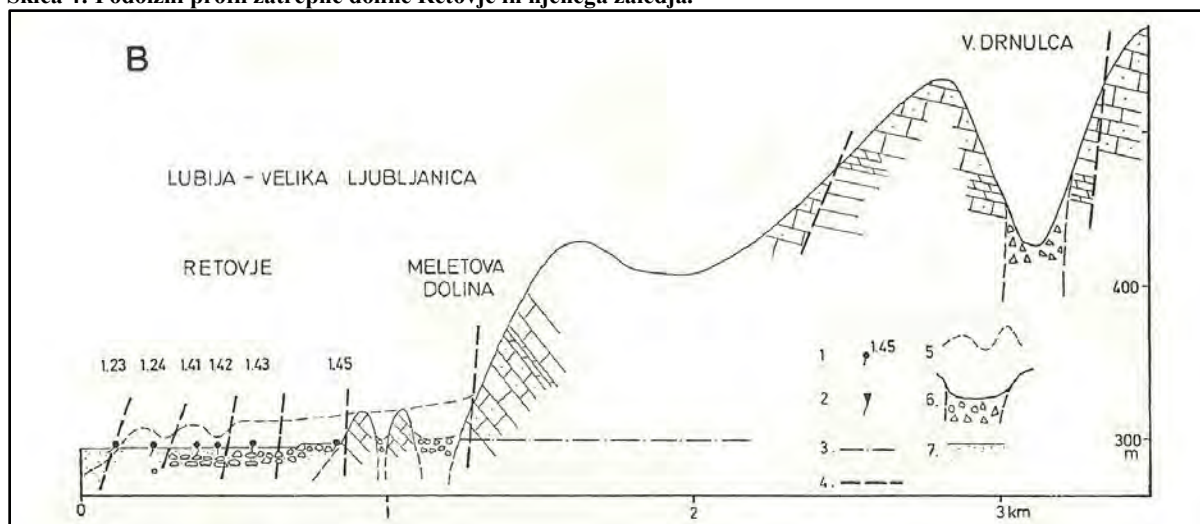
Dno zatrepane doline je sestavljeno iz grušča, ki prekriva matično podlago. Mestoma so se 1 m nad dnom zatrepane doline izoblikovale tudi terase, npr. na južnem robu zatrepa Malo Okence. V smeri vodnega toka je Velika Ljubljanica od mostu zarezala do 2 m globoko strugo. V nasprotni smeri vodnega toka je dno od mostu precej bolj uravnano.

Morfogenetske značilnosti

V izteku zatrepane doline se je jugovzhodno od Izvira pod orehom izoblikovala z boka odprta udornica Matjaževka. Dno se je izoblikovalo v nadmorski višini 296 m in je antropogeno preoblikovano. Zaradi bližine Izvira pod orehom lahko sklepamo, da je sedanji zatrej z boka odprta udornica, ki je bila pozneje zasuta s sedimenti. Zatrej Pod skalo je nastal ob prelomni ploskvi, kakršno lahko zasledimo tudi v zatrepu Veliko Okence. Izvira sta med seboj hidrološko povezana, pri čemer izvir Veliko Okence prevaja vodo le ob najvišjih vodostajih (Habič, 1996). Na oblikovanost dna zatrepane doline je vplival tudi človek, saj je pod mostom čez Veliko Ljubljanico zgrajen betonski zadrževalnik, za katerim je dno proti toku reke bolj uravnano, v smeri vodnega toka pa je struga vodotoka vrezana približno 2 m globoko. Nasproti Malega Okenca je manjši zatrej, ki je najverjetneje hidrološko povezan z izviro Veliko Okence in Izvirom pod skalo, saj je izoblikovan ob liniji prelomne ploskve.

Zatrep nima izoblikovanega ostenja, zaradi česar lahko sklepamo, da je izvir razmeroma majhen. V zatrepu so razvita aktivna pobočja, struga pa je vrezana 1 m v naplavino. Na jugozahodnem delu zatrepa je tudi manjša vrtača, odprta proti zatrepni dolini in zapolnjena s sedimenti. Verjetno je bil manjši zatrep aktiven šele v zadnjem času, saj je zadenjska erozija odstranila pobočja vrtače, v kateri se je nekoč odložila poplavna ilovica. Ta ilovica je odložena v podobni nadmorski višini (296 m), kot je izoblikovana terasa v južnem delu Malega Okenca.

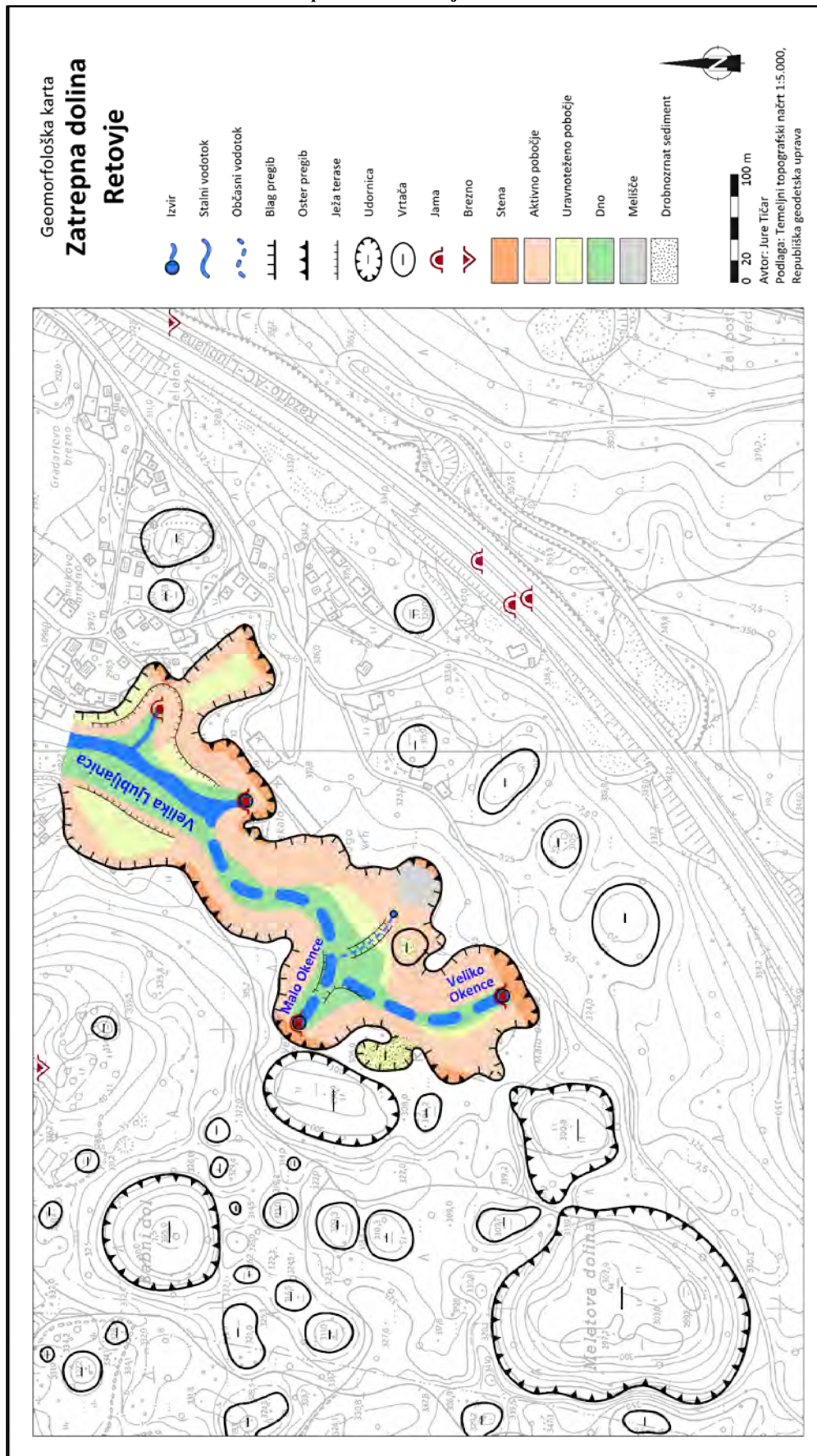
Skica 4: Podolžni profil zatrepne doline Retovje in njenega zaledja.



Vir: Underground water tracing..., 1976

Na oblikovanje uravnjav v tej nadmorski višini je morda vplival tudi fluvioperiglacialni vršaj vodotoka Bele (Šifrer, 1983), ki je nasul debelo naplavino pred izviri Ljubljani v času würma in s tem morda zvišal lokalno erozijsko bazo. Zatrep Malo Okence in udornico Susmanov dol loči manjši ozek 15 m visok pregib. S postopnim umikanjem zatrepa Malo Okence bo v prihodnosti prišlo do združitve z udornico in posledično tudi odstranitve ilovnate zapolnitve v udornici. Ilovnate zapolnitve v udornici so posledica odlaganja sedimenta ob dvigu piezometričnega nivoja nad freatičnimi jamskimi rovi, sedimenti pa so v tej udornici debeli tudi do 28 m (Stepišnik, 2006). Obravnavani primer dokazuje, da lahko na izoblikovanost zatrepnih dolin vpliva tudi združevanje z udornicami oz. vrtačami. Ostenje zatrepa Veliko Okence se je izoblikovalo ob prelomni ploskvi. V zatrepu je jarek, ki vodi do udornice Nagodetov dol, v jarku pa so bili odkriti manjši prodniki iz karnijskega oolitnega boksita. Najverjetneje so to ostanki brezstropne jame oz. suhe zatrepne doline (Stepišnik, 2006). Udornici Meletova dolina in Nagodetov dol sta oblikovani v glavni smeri zatrepne doline Retovje, zaradi česar lahko sklepamo, da so reliefne oblike nastale ob isti prelomni strukturi. Udornice so v preteklosti s podornim materialom očitno zapolnile spodaj ležeče freatične rove, zaradi česar je bila rast zatrepne doline Retovje ob glavni prelomni strukturi onemogočena. Obenem so se razvili obtočni freatični kanali vzhodno ob obravnavanih udornic, ki zdaj napajajo izvir Veliko Okence. Zaradi aktivacije obtočnih kanalov se je razvoj zatrepne doline Retovje in zatrepa Veliko Okence preusmeril proti jugovzhodu. Iz tega lahko sklepamo, da udornice v zaledju zatrepnih dolin močno vplivajo na hidrološke razmere v zaledju in v zatrepni dolini ter s tem tudi na njen razvoj.

Karta 2: Geomorfološka karta zatrepne doline Retovje.



Avtor: Jure Tičar, 2012

3.1.2. ZATREPNA DOLINA MOČILNIK

Lokacija

Zatrejna dolina Močilnik se je izoblikovala na skrajnem severnem robu Menišije, ki na tem območju prehaja v jugozahodni rob Ljubljanskega barja. V izteku zatrepne doline stoji južni obronek mesta Vrhnika. Začetni del zatrepne doline je razvit v smeri S–SV (25°), iztek zatrepne doline v smeri S–SZ (340°).

Geološke značilnosti

Zatrejna dolina Močilnik je nastala v zgornjejurskem drobnoolitnem apnencu. Njegova debelina je med 500 m in 750 m. Na območju zatrepne doline prevladujejo prelomi v SZ–JV-smeri (Pleničar et al., 1963).

Hidrološke značilnosti

V zatrepni dolini Močilnik izvira Mala Ljubljanica. V dolini so se izoblikovali štirje izviri. Največji med njimi je Veliki Močilnik, ki se odpira v začetku zatrepne doline na južnem robu. Približno 100 m v smeri vodnega toka se v Malo Ljubljanico steka manjši pritok. Ob gostišču Močilnik se pojavlja Izvir pri Sv. Antonu. Večji pritok Male Ljubljanice se odpira še v izviru Malega Močilnika na zahodnem pobočju ob izteku zatrepne doline. Povprečni pretok Male Ljubljanice znaša 7,75 m³/s, pretok v času obilnih padavin naraste do 25,8 m³/s, v času nizkih vodostajev pa pretok upade do 0,29 m³/s (Underground water tracing..., 1976).

Fotografija 4: Izviri in zatrep Velikega Močilnika.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Speleološke značilnosti

V zatrepni dolini Močilnik je registriran samo en jamski objekt, in sicer jama Mali Močilnik v bližini istoimenskega izvira. Jama je dolga 15 m in najverjetneje predstavlja nekdanji izvir Malega Močilnika. V jami najdemo sedimente manjše frakcije (Kataster jam JZS, 2012)

Morfografske in morfometrične značilnosti

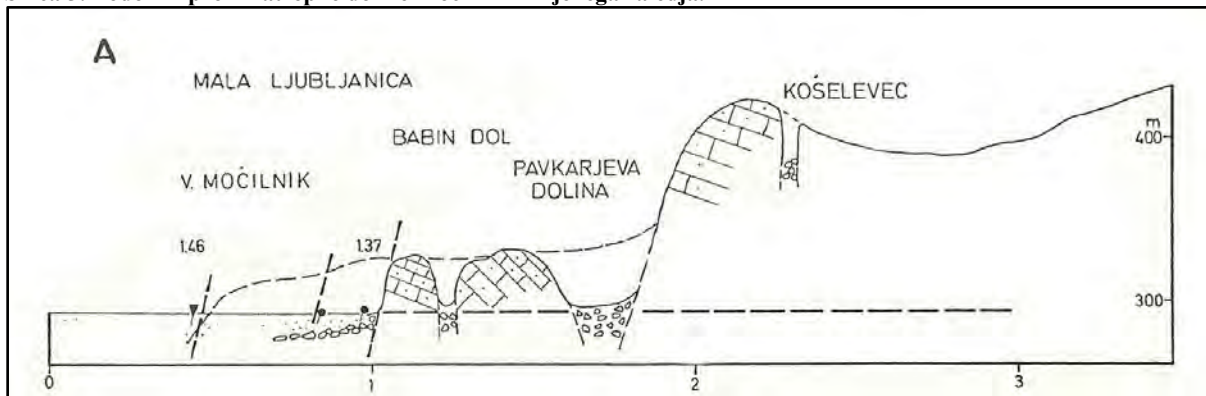
Dolžina zatrepne doline med vrhom zatrepa in iztekom znaša 540 m, njena širina pa variira med 70 m v zatrepu in 450 m v izteku. Dno zatrepne doline je s 390 m najširše ob izteku, s 30 m pa najožje v zatrepu. Izvir Velikega Močilnika se pojavlja na nadmorski višini 295 m, nad njim pa je 40 m visok stenast zatrep. Obod zatrepne doline se je izoblikoval v nadmorskih višinah med 300 in 335 m. Iztek zatrepne doline je v nadmorski višini 290 m.

Glavni zatrep Veliki Močilnik je na južni strani zatrepne doline Močilnik. Sestavlja ga 40 m visoko ostenje, ki je ponekod razčlenjeno s skalnimi zajedami. Pod ostenjem so obsežna melišča in aktivna pobočja. Približno 100 m proti jugu za glavnim zatrepom se je izoblikovala udornica Babni dol. Obod zatrepa je v nadmorski višini 335 m, izvir pa se pojavlja v nadmorski višini 295 m.

Ostenje v vzhodnem pobočju se je izoblikovalo do prvega pritoka, nato pa prehaja v aktivna pobočja. Ob izteku zatrepne doline se pobočja precej nižajo in uravnovežijo. Zahodna pobočja imajo ostenje razvito do drugega pritoka, nato pa preidejo v aktivna pobočja. Ostenje v zahodnem pobočju je ponovno razvito nad izvirom Mali Močilnik, ostenje severozahodno od tega izvira je antropogeno. V zahodnem pobočju se aktivna pobočja raztezajo do dna zatrepne doline.

Dno zatrepne doline je prekrito z gruščem in naplavinami, vanj pa se postopoma vrezujejo vode Male Ljubljanice in njenih pritokov. Vzhodno od mostu se je v nadmorski višini okrog 295 m izoblikovala 120 m dolga in 30 m široka terasa. Na nasprotni strani je nastala obsežna naplavna ravnica, ki je dolga približno 250 m in široka 180 m ter sega do pritoka Malega Močilnika.

Skica 5: Podolžni profil zatrepne doline Močilnik in njenega zaledja.



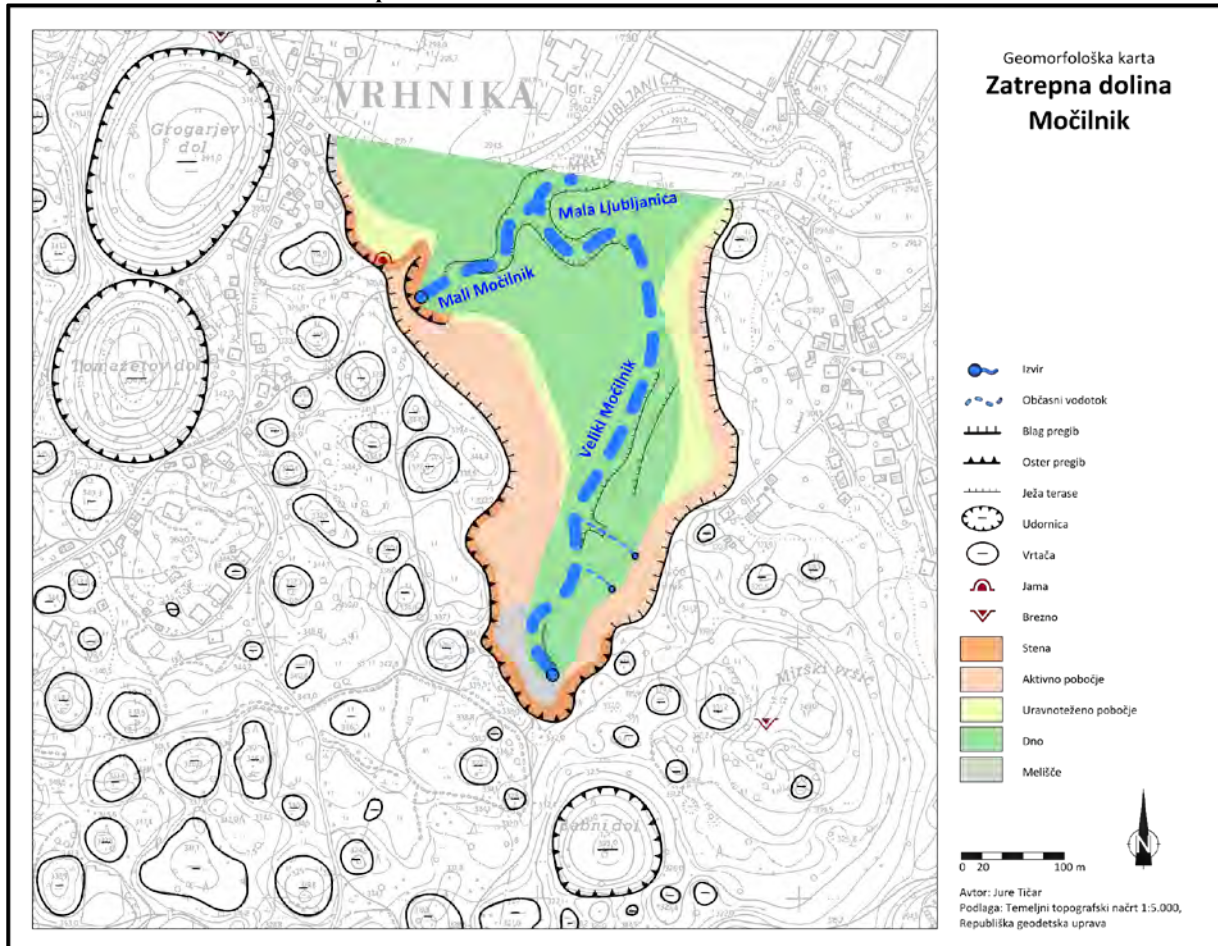
Vir: Underground water tracing..., 1976

Morfogenetske značilnosti

Zatrepna dolina Močilnik je nastala z zadenjsko erozijo ob glavnem prelomu. Pobočja so namreč ob izteku zatrepne doline precej nižja in bolj uravnovežena od tistih v glavnem zatrepu. Obenem je dno ob izteku zatrepne doline precej širše kot v samem zatrepu. Manjše ostenje se je izoblikovalo nad izvirom Mali Močilnik. Tam je zadenjska erozija precej manj intenzivna kot v glavnem zatrepu. Po tem lahko sklepamo, da je stopnja zadenjske erozije močno povezana tudi z pretočnimi vrednostmi izvira in njegovim odnašanjem kamninske mase. Nastanek terase, ki se je izoblikovala v nadmorski višini 295 m severovzhodno od mostu, je mogoče povezati z izoblikovanjem fluviooperiglacialnega vršaja reke Beke v würmu, ki je zvišal lokalno erozijsko bazo (Šifrer, 1983). V ostenju glavnega zatrepa je v steni manjši rov, v katerem pa ne moremo napredovati do vodnih rogov. Po tem lahko sklepamo, da izviri Velikega Močilnika pritekajo iz globokih freatičnih zank v zaledju zatrepne doline. O

oblikovanosti hidrološkega zaledja zatrepne doline Močilnik lahko sklepamo tudi s primerjavo z izviri v Retovju. V zaledju zatrepne doline pa se vode pretakajo tudi v smeri Malega Okenca, saj se rovi tega jamskega sistema končajo le 80 m vzhodno od zatrepja v dolini Močilnik. Vodni tok v tem jamskem sistemu priteka zahodno od udornice Babni dol. Ker večji pretoki v izviri Velikega Močilnika trajajo veliko dlje kot v izviri Malo Okence, lahko sklepamo, da vanju pritekajo vode iz različnih smeri.

Karta 3: Geomorfološka karta zatrepne doline Močilnik.



Avtor: Jure Tičar, 2012

3.2. OBMOČJE PLANINSKEGA POLJA

Značilnosti območja

Planinsko polje je pretočno kraško polje, ki se je izoblikovalo na severozahodnem delu Notranjskega podolja. Polje je nastalo v dinarski smeri (SZ–JV) in po površini meri več kot 10 km². Poglobljenemu svetu v okolici Planinskega polja pripadajo še unški dolomitni fluviokras na jugovzhodu, logaški ravniki na severovzhodu in Hotenjsko podolje na severozahodu, ki je pri Grčarevcu močno zoženo. Dno polja je uravnano na nadmorskih višinah med 444 m in 447 m, obdaja pa ga izrazit sklenjen strm obod, ki je najnižji na odtočni ponorni strani pri Grčarevcu, kjer dosega višino 30 m (Gams, 2004). Številni izviri na južnem in zahodnem obrobju polja napajajo reko Unico, ki teče po dnu Planinskega polja in nato ponika na območju severnih in vzhodnih ponorov. Ob južnih izviri sta nastali dve zatrepni dolini, in sicer Planinski zatrep ter zatrepna dolina Malni.

Zahodni in jugovzhodni rob Planinskega polja sestavljajo zgornjetriasni dolomiti, ki so na vzhodu močno pretrti. Na območju Ivanjega sela na vzhodu se pojavljajo tudi spodnjekredni dolomiti. Južni rob Planinskega polja ter celoten vzhodni rob sestavljajo spodnjekredni ploščati apnenci z vložki dolomita. Na severnem robu se poleg omenjenih močno zakraselih skladov pojavljajo še zgornjekredni rudistni apnenci, v katerih je nastala tudi Vranja jama (Pleničar et al., 1963).

Območje Planinskega polja preči močen Idrijski prelom v dinarski smeri (SZ–JV). Na južnem obrobju se ob narivu krednih apnencev na triasni dolomit pojavljajo prelomi v smeri SZ–JV in JZ–SV (Pleničar et al., 1963).

Geomorfološki razvoj območja

Planinsko polje je nastalo ob idrijski prelomni coni na zelo pretrtem in neprepustnem zgornjetriasnem dolomitu. Za njegov nastanek je bilo bistveno močno tektonsko poglobljanje, kar dokazujejo debeli sloji peščeno-ilovnate naplavine holocenske starosti. Debelina teh naplavin je v večjem delu polja okoli 5 m, ob stiku z apnenci na vzhodnem in severnem obrobju pa je tudi do 25 m (Ravnik, 1976).

Poplave na Planinskem polju so reden pojav in vsako leto trajajo od 1 do 2 mesecev (Gams, 2004). Nivo poplavnih vod sega vse do višine 455 m (Gams, 1980).

Hidrološke značilnosti

Hidrološko zaledje Planinskega polja obsega okrog 800 km² veliko območje. Planinsko polje je najpomembnejše sotočje podzemnih vod na območju klasičnega krasa v Sloveniji. V izvir Unice se stekajo vode s Cerkniškega polja, Javornikov in Pivške kotline, Unica pa po kratkem površinskem toku dobiva močen pritok Malenščice. Ob visokih vodah je aktiven tudi močen izvir Škratovka, ob njem pa številni manjši izviri na zahodnem robu Planinskega polja, med katerimi je najizdatnejši izvir Hotenjka. Unica je največji kraški izvir na Planinskem polju; njen pretok ob obilnih padavinah preseže 100 m³/s, v času nizkega vodostaja pa pretok upade na le nekaj 100 l/s. Škratovka je aktivna le ob obilnih padavinah, takrat pa njen pretok presega 7 m³/s (Underground water tracing, 1976). Pretok Malenščice v času obilnih padavin presega 10 m³/s, tudi v času najnižjega vodostaja pa ne pade pod 1,1 m³/s. Takrat je Malenščica najpomembnejši vodni vir na Planinskem polju (Kovačič, 2011). Na robu polja se je izoblikovalo okrog 150 ponorov, najpomembnejši med njimi pa so na vzhodni strani med Ivanjim selom in Lazami, na severu ob Lanskem vrhu in v severovzhodu delu v Babnem dolu (Breznik, 1961).

Speleološke značilnosti

Večina daljših jamskih objektov se je razvila na severnem in severovzhodnem delu Planinskega polja, kar sovпада s številom ponorov na obrobju. Na južnem robu, kjer je območje spodnjekrednih apnencev precej ožje, so večji jamski objekti manj pogosti. Največja jama na tem območju je Planinska jama, dolga 6.656 m (Kataster jam JZS, 2012).

3.2.1. PLANINSKI ZATREP

Lokacija

Zatrejna dolina Planinski zatrep se je izoblikovala na skrajnem jugozahodnem robu Planinskega polja, približno 1 km južno od središča naselja Planina. Začetni in osrednji del Planinskega zatropa je razvit v smeri SV (40°), njegov iztek v smeri S (0°).

Geološke značilnosti

Planinski zatrep je nastal v spodnjekrednih ploščatih apnencih z vložki dolomita (Pleničar et al., 1963). Območje zatrepne doline in njenega zaledja sekajo številni prelomi v dinarski smeri SZ–JV, mestoma pa so razviti tudi prelomi v smeri S–J (Čar, Gospodarič, 1983). Ob enem izmed teh prelomov se je izoblikoval osrednji del zatrepne doline.

Hidrološke značilnosti

V Planinskem zatrepu izvira reka Unica, ki nastane s sotočjem rek Pivka in Rak v Planinski jami. Pretoki reke Unice močno nihajo, saj ima reka v času obilnih padavin pretok več kot 100 m³/s, medtem ko je ob nizkih vodostajih njen pretok le 1,1 m³/s. Povprečen pretok Unice znaša 21 m³/s (Vodna bilanca Slovenije... , 2008). Približno 300 m severno od Planinskega zatrepa se v reko Unico stekajo vode izvira Cvinger. Izvir ima zelo malo vode. Ob suši je njegovo zaledje vezano na dolomitno podlago severno od njega, v času obilnih padavin pa se vanj stekajo tudi vode iz Unice (Šušteršič, 1977).

Speleološke značilnosti

Na območju Planinskega zatrepa se pojavlja pet jamskih objektov. Vhoda v Planinsko jamo (6.656 m) in Jamo 2 pri Planinski jami (76 m) se odpirata neposredno v zatrepu, vhoda v Jamo 1 pri Planinski jami (119 m) in Lisičino v Nartu (78 m) v osrednjem delu zatrepne doline, vhod v Jamo nad Planinsko jamo (3 m) pa na jugovzhodnem obodu zatrepa. Največja jama na tem območju je Planinska jama, ki je dolga 6656 m in paragenetsko preoblikovana. Jama sestavljata Pivški rokav, po katerem priteka reka Pivka, in Rakov rokav, po katerem priteka reka Rak. Reki se v sotočju združita v reko Unico, ki teče v Vhodnem rovu proti severu (Kataster jam JZS, 2012).

Fotografija 5: Vhodni del Planinske jame.

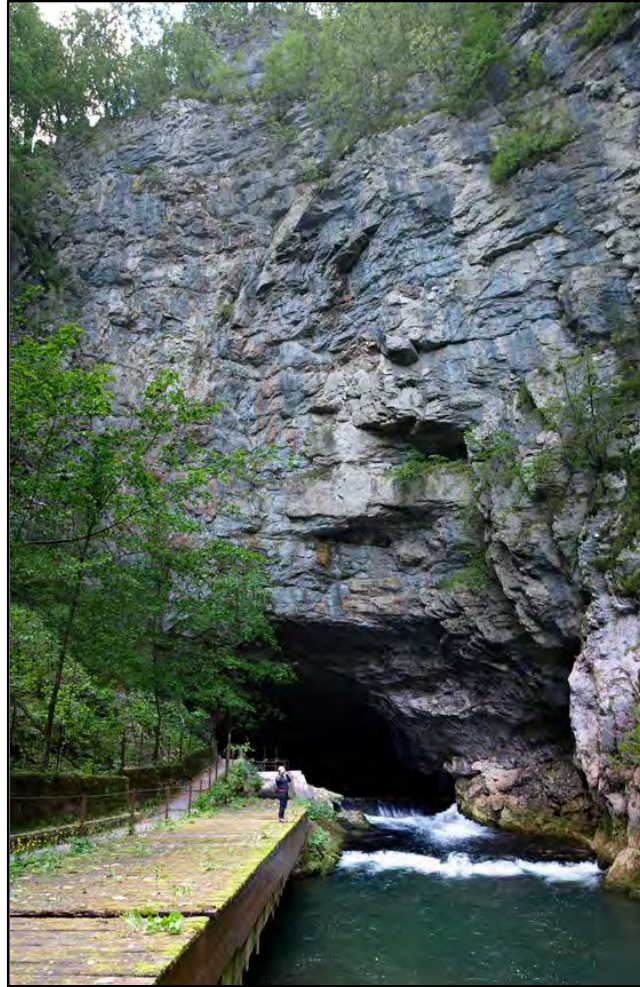


Avtor: Jure Tičar, 2012

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepne doline med vrhom zatrepa in iztekom znaša 660 m, skupaj z zatrepom Cvinger pa 920 m. Širina zatrepne doline variira med 170 m v glavnem zatrepu in 270 m za zatrepom Cvinger. Dno zatrepne doline je s 130 m najširše za Cvingerjem, najožje pa s 25 m v rečni strugi za izviro. Reka Unica izvira na nadmorski višini 453 m, nad izviro pa se dviga 85 m visoko stenast zatrep. Najvišja točka oboda zatrepne doline je v nadmorski višini 545 m, medtem ko je obod zatrepa v nadmorski višini 535 m. Iztek zatrepne doline je v nadmorski višini 448 m.

Fotografija 6: Ostenje v Planinskem zatrepu nad izviro Unice.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Glavni zatrep se je izoblikoval na jugozahodni strani. Sestavlja ga 85 m visoko ostenje, ki se na desnem bregu nadaljuje okrog 200 m v smeri zatrepa Cvinger, na levem bregu pa v daljše sklenjeno melišče. Melišče sega do dna zatrepne doline, kjer je bila ta deloma antropogeno preoblikovana. Nad glavnim zatrepom se je izoblikovala udornica, ki zapolnjuje večji vzhodni rov v vhodnem delu Planinske jame. Obod udornice se je izoblikoval v nadmorski višini okrog 545 m, njeno dno je odprto proti severu v zatrepno dolino in izoblikovano v nadmorski višini okrog 520 m. V dnu so odloženi finožrnati sedimenti.

Stranski zatrep Cvinger se je izoblikoval na zahodni strani. Osrednji del je nastal v smeri S–SZ (315°), iztek zatrepa pa v smeri SV (40°). Sestavljajo ga aktivna pobočja, nad katerimi je okoli 5–10 m visoka stena. V spodnjem delu so pobočja že precej uravnotežena in prehajajo v ilovnato dno. Ostenje je izrazitejše na njegovem jugovzhodnem in južnem delu v

smeri Planinskega zatrep. Zatrep Cvinger in osrednji del zatrepne doline ločuje 40 m širok greben, na katerem stoji Ravbarjev stolp.

Pobočja na levem bregu zatrepne doline so v glavnem zatrepu sestavljena iz ostenja, pod katerim se nato proti severu začnejo oblikovati melišča in aktivna pobočja. Ostenje se nato polkrožno izteče proti vzhodu v smeri hidroelektrarne. Do izteka nato prevladujejo aktivna pobočja, ki proti dnu prehajajo v uravnotežena pobočja.

Pobočja na desnem bregu zatrepne doline v večini sestavljajo melišča in šele proti izteku prehajajo v aktivna pobočja, ki se nato povsem uravnotežijo. V pobočju so tudi posamezni skalni osamelci in manjše stene. Največja anomalija v sicer zveznem desnem pobočju je oblikovanje udornice nad glavnim zatrepom.

Dno Planinskega zatrep v začetku popolnoma zapolnjuje struga reke Unice, ki teče po matični podlagi in podornem materialu. Približno 60 m pred hidroelektrarno se je v nadmorski višini okoli 450 m izoblikovala 20 m široka naplavna ravnica, ki se nadaljuje do izteka zatrepne doline. Približno 100 m od hidroelektrarne se začne Unica v smeri vodnega toka vrezovati 1–2 m globoko v lastne naplavine.

Morfogenetske značilnosti

V izteku zatrepne doline so pobočja po večini uravnotežena, zaradi česar lahko sklepamo, da so precej starejša od tistih v samem zatrepu. V dnu Unica teče vrezana 1–2 m globoko v lastne naplavine. Očitno je, da je bila v nekem obdobju reka veliko bolj prodonosna. Nasutje lahko najverjetneje povezujemo z izpraznitvijo sedimentov iz Planinske jame med 30 000 BP in 10 000 BP. Reka Unica je takrat iztekala v Malnih, jama pa je bila zapolnjena z gruščem iz Planinske koliševke in kasneje tudi z drugimi sedimenti do nadmorske višini 480 m (Gospodarič, 1976). Del zatrepne doline med iztekom in hidroelektrarno se je izoblikoval ob prelomu v smeri S–J.

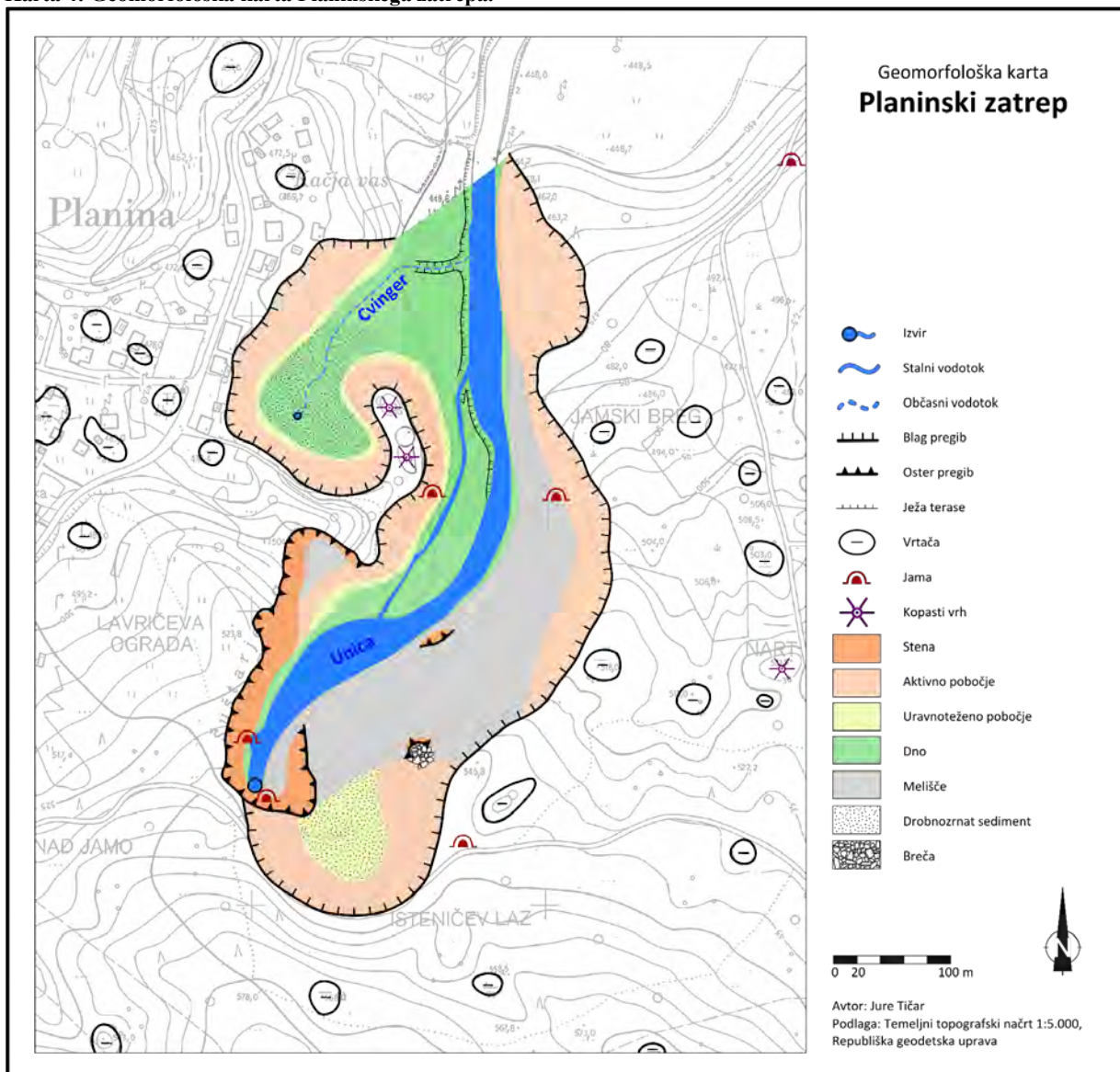
Zatrep Cvinger ima aktivna pobočja, ki se v spodnjem delu uravnotežijo in prehajajo v dno, prekrito z ilovico. Zatrep je v času obilnih padavin hidrološko povezan z Unico (Šušteršič, 1977). Ker v Cvingerju izvira zgolj manjši vodotok, lahko sklepamo, da se zatrep razvija predvsem v času visokih vodostajev, ko so pretoki v zatrepu povečani, v času nizkih vodostajev pa prevladujejo procesi uravnoteženja pobočij. Zatrep Cvinger se je izoblikoval ob prelomu v smeri S–J, ki se nadaljuje tudi v glavnem zatrepu.

Osrednji del zatrepne doline sestavljajo melišča, ki segajo na desnem bregu vse do dna. Njihovo oblikovanje lahko povezujemo predvsem z reaktivacijo izvira Unice po 30 000 BP (Gospodarič, 1976), ko se je dno zatrepne doline poglobilo, ob tem pa so začeli delovati intenzivni pobočni procesi. Ostenje se na levem bregu zatrep razteza proti severnem robu zatrep, kar nakazuje tudi na močno povezanost s prelomom v smeri S–J. Polkrožno ostenje pred hidroelektrarno je najverjetneje nastalo v času, ko je Unica tekla višje in na tem mestu oblikovala ovinek. Gospodarič (1976), povečano aktivnost na desnem pobočju povezuje tudi s potekom zasutega vzhodnega rova v vhodnem delu Planinske jame in njegovim nadaljnjim razpadom. Enemu izmed segmentov tega rova bi lahko pripadala tudi Jama v Nartu. Razpad je v tem stadiju očitno zgolj v začetku rova, ki je zapolnjen s podornim materialom, nad njim pa se je oblikovala udornica.

Sedanja morfološka izoblikovanost in prevladujoči geomorfološki procesi v posameznih delih zatrepne doline nakazujejo na vsaj 3 razvojne stopnje Planinskega zatrep. Vrezovanje zatrepne doline je potekalo v času pred 80 000 leti z nadmorsko višino vodotoka na 460 m (Gospodarič, 1976). V tem času so se oblikovale osnovne morfološke zatrepne

doline. V tem obdobju je najverjetneje že obstajal vzhodni stranski rov na vhodnem delu jame, v katerem je kasneje nastala udornica. V naslednji fazi razvoja zatrepne doline sledi zmanjšanje oz. prekinitev hidrološke aktivnosti v zatrepni dolini v času med 50 000 BP in 80 000 BP, ko je tok Unice iztekal skozi Rakov rokav v Malne (Gospodarič, 1976). Premor v hidrološki aktivnosti lahko pripisujemo nenadnim morfološkim spremembam v Severnem iztočnem rovu iz Planinske jame, pri čemer lahko sklepamo na podore in zatrpanje z alogenimi sedimenti. V tem času so v zatrepni dolini prevladovali procesi uravnoteženja pobočij, ki so najverjetneje nasuli dno in pobočja zatrepne doline z gruščem. Kasnejša reaktivacija Severnega rova in iztek Unice v sedanji smeri je bila datirana v čas med 30 000 BP in 10 000 BP (Gospodarič, 1976). Šušteršič in sodelavci (2002) pripisujejo pri procesu prestavitve toka Unice posebno pomembnost vdoru reke Rak. Tej naj bi se v preteklosti zaradi zasutja severnih ponorov z vršajem Cerknjščice (po 55 000 BP) na Cerknjškem polju močno povečal pretok v smeri Planinskega polja. S ponovno vzpostavitvijo pretoka Unice skozi zatrepno dolino se je začela njena nadaljnja rast, ki je zdaj vidna predvsem v oblikovanju ostenja v zatrepu. Ostenje se zajeda tudi v smeri udornice nad zatrepno dolino, kar kaže na postopno združevanje z omenjeno morfološko obliko.

Karta 4: Geomorfološka karta Planinskega zatrepa.



Avtor: Jure Tičar, 2012

3.2.2. ZATREPNA DOLINA MALNI

Lokacija

Zatrejna dolina Malni se je izoblikovala na skrajnem južnem robu Planinskega polja, približno 600 m jugovzhodno od središča naselja Planina. Začetni del zatrepne doline je razvit v smeri S–SZ (340°), njen osrednji del v smeri SZ (315°) in S–SZ (340°), iztek pa v smeri S–SV (20°).

Geološke značilnosti

Zatrejna dolina Malni je nastala v spodnjekrednih ploščatih apnencih z vložki dolomita (Pleničar et al., 1963). Območje zatrepne doline in njenega zaledja sekajo številni prelomi v dinarski smeri SZ–JV, mestoma pa so razviti tudi prelomi v smeri ZJZ–VSV. Osrednji del zatrepne doline preči antiklinala, medtem ko je zatrep oblikovan v sinklinali (Čar, Gospodarič, 1983).

Fotografija 7: Osrednji del zatrepne doline Malni z ilovnato naplavino v dnu.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Hidrološke značilnosti

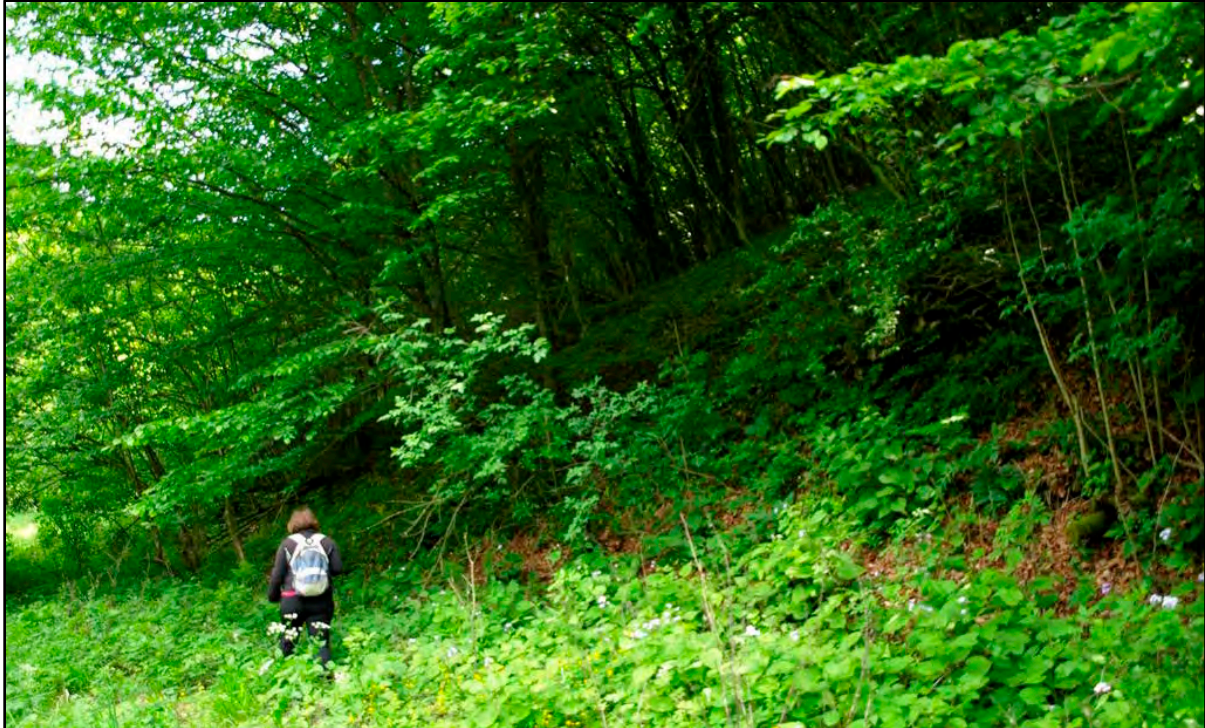
V zatrepni dolini Malni so 4 izviri, med katerimi je najpomembnejši izvir reke Malenščice v osrednjem delu doline. Izviri v zatrepni dolini se napajajo predvsem s padavinsko vodo izpod Javornikov ter ponornimi vodami reke Rak v Rakovem Škocjanu. Deloma v izvire pritekajo tudi vode iz Pivškega podolja (Kovačič, 2011). V Rakovem rokavu Planinske jame se mešajo javorniške vode in vode Cerknškega polja, ki se ob visokem vodostaju prelivajo na površje skozi Planinsko jamo, ob nizkih vodah pa javorniške vode prečkajo skrajni del Rakovega rokava in odteka neposredno proti izviru Malenščica (Habič, 1989). Povprečen pretok Malenščice znaša $6,7 \text{ m}^3/\text{s}$, pretok v času obilnih padavin naraste na nekaj več kot $10 \text{ m}^3/\text{s}$, ob nizkih vodostajih pa je pretok približno $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednji izvir ob nizkih vodostajih povsem presahne, v času obilnih padavin pa lahko prispeva do $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Zgornji izvir in izvir v Laškarjevem kotu sta aktivna zgolj ob najvišjih vodostajih, ko skupaj prispevata do $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Ob nizkih vodostajih so izviri Malenščice glavni vodni vir na

Planinskem polju, v času obilnih padavin pa prispevajo zgolj okoli 10% vode na kraškem polju (Kovačič, 2011).

Speleološke značilnosti

Na območju zatrepne doline Malni se pojavljajo štiri manjši jamski objekti. Nad spodnjim izvirom Malenščice se odpira vhod v 15 m dolgo jamo Kevderc nad Malni, nad srednjim izvirom se odpirata vhoda v brezni Brezno 1 nad izvirom v Malnih (6 m) in Brezno 2 nad izvirom v Malnih (9 m). V zahodnem obodu zatrepa se odpira še vhod v brezno Jama skale Tonke, globoko 17 m.

Fotografija 8: Ježa terase nad srednjim izvirom.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepne doline Malni med vrhom zatrepa in iztekom znaša 1.200 m. Skozi vso zatrepno dolino znaša njena širina približno 350 m. Dno zatrepne doline je s 180 m najširše ob izteku, v osrednjem delu pa je široko med 40 m in 50 m. Vodotok Malenščica izvira približno 400 m pred iztekom zatrepne doline v nadmorski višini 448 m, zatrepna dolina pa nima izoblikovanega stenastega zatrepa. Najvišja točka oboda zatrepne doline je v nadmorski višini 590 m, obod ob izteku zatrepa je v nadmorski višini 470 m.

Zatrep v zatrepni dolini Malni se je izoblikoval na jugovzhodni strani. Sestavljajo ga aktivna pobočja, ki v obodu postopoma prehajajo v okoliško kraško površje. Proti dnu zatrepa, ki se spušča proti glavnemu izviru, se pobočja uravnotežijo. Manjše stene (5–10 m) se pojavljajo le na skrajnem jugozahodnem robu zatrepa in na njegovi vzhodni strani. Na vzhodni strani se v obodu zatrepa pojavljajo manjše vrtače, ki so odprte v smeri zatrepa. Do nadmorske višine okrog 495 m je dno zatrepa zapolnjeno z naplavno ilovico.

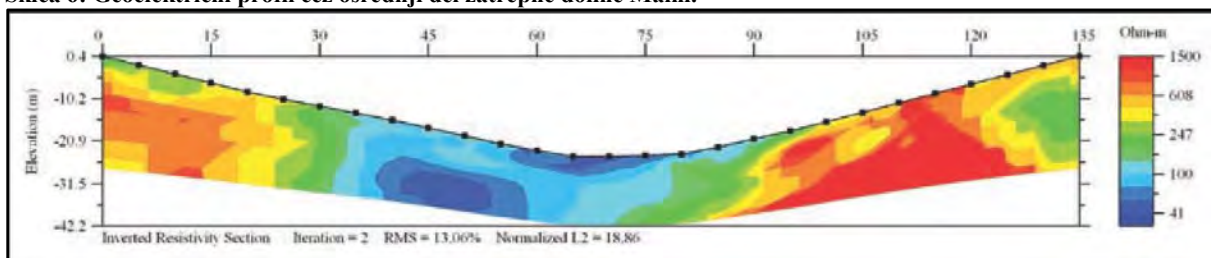
V zatrepni dolini Malni aktivna pobočja v obodu postopoma prehajajo v okoliško kraško površje. Proti dnu se v zgornjem delu doline pobočja uravnotežijo, aktivna pobočja v smeri vodnega toka od glavnega izvira Malenščice pa segajo do dna zatrepne doline.

Dno zatrepne doline je v smeri vodnega toka od glavnega izvira uravnano v nadmorski višini okrog 446 m in se izteka v Planinsko polje. V nasprotni smeri od vodnega toka se dno zatrepne doline od glavnega izvira začne zvezno dvigovati do nadmorske višine 510–515 m v samem zatrepu. Navzgor od glavnega izvira do nadmorske višine 495 je dno zapolnjeno s poplavno ilovico, ki ji je ob robu primešan pobočni grušč (Stepišnik et al., 2012). Nad srednjim izviro je v zahodnem pobočju vidna 2 m visoka terasa, ki je nastala v ilovnatem sedimentu. V dnu zatrepne doline so izviri izoblikovani v nadmorskih višinah 448 m (glavni spodnji izvir), 455 m (srednji izvir), 460 m (zgornji izvir) in 470 m (Izvir v Laškarjevem kotu).

Morfogenetske značilnosti

Zatrepna dolina Malni je nastala ob značilnih prelomnih strukturah v dinarski smeri SZ–JV, ki prečkajo zatrepno dolino in njeno bližnjo okolico. Ker so procesi rasti zatrepne doline najverjetneje vezani predvsem na izvirne dele zatrepnih dolin, lahko sklepamo, da sedanja hidrološka aktivnost v Malnih ni bistvena za njen razvoj. Sedanji izviri so aktivni predvsem v osrednjem delu, kjer se je v smeri vodnega toka izoblikovala naplavna ravnica. Do te ravnice segajo tudi aktivna pobočja, ki so v smeri proti vodnemu toku precej bolj uravnotežena. Zatrepna dolina Malni je precej daljša od Planinskega zatrepa, poleg tega pa se njen zatrep zajeda dlje v matično kamnino. Dolžina zatrepnih dolin in njune pretočne značilnosti tako niso premosorazmerne, saj znašajo v Planinskem zatrepu pretoki od nekaj 100 l/s do 100 m³/s, medtem ko znašajo pretoki v Malnih med 1,1 m³/s in malo več kot 10 m³/s (Kovačič, 2011). Očitno je, da so bile hidrološke značilnosti zatrepne doline Malni in Planinskega zatrepa večkrat spremenjene. Ker v zatrepni dolini Malni ne prevladujejo stenasta pobočja, lahko sklepamo, da je morfološka oblika zatrepa precej stara; v njej že precej časa potekajo procesi uravnoteženja pobočij. O tem, da zadenjske erozije v sedanjem razvoju zatrepne doline ni bilo, lahko posredno sklepamo tudi zaradi večjih količin holocenskih (5.706 ± 49 BP) poplavnih sedimentov, ki so odloženi do nadmorske višine 495 m in debeli najmanj 30 m (Stepišnik et al., 2012). Poplavna ilovica je bila odložena ob več različnih dogajanjih, na kar lahko sklepamo iz oblikovanosti terase nad srednjim izviro.

Skica 6: Geoelektrični profil čez osrednji del zatrepne doline Malni.

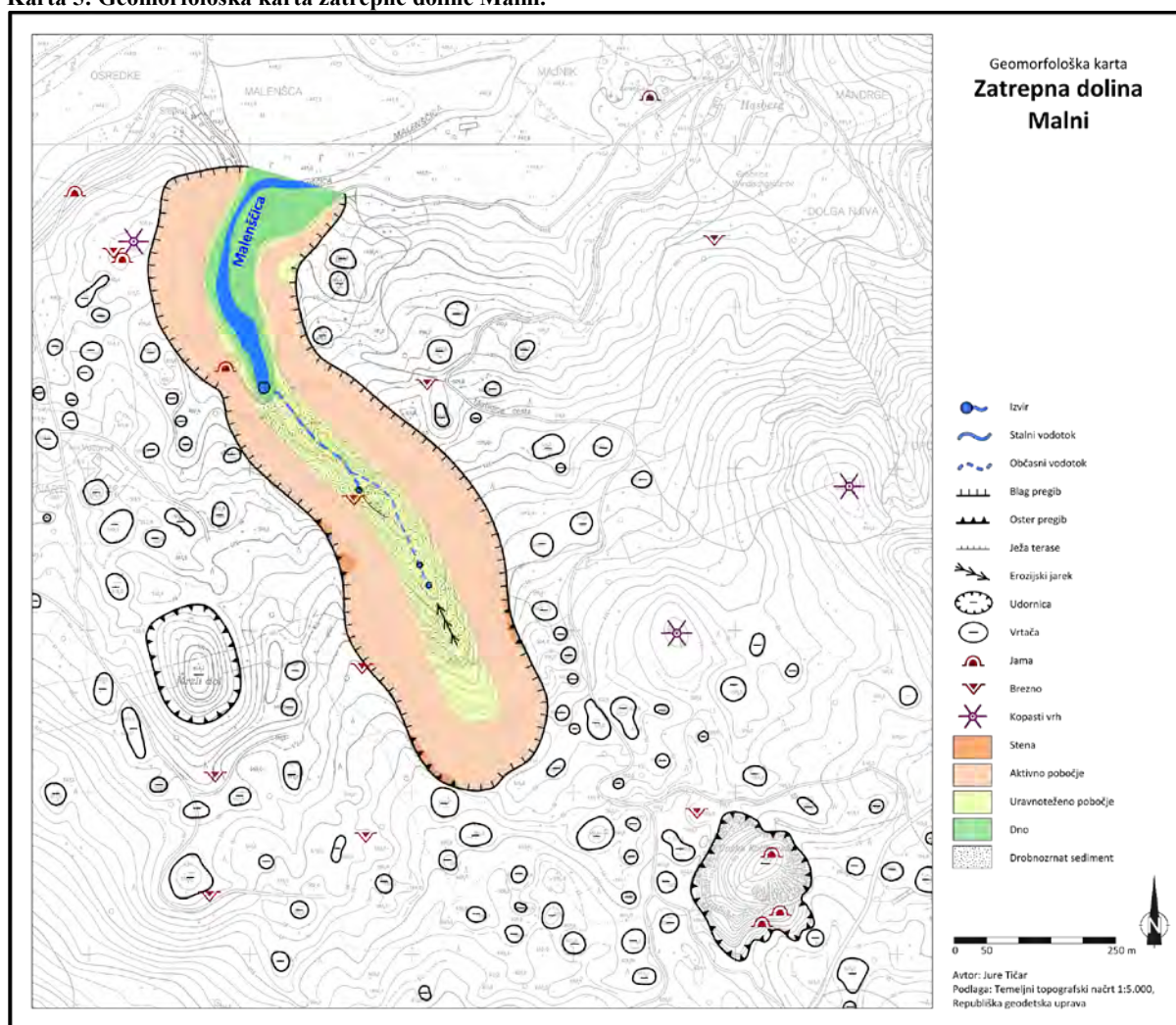


Vir: Stepišnik et al., 2012

Razvojne stopnje oblikovanja zatrepne doline Malni lahko tako povezujemo predvsem s speleološkim in hidrološkim razvojem v njenem neposrednem zaledju. Zatrepna dolina Malni je najverjetneje že obstajala pred 80.000 BP, ko je prevajala vode iz območja Javornikov in morda tudi Raka (Šušteršič, 2002). V obdobju med 30 000 BP in 80 000 BP se je tok Unice prestavil iz sedanjega Planinskega zatrepa v Rakov rokav in v izvire Malnov (Gospodarič, 1976). V tem obdobju so se v območje Malnov stekale vode iz celotnega zalednega območja, zaradi česar lahko sklepamo, da je bila rast zatrepne doline Malni takrat najintenzivnejša. Najverjetneje so bili takrat hidrološko aktivni tudi tisti deli zatrepne doline, ki so zdaj prekriti z ilovnatimi sedimenti. Gospodarič (1976) pripisuje poseben pomen pri oblikovanju zatrepne doline Malni tudi prodonosnosti reke Unice, ki se je tako lažje vrezovala v matično kamnino. V obdobju med 30 000 BP in 10 000 BP se je iztok Unice v Malnih

prekinil in prišlo je do reaktivacije iztoka Unice v Planiskem zatrepu (Gospodarič, 1976). Sušteršič in sodelavci (2002) pripisujejo pri procesu prestavitve toka Unice posebno pomembnost vdoru reke Rak. Tej naj bi se v preteklosti zaradi zasutja severnih ponorov z vršajem Cerknjščice (po 55.000 BP) na Cerknjškem polju močno povečal pretok v smeri Planinskega polja. S tem naj bi bil nato odrinjen tok reke Unice proti Planinskemu zatrepu. Najverjetneje so se v času iztoka Unice v Malnih izoblikovali v tem delu tudi večji prevodni kanali. Ti so morali biti kasneje preoblikovani in zapolnjeni s sedimenti, saj so sedanji pretoki v Malnih močno pridušeni. Na zasutje rovov v tem delu je najverjetneje vezan nastanek udornice Unška koliševka neposredno za zatrepno dolino Malni. Grušč iz te udornice je verjetno v večji meri zasul nekdanje rove in s tem omejil pretok vode v smeri Malnov. Zasuti so bili tudi nekdanji višji izviri v zatrepni dolini, ki zdaj prevajajo le viške v času obilnih padavin. Z zmanjšanjem hidrološke aktivnosti, ki je bila kasneje v večini vezana le na spodnji glavni izvir Malenščice, so se v zatrepni dolini začeli procesi uravnoveženja pobočij. V obdobju holocenskih poplav na Planinskem polju (pred 5.706 ± 49 BP), se je v zatrepni dolini odložilo še vsaj 30 m naplavne ilovice. Naplavna ilovica je zvišala primarno dno, temu pa so se najverjetneje prilagodili tudi pobočni procesi. Predvidevamo lahko, da je naplavna ilovica ohranila oblikovanost korita v zatrepni dolini, pobočja v zgornjem delu zatrepa pa so postajala vse bolj uravnovežena. Deloma to hipotezo že potrjuje meritev električne upornosti tal v naplavni ilovici, ki so jo izvedli Stepišnik in sodelavci (2012).

Karta 5: Geomorfološka karta zatrepne doline Malni.



Avtor: Jure Tičar, 2012

3.3. POREČJE REKE KRKE

Značilnosti območja

Porečje reke Krke obsega območje Suhe krajine, Krškega hribovja, Gorjancev in Krško-Brežiške kotline. Za območje zgornjega toka reke Krke je značilna dinarska slemenitev, v spodnjem toku Krke prevladuje slemenitev v smeri JZ–SV. Območje Suhe krajine je močno zakraselo, reka Krka pa je v planotasto površje zarezala do 400 m globoko dolino. Na Gorjancih in v Krškem hribovju se prepletajo elementi kraških in fluvialnih geomorfni sistemov, ki so v večji meri odvisni predvsem od kamninske zgradbe. Krško-Brežiška kotlina je tektonska udorina, ki jo zasipavajo številni vršaji, v njej pa se je oblikovala tudi naplavna ravnica reke Krke. Najvišjih vrh tega območje je Trdinov vrh na Gorjancih, visok 1178 m. Najnižji del območja je sotočje Save in Krke pri Čatežu v nadmorski višini 145 m.

Porečje Krke je oblikovano na stiku dveh velikih tektonskih območij, in sicer Posavskih gub, ki gradijo ozemlje severnega dela, in Dolenjsko-Nnotranjskih mezozojskih grud. Enoti se ločita med seboj po strukturi in sestavi. Strukturni elementi v Posavskih gubah imajo prevladujočo usmerjenost vzhod–zahod (alpska smer, grude južneje od njih usmerjenost severozahod–jugovzhod (dinarska smer) (Buser, 1974).

Najstarejše kamnine se pojavljajo na severnem delu, na stiku s Posavskimi gubami, najmlajše na južnem delu (Kranjc, 1990). V dolini Krke se od izvira do Soteske menjavajo apnenci in dolomiti triasne in jurske starosti. V srednjem toku se razprostira nekaj gline in melja, v spodnjem toku porečja pa poleg trdih karbonatnih kamnin mezozojske starosti najdemo tudi klastične sedimente terciarne in kvartarne starosti in neprepustne ali slabo prepustne sedimente (Novak, 1970).

Območje zgornjega dela porečja Krke je nastalo ob Žužemberškem prelomu, ki je razvit v dinarski smeri (115°–130°), območje spodnjega dela porečja pa ob Orehovskem prelomu, ki je razvit v smeri V–SV (60°–70°).

Geomorfološki razvoj območja

Oblikovanost površja v porečju reke Krke naj bi bila po navedbah Habiča (1988) v celoti odvisno od tektonike. Ob tektonskih stopnjah se naj bi namreč pojavljale strme kraške rebri, v pogreznjenih jarkih podolja, kraški ravniki in uvale ter ob prelomnih conah suhim dolinam podobna znižanja v reliefu. Strukturne oblike naj bi bile rezultat mlade tektonike, uvale in ravniki pa naj bi po njegovem mnenju nastale v višini nekdanjega piezometra, preden je reka Krka vrezala svojo strugo (Habič, 1988).

Fotografija 9: Uravnano kraško površje nad dolino reke Krke v okolici Zagradca.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Hidrološke značilnosti

V zaledje reke Krke lahko prištevamo celotno ozemlje med Posavskim hribovjem, Barjem in Blokami. Z južne strani Posavskega hribovja namreč zbira vode Višnjica, z obrobja Barja se zbirajo vode v grosupeljski kotlini (Grosupeljščica, Zelenka, Dobravka, Šica), izpod Blok pa jih zbira Raščica. V zgornji tok Krke pritekajo tudi vode z Dobropolja in Ribniškega polja (Kranjc, 1990). Reka Krka izvira v vasi Krka, kmalu za izvirov pa se vanjo steka večji pritok Poltarica. Približno 1 km nižje se v Krko steka tudi levi pritok Višnjica. Pri naselju Zagradec se v Krko izliva večji kraški izvir Globočec, severno od Dolenjskih Toplic še Radešica in Sušica, v Češči vasi pa Prečna. V smeri vodnega toka se v Krko od Novega mesta stekajo še pritoki z Gorjancev in iz Krškega hribovja, med katerimi so najpomembnejši Težka voda, Toplica, Studena, Sušica in Senuša. Pretok reke Krke znaša po podatkih iz vodomerne postaje Podbukovje v povprečju okrog 8,2 m³/s, ob obilnih padavinah pa lahko naraste do približno 80 m³/s. Pretoki v času nizkih vodostajev lahko dosežejo vrednosti le okoli 0,8 m³/s (Hidrološki letopis Slovenije, 2009). Povprečni pretok reke Krke pred izlivom v Savo znaša približno 61 m³/s (Frelih, 2001), najvišje pretočne vrednosti pa so bile izmerjene ob poplavih septembra 2010, ko je bil pretok v Brodu pri Podbočju 468 m³/s (Hidrološko poročilo..., 2010).

Speleološke značilnosti

Nad izvirov Krke se odpira vhod v Krško jamo, ki je nastala v epifreatičnem nivoju izvira reke Krke in je dolga 820 m. Nad bližnjim izvirov Poltarice se odpira vhod v Jamo Poltarica, ki je nastala v podobnih okoliščinah kot Krška jama in je dolga 640 m. Med večje jamske objekte v dolini reke Krke se uvrščata še Bobnova jama (175 m) in Črničkova jama (105) v bližini Dvora. V zatrepni dolini Luknja se odpira vhod v 307 m dolgo Jamo pod gradom Luknja, jugozahodno od Novega mesta pa se je izoblikovala 630 m dolga Rupa na Brodu. V zatrepni dolini Studene se odpirata vhoda v Bizjakovo jamo (558 m) in najdaljšo jamo na tem območju, 1.871 m dolgo Kostanjeviško jamo. Južno od naselja Šutna se odpira še vhod v Levakovo jamo, ki je dolga 350 m. Večina jam je nastala v območju večjih izvirov v epifreatični coni.

3.3.1. ZATREPNA DOLINA GLOBOČEC

Lokacija

Zatrepna dolina Globočec se je razvila na desnem bregu doline reke Krke, jugozahodno od naselja Zagradec. Začetni del doline je razvit v smeri V (90°), njen osrednji del v smeri V–SV (70°), iztek v smeri SV (45°).

Geološke značilnosti

Zatrepna dolina Globočec je nastala v spodnjekurskih apnencih, ki se menjavajo s pasovitim dolomitom. V vrhnjem delu prevladuje gost apnenec, ki prehaja iz sivoga v črnega in vsebuje ponekod debelejšje plasti oolitnega apnenca. Te plasti so globoke 140–410 m. Nad njimi se raztezajo spodnjekurski masivni zrnati dolomiti, katerih debelina je od 250 do 850 m. Približno 200 m jugovzhodno od zatrepne doline območje prečka močen prelom v smeri JZ–SV (45°) (Buser, 1974).

Hidrološke značilnosti

V zatrepni dolini Globočec so 3 izviri, ki prihajajo na površje v glavnem zatrepu. Glavni izvir je zajezen za oskrbo Suhe krajine z vodo in prihaja na dan v dnu na zahodu zatrepa, manjša stranska izvira sta se izoblikovala še severno od glavnega izvira in na južnem bregu Globočca, 80 m dolvodno od črpališča. Manjša izvira najverjetneje pretakata vode zgolj

ob obilnih padavinah, njihovi pretoki pa niso znani. Povprečni pretoki v glavnem izviru znašajo med 1 in 1,5 m³/s, medtem ko so bili najnižji izmerjeni pretoki 0,093 m³/s. Pretoki nakazujejo, da ima izvir veliko zaledje, proti izviru pa naj bi se stekale vode z južnega dela dobrepoljske kotline, Struge in padavinskega zaledja zaledje Tržiščice (Novak, 1985). Novejše raziskave so dokazale dotok vode ob obilnih padavinah tudi iz smeri Male gore (Kogovšek, Petrič, 2006).

Fotografija 10: Razširjeno dno v zatrepu Globočec z zajetjem in črpališčem.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Speleološke značilnosti

Na območju zatrepne doline Globočec se niso izoblikovali jamski objekti. Ti se pojavljajo zgolj vzhodno od zatrepne doline ob glavnem prelomu v smeri JZ–SV. Nad zatrepno dolino se tako odpira vhod v Grajsko jamo, nad dolino reke Krke pa Bokrova jama, dolga 50 m (Kataster jam JZS, 2012).

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepne doline med vrhom zatrepa in iztekom znaša 1130 m. Širina zatrepne doline je v začetnem in osrednjem delu precej homogena in znaša približno 250 m, pri izteku zatrepne doline pa se zoži na približno 100 m. Dno zatrepne doline je s 60 m najširše v območju zatrepa, v preostalem delu zatrepne doline pa je široko 10–20 m. Izvir reke Globočec se pojavlja v nadmorski višini 248 m, nad njim pa je oblikovan zatrep z aktivnimi pobočji. Obod zatrepne doline se je izoblikoval v nadmorski višini 285 m. Iztek zatrepne doline je v nadmorski višini 240 m.

Zatrep je na zahodni strani. Sestavljajo ga aktivna pobočja, ki se dvigujejo do nadmorske višine 300 m. Približno 10–15 m nad sedanjim zatrepom je nekdanji zatrep, v katerem je odložen ilovnat sediment. Južno od glavnega zatrepa so večje vrtače in udornica Jerasova dolina, globoka približno 30 m. Obod zatrepa je tam pri 300 m nadmorske višine.

Pobočja v zatrepni dolini so skoraj v celotni dolini homogena, aktivna pobočja pa se raztezajo do dna zatrepne doline. V dolini ni ostenja, zaradi česar pobočja prehajajo v

okoliško uravnava. Pobočja na levem bregu Globočca se deloma uravnotežijo samo nad dnem izteka.

Dno zatrepne doline je v zatrepu najbolj razširjeno (60 m), v njem pa se je v nadmorski višini 249 m izoblikovala terasa. Nad črpališčem je proti jugu še ena terasa, ki pa je najverjetneje antropogena. Za manjšim desnim zatrepom pod črpališčem se reka Globočec zareže v matično kamnino, manjše uravnave pa se pojavijo šele pred iztekom Globočca v reko Krko.

Fotografija 11: Ilovnat sediment v nekdanjem zatrepu nad današnjim izviro.

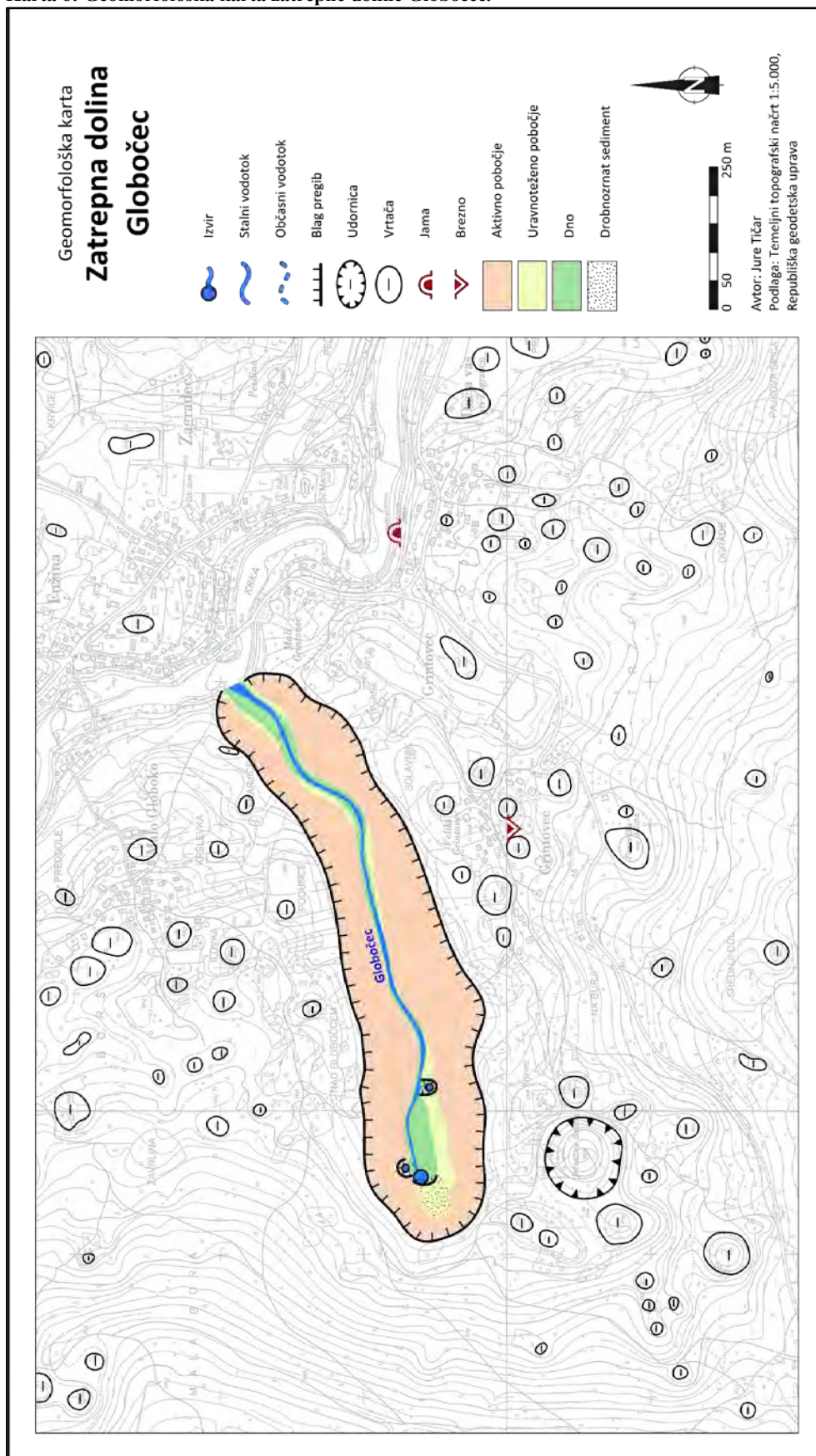


Avtor: Jure Tičar, 2012

Morfogenetske značilnosti

Zatrepna dolina Globočec je ena izmed najdaljših zatrepnih dolin v Sloveniji. Osrednji del doline in njen iztek sta se razvila v rečni terasi, ki se je izoblikovala nad reko Krko v nadmorski višini med 280 in 290 m, zatrep pa se zajeda v vznožje hriba Bovljek (695 m), ki se dviga proti zahodu. Terasa se v smeri vodnega toka razteza od naselja Krka do naselja Dolnji kot pri Dvoru, kjer je oblikovana v nadmorski višini okrog 210 m. Zatrepna dolina se je vrezala v spodnjejurske apnenice, ki jih prekinjajo pasovi dolomita. Ob izteku zatrepne doline je dno v nasprotju z osrednjim delom bolj razširjeno. Po tem lahko sklepamo, da se je nadmorska višina dna že uravnala na nivoju toka reke Krke. V pobočjih zatrepne doline ni izoblikovanih sten, temveč povsem prevladujejo aktivna pobočja. To kaže, da je bilo vrezovanje zatrepne doline enakomerno in vezano na vrezovanje reke Krke. Oblikovanost pobočij je morda vezana tudi na litološko strukturo kamnine. Območje zatropa je glede na preostanek zatrepne doline bolj razširjeno. Razširitev bi lahko ustrezala stiku spodnjejurskih apnencev z zgoraj ležečimi plastmi masivnih zrnatih dolomitov, ob katerem prihajajo na površje tudi izviri v zatrepni dolini. Približno 10 m nad glavnim izviro je na zahodni strani nekdanji zatrep, v katerem so odloženi ilovnati sedimenti. Po tem lahko sklepamo, da je v preteklosti obstajal še najmanj en razvojni stadij, v katerem je nivo dna zatrepne doline segal 10 m nad sedanjim nivojem in ga je zadrževala erozijska baza reke Krke. Zatrepna dolina se ni izoblikovala neposredno ob glavnem prelomu, ki poteka 200 m jugovzhodno od zatrepne doline v smeri JZ–SV. Novak (1985) domneva, da se je ob njem razvil podzemeljski pretok iz dobrepoljske kotline proti Globočcu, največji dotok vode pa naj bi pritekal iz močno razpokane cone iz smeri Ambrusa. Te prelomne strukture in skoncentrirani podzemni tokovi so očitno vplivale na razvoj udornice Jerasova dolina, jamska objekta Grajska jama in Bokrova jama pa sta se razvila ob glavnem prelomu v smeri JZ–SV.

Karta 6: Geomorfološka karta zatrepne doline Globočec.



Avtor: Jure Tičar, 2012

3.3.2. ZATREPNA DOLINA LUKNJA

Lokacija

Zatrejna dolina Luknja se je izooblikovala na zahodnem robu Krško-Brežiške kotline, 1,5 km zahodno od naselja Prečna. Njen začetni del je razvit v smeri V–SV (70°), osrednji del v smeri JV (150°), iztek zatrepne doline pa v smeri V (100°).

Geološke značilnosti

Zatrejna dolina Luknja je nastala v zgornjejurskih skladovitih in oolitnih apnencih, ki mestoma prehajajo v plasti dolomita ali dolomitnega apnenca. V izteku zatrepne doline se pojavljajo holocenske aluvialne naplavine in pleistocenski nanosi gline. Območje zatrepne doline preči prelom v dinarski smeri SZ–JV (125°–130°) (Pleničar, Premru, 1977).

Fotografija 12: Mehansko preperevanje apnenca in dolomita v glavnem zatrepu.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Hidrološke značilnosti

Izvir Prečna je eden izmed večjih kraških izvirov v porečju Krke. Tu namreč izvirajo vode Temenice, ki ponikne v Mirnopoški dolini. V Prečno se poleg Temenice očitno stekajo vode iz obširnejšega zaledja vzhodne Suhe krajine, saj so razlike v pretokih Temenice in Prečne precejšnje (Habič et al., 1976). V zatrepni dolini se pojavljajo 3 izviri, in sicer stalni izvir pod gradom Luknja, občasni izvir v manjšem severnem zatrepu ter izvir pri Lukenjski jami. Povprečni pretok Prečne znaša 4,6 m³/s, pretok v času obilnih padavin naraste do 21,8 m³/s, v času nizkih vodostajev pa upade do 0,56 m³/s (Kogovšek, Petrič, 1998).

Speleološke značilnosti

Na območju zatrepne doline je 8 jamskih objektov. Največja jama v zatrepni dolini je s 307 m Lukenjska jama, katere vhod se odpira nasproti glavnega zatrepa nad dolino reke Prečna. Jama je razvita v epifreatični coni, na njenem koncu pa se je izoblikoval sifon. V času

obilnih padavin iz jame priteka potok. Približno 80 m od jame se v smeri vodnega toka v kamnolomu odpira 11 m dolga Jama v kamnolomu v Luknji, sestavljena iz vodoravnega rova. Vhoda v jami se odpirata v nadmorski višini 167 m in 170 m. V glavnem zatrepu se nad izviro odpirajo vhodi v 5 jam v nadmorskih višinah med 188 m in 193 m. Vse jame so vodoravne, po velikosti pa si sledijo Jama za gradom Luknja (26 m), Brlog 2 v Luknji (10 m), Jama pod gradom Luknja (9 m), Grajski rov (9 m) in Brlog 1 v Luknji (6 m). V Jami za gradom Luknja so odložene večje količine pasovite ilovice, ki zapolnjuje jamo do stropa. V južnem robu glavnega zatrepa se v nadmorski višini 205 m odpira vhod v Orlovsko jamo v Luknji (28 m), ki jo sestavlja vodoravni rov, v katerem je odložena ilovica in grušč, ki se posipava iz zgornje niše (Kataster jam JZS, 2012).

Fotografija 13: Izvir Prečne v zatrepni dolini Luknja.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepne doline med vrhom glavnega zatrepa in iztekom znaša 870 m, skupaj s stranskim zatrepom pa 1140 m. Širina zatrepne doline variira med 500 m v zatrepu in 400 m v izteku. Dno zatrepne doline je s 160 m najširše med obema zatrepoma, z 20 m pa najožje v osrednjem delu zatrepne doline. Reka Prečna izvira v nadmorski višini 173 m, nad njo pa se dviga 5–10 m visok stenast zatrep. Stene so izoblikovane tudi v zatrepu nad gradom Luknja in so visoke do 60 m. Najvišja točka oboda zatrepne doline in glavnega zatrepa je v nadmorski višini približno 250 m, obod stranskega zatrepa se je izoblikoval v nadmorski višini 225 m. Iztek zatrepne doline je v nadmorski višini 168 m.

Glavni zatrep v zatrepni dolini Luknja se je izoblikoval na zahodni strani. Sestavlja ga manjše ostenje, visoko 5–10 m. V njegovem zaledju je v nadmorski višini 190–195 m nekdanji zatrep, nad katerim je 60 m visoko ostenje. V nekdanjem zatrepu je ob gradu Luknja

nastala udornica, globoka okrog 10 m. V njej so razvita melišča, v dnu udornice pa je mogoče najti večje podorne bloke, velike tudi do 1 m. Poleg melišč so v zatrepu tudi aktivna pobočja. Severno nad glavnim zatrepom je v nadmorski višini približno 240 m najstarejši zatrep. V njegovem dnu so odložene večje količine ilovnatga sedimenta, pobočja v njem pa so uravnovežena.

Stranski zatrep se je izoblikoval na severni strani zatrepne doline. Po večini ga obdajajo aktivna pobočja, nad dnem zatropa pa tudi manjše ostenje, visoko približno 5 m. Nad stranskim zatrepom je v nadmorski višini okoli 190–195 m terasa, ki spominja na manjši nekdanji zatrep. V severozahodnem delu oboda je manjši erozijski jarek. Občasni izvir se pojavlja v nadmorski višini približno 175 m.

Fotografija 14: Stranski zatrep v zatrepni dolini Luknja.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Pobočja v zatrepni dolini Luknja so zelo raznolika. Pobočja na desnem bregu Prečne so skoraj v celoti aktivna in segajo do dna zatrepne doline. Večja terasa z uravnoveženimi pobočji se je izoblikovala južno od Lukenjske jame v nadmorski višini okrog 190–195 m. Spodnji deli omenjene terase sestavljajo aktivna pobočja. Ostenja se pojavljajo le nad zatrepi. Pobočja na levem bregu so v vršnih delih večinoma aktivna, medtem ko se uravnovežena pobočja pojavljajo na nadmorski višini približno 190 m. Pod uravnoveženimi pobočji so oblikovana aktivna pobočja s posameznimi ostenji, ki segajo do dna zatrepne doline.

Dno zatrepne doline Luknja je med obema zatrepoma razširjeno in tudi močno antropogeno preoblikovano. V osrednjem delu se dno močno zoži, reka Prečna pa je zarezana v lastne ilovnate naplavine približno 1 m globoko. V stranskem zatrepu je v strugi odloženega veliko grušča, 0,5-1 m nad strugo pa je odložen tudi ožji pas naplavin iz grušča in ilovice. Ob izteku zatropa se zatrepno dno malce razširi.

Morfogenetske značilnosti

Zatrepna dolina Luknja je nastala na območju preloma, ki poteka v smeri SZ–JV. Pobočja v dolini so po večini aktivna, večje ostenje pa se je izoblikovalo zgolj v glavnem zatrepu. Spodnji deli pobočij pod nadmorsko višino 190 m imajo večji naklon, saj so pobočja na levem bregu nad to mejo uravnovežena. Lahko sklepamo, da se je zatrepna dolina v zadnjem stadiju poglobila. Nekdanji nivo v nadmorski višini med 190 in 195 m je razviden tudi v terasi južno od Lukenjske jame. Dokaze lahko prepoznamo tudi v nadmorskih višinah vhodov v jame nad sedanjim glavnim zatrepom. Višina (3,5 m) in širina (6 m) rova v Jami za gradom Luknja ter velike količine pasovite ilovice, ki so odložene v rovu, nakazujejo, da je bila to nekoč izvirna jama. V nekdanjem zatrepu je tudi udornica z melišči, kar kaže na aktivno grezanje materiala nad sedanjim podzemnim tokom Prečne. Manjši zatrep v

nadmorski višini med 190 in 195 m je tudi nad stranskim zatrepom. Lahko sklepamo, da je bila erozijska baza zatrepne doline Luknja nekoč v nadmorski višini približno 190 m, kasneje pa je zaradi nenadne spremembe erozijske baze prišlo do vrezovanja. V južnem delu glavnega zatropa se v nadmorski višini 205 m odpira vhod v jamo Orlovo gnezdo. V večjem vodoravnem rovu je tudi ilovica, zato lahko sklepamo da je jama v preteklosti funkcionirala kot izvorna jama. Posrednih dokazov, ki bi kazali na nivo erozijske baze v tej nadmorski višini, v zatrepni dolini ni bilo mogoče prepoznati.

Fotografija 15: Udornica v nekdanjem zatrepu za Lukenjskim gradom.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Severno nad sedanjim zatrepom se je v nadmorski višini približno 240 m izoblikoval zatrep. V njegovem dnu so odložene večje količine ilovnatnega sedimenta. Primerjava nadmorskih višin tega zatropa z nadmorskimi višinami območja Medvedove doline in Suhorskih lazov (v nm. v. ok. 250 m) v smeri ponorov Temenice nakazuje, da bi v starejši fazi Temenica lahko prečila omenjeno območje tudi površinsko. To deloma dokazuje tudi oblikovanost Mirnopoške doline in ponorov reke Temenice, ki zdaj ponika vzhodno od Goriške vasi, ob visokih vodah pa so aktivni tudi ponori 1 km južneje, v smeri zatrepne doline Luknja. Suha dolina v zaledju zatrepne doline je zdaj povsem zakrasela.

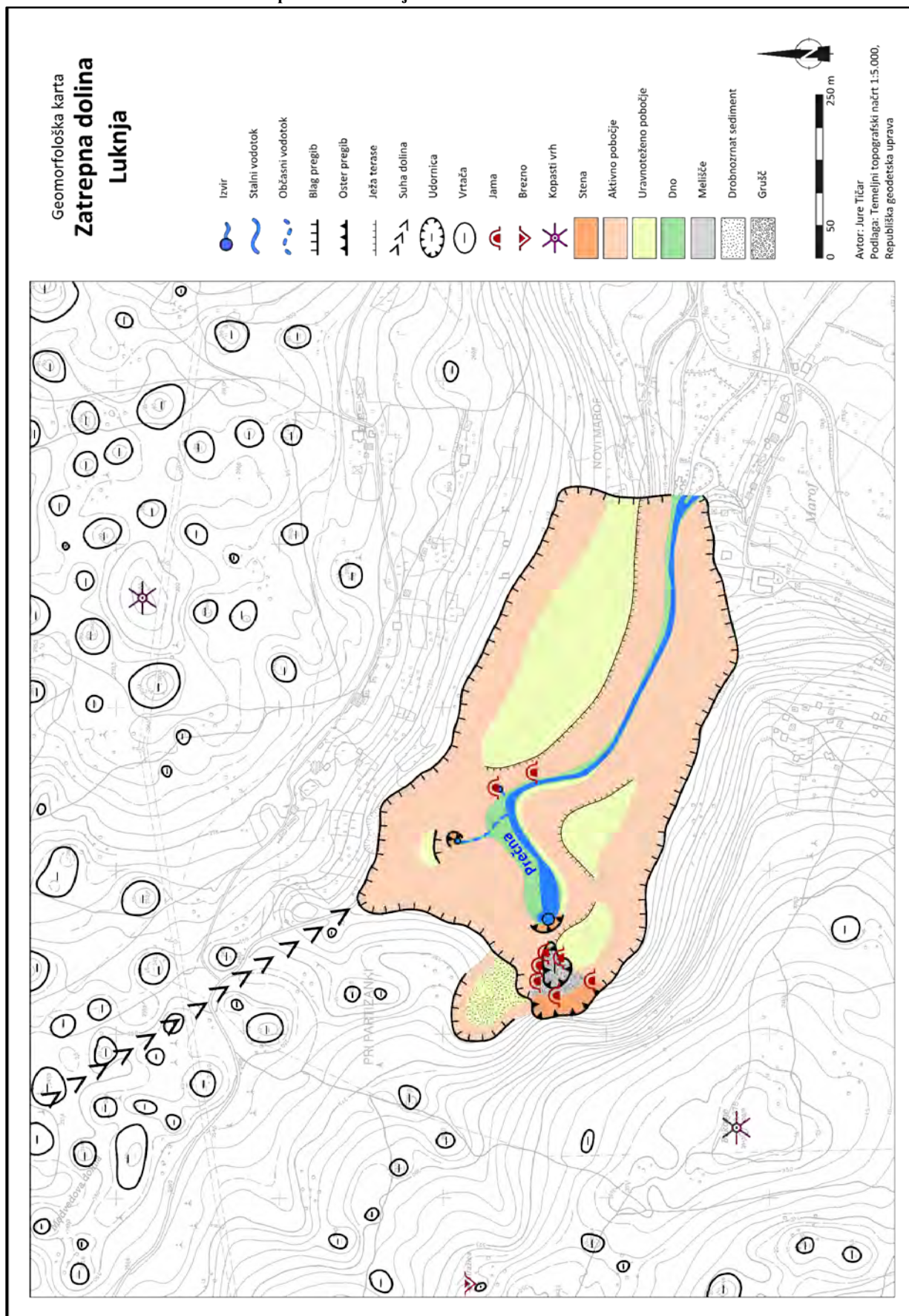
Fotografija 16: Ilovnat sediment v nekdanjem zatrepu na nadmorski višini 240 m.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Pri potrjevanju hipoteze o vrezovanju erozijske baze reke Krke ugotovimo, da se je Krka v 10 km oddaljenem Dolnjem kotu (cca. 200 m.n.v.) vrezala 30 m globoko v višje ležeče terase, v zatrepni dolini Luknja pa lahko zasledimo dokaze o vrezovanju reke Prečna 20–25 m globoko. Zaradi tega lahko sklepamo, da vrezovanje Prečne ni bilo povezano zgolj z lokalno spremembo erozijske baze, temveč z večjimi spremembami v porečju Krke v regionalnem merilu.

Karta 7: Geomorfološka karta zatrepne doline Luknja.



Avtor: Jure Tičar, 2012

3.3.3. ZATREPNA DOLINA STUDENA

Lokacija

Zatrejna dolina Studena se je izoblikovala v osrednjem delu vznožja Gorjancev, približno 1 km jugovzhodno od Kostanjevice na Krki. Dolina je v zatrepu razvita v smeri SV (300°), v drugem delu pa v smeri V–JV (245°).

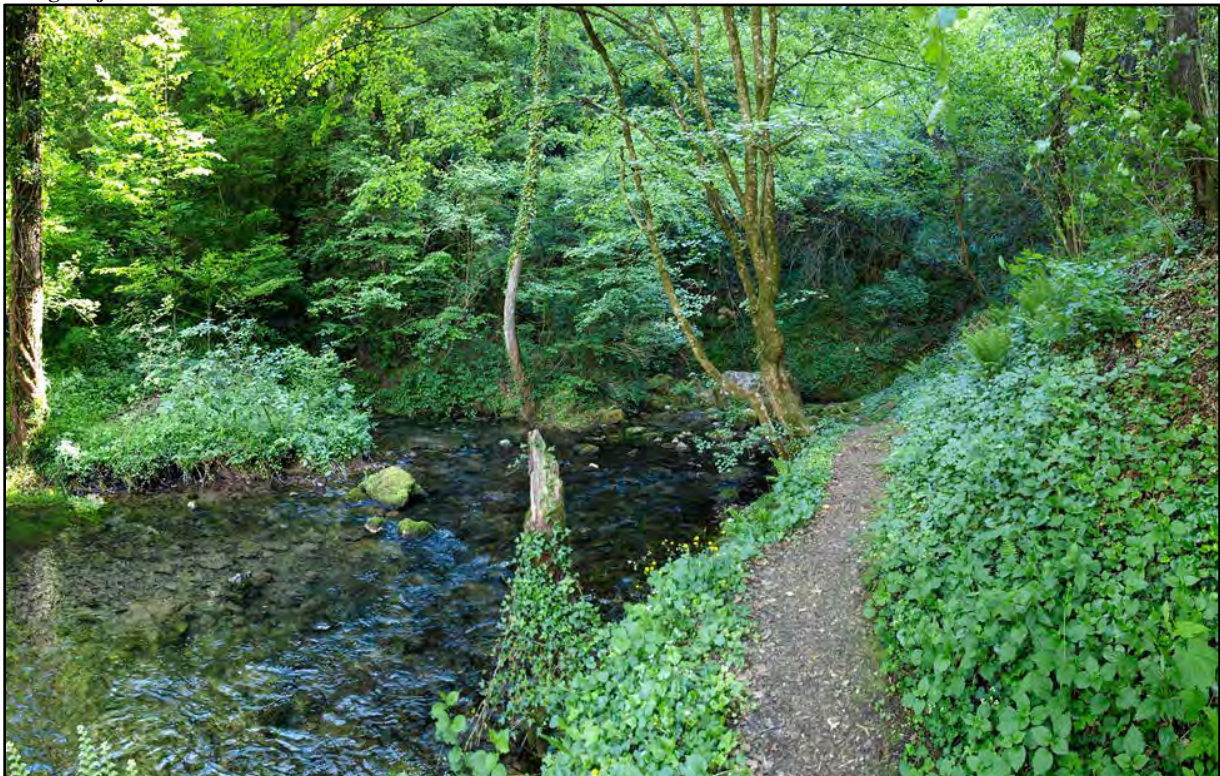
Geološke značilnosti

Zatrejna dolina Studena je nastala v spodnjekrednih mikritnih in biospartinih apnencih z vložki zrnatega dolomitiziranega apnenca in dolomita, ki sestavljajo južni in jugovzhodni del zatrepne doline, njen vzhodni in severni del pa je nastal v zgornjekredni apnenčevi breči. Južno od zatrepne doline Studene se nad omenjenimi plastmi raztezajo še zgornjetriasni dolomiti. Območje zatrepne doline preči prelom v smeri VJV–ZSZ (65°). V osrednjem delu zatrepa se temu prelomu z juga pridruži še manjši prelom v smeri SSV–JJZ (20°) (Pleničar, Premru, 1977).

Hidrološke značilnosti

Izvir Studene je eden izmed večjih kraških izvirov v porečju Krke. Tam se stekajo vode iz širšega zaledja Opatove gore. Največji del vode naj bi pritekal izpod Oštrca in Črneče vasi. Pričakovani dotoki pa so tudi iz smeri Globočic in iz smeri vodotoka Sušica (Novak, 2001). V zatrepni dolini se pojavljajo 4 izviri. Največji med njimi je stalni izvir Studene iz Kostanjeviške jame, močni pa so tudi pritoki iz severnega dela, iz Bizjakove jame, kjer izvir presahne le ob nižjih vodostajih. Ob visokih vodostajih se pojavljajo izviri še na travniku vzhodno od jamarskega doma ter na severni strani nasproti parkirišča. V osrednji del zatrepne doline priteka tudi potok iz smeri Orehovca. Povprečni pretok Studene znaša 0,6 m³/s, pretok v času obilnih padavin naraste do 18,5 m³/s, v času nizkih vodostajev pa pretok upade do 0,09 m³/s (Novak, 2001).

Fotografija 17: Izvir Studene.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Speleološke značilnosti

Na območju zatrepne doline je 5 jamskih objektov. Največja jama v zatrepni dolini je s 1871 m Kostanjeviška jama, katere vhod se odpira v zatrepu južno od izvira Studene. Vhod v jama se je odprl 1. avgusta 1937 po močnem neurju, ko ga je razkrila narasla voda. Jama je nastala v epifreatičnih razmerah, njeni rovi pa se končajo približno 100 m pred udornico Banova jama. Zaradi velike količine grušč, ki prekriva dno zatrepne doline in prihaja iz udornice, lahko sklepamo, da so bili rovi jame paragenetsko preoblikovani. Druga večja jama na območju zatrepne doline je Bizjakova jama, ki je dolga 558 m, njen vhod pa se odpira v severnem zatrepu. Jamo sestavlja splet vodnih rogov, ki potekajo proti vzhodu v smeri Globočic. Zaključni se s sifonom. V zatrepni dolini se odpirajo vhodi še v 3 manjše jame, in sicer Rov pri Kostanjeviški jami (23 m), ki se odpira zahodno od vhoda v Kostanjeviško jama, brezno Pihalnik (12 m), ki se odpira nad izviro Studene, in Spodmol pri Bizjakovi jami (10 m), ki se odpira zahodno od izvira iz Bizjakove jame (Kataster jam JZS, 2012).

Fotografija 18: Ostenje nad vhodom v Kostanjeviško jama.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepne doline med vrhom glavnega zatrepa in iztekom znaša 750 m, skupaj s stranskim zatrepom pa 870 m. Širina zatrepne doline variira med 230 m v zatrepu in 330 m v izteku. Dno zatrepne doline je z 210 m najširše v izteku, s 50 m pa najožje v osrednjem delu zatrepne doline. Reka Studena izvira v nadmorski višini 156 m, nad njo pa se dvigajo aktivna pobočja. Večje ostenje se je izoblikovalo nad vhodom v Kostanjeviško jama in je visoko približno 30 m. Najvišja točka oboda zatrepne doline in glavnega zatrepa je v nadmorski višini približno 205 m, obod stranskega zatrepa je v nadmorski višini 195 m. Iztek zatrepne doline je v nadmorski višini 153 m.

Glavni zatrep v zatrepni dolini Studena se je izoblikoval na jugovzhodni strani. Sestavlja ga približno 30 m visoko ostenje, ki se dviga nad vhodom v Kostanjeviško jamo. Pod ostenjem se pojavljajo veliki skalni bloki, s premerom tudi 2–3 m, ki so antropogeno zasuti. Pobočja so tu precej aktivna, saj se s sten vseskozi kruši kamenje. Aktivna pobočja segajo do dna zatropa. Nad izvirov Studene so se izoblikovala melišča in aktivna pobočja, ki segajo do dna zatropa.

Stranski zatrep se je izoblikoval na severovzhodni strani doline. Nad izvirov, ki prihaja iz Bizjakove jame, se dviga približno 20 m visoko ostenje, ki se proti severovzhodu postopoma znižuje. Nad zatrepom je večja vrtača, ki je odprta v smeri zatropa, na vzhodu pa se v zatrep steka erozijski jarek. Izvir se pojavlja v nadmorski višini približno 156 m.

Pobočja v zatrepni dolini Studena so zelo raznolika. Pobočja na desnem bregu Studene so skoraj v celoti aktivna in segajo do dna zatrepne doline. Manjše ostenje se je izoblikovalo zgolj v stranskem zatrepu, nad njim pa se v pobočju odpira vrtača z uravnoteženimi pobočji. V izteku so na desnem bregu pobočja proti dnu bolj uravnotežena, v višini približno 160 m pa je manjša terasa. Pobočja na levem bregu Studene so skoraj v celoti uravnotežena, le v glavnem zatrepu se pojavljajo večja ostenja, pod njimi pa aktivna pobočja in melišča. Pobočja v celotni zatrepni dolini z blagim pregibom prehajajo v okoliško kraško pokrajino.

Dno zatrepne doline Studena je med obema zatrepoma razširjeno, v osrednjem delu pa se dno zoži. Po sotočju s potokom, ki priteka iz smeri Orehovca, se dno zatrepne doline proti izteku razširi. V celoti je prekrito z gruščem, reka Studena pa je zarezana 1–2 m globoko v naplavine. Dno je močno antropogeno preoblikovano.

Fotografija 19: Iztek zatrepne doline Studena.

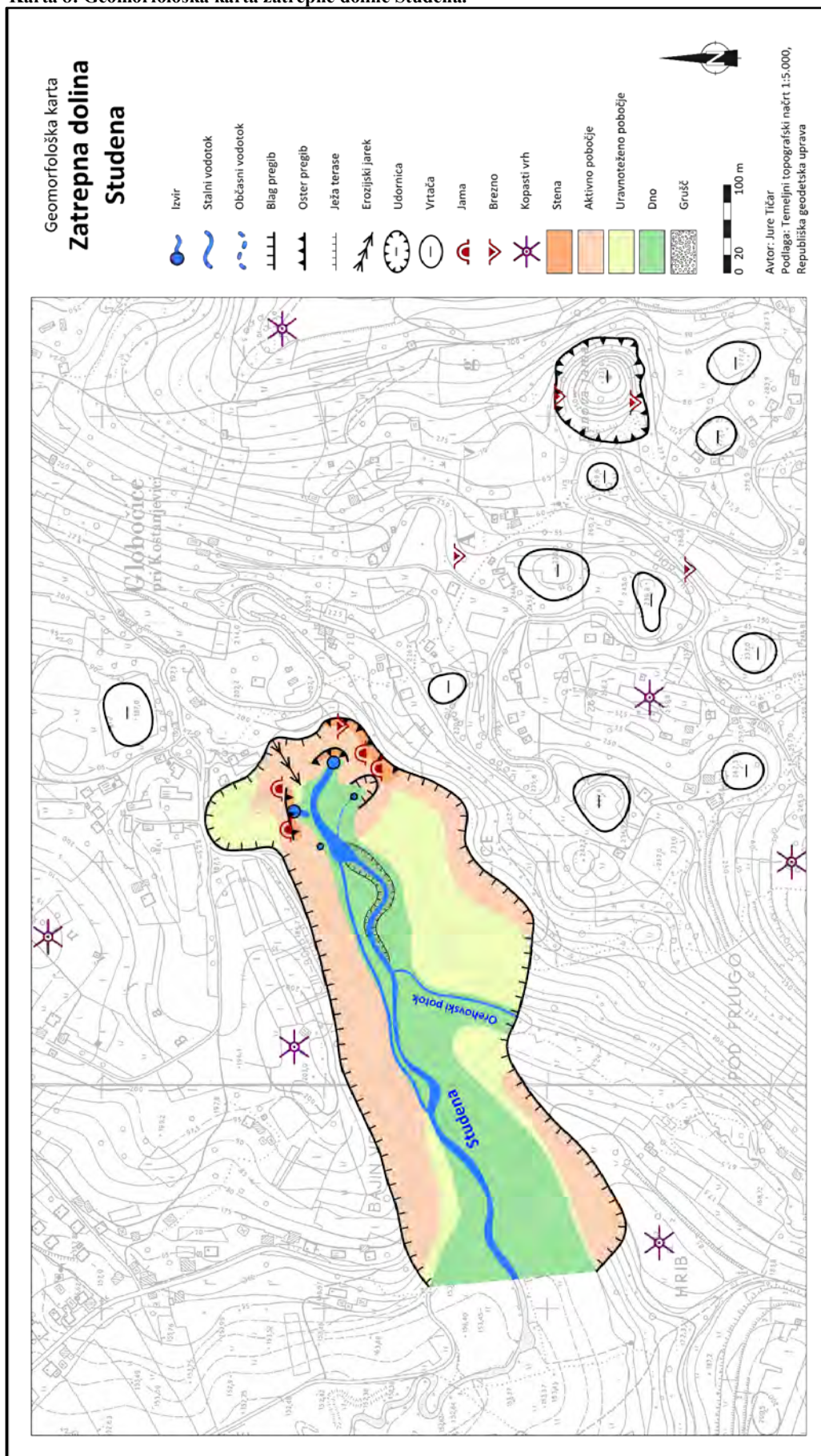


Avtor: Jure Tičar, 2012

Morfogenetske značilnosti

Zatrepna dolina Studena je nastala na območju preloma, ki poteka v smeri VJV–ZSZ (65°). Pobočja na desnem bregu so po večini aktivna, pobočja na levem bregu uravnotežena. Večja ostenja se pojavljajo zgolj v zatrepih. Terasa ob izteku zatrepne doline se je izoblikovala 5 m nad tokom Studene, kar omogoča domnevo, da so to ostanki prejšnjega nivoja ravnine, v katero se izteka zatrepna dolina in jo najverjetneje sestavlja grušč iz udornice Banova jama. Struga reke Studena je mestoma zarezana tudi 1,5 m globoko v gruščnate naplavine, tako da v zadnjem obdobju v dnu zatrepne doline prevladujejo procesi erozije zaradi znižanja nivoja ravnine, v katero se izteka zatrepna dolina. Glede na uravnoteženost južnih pobočij lahko sklepamo, da je zatrepna dolina že precej stara. V stranskem zatrepu je prišlo do združevanja pobočja s sufuzijsko vrtačo, ki je najverjetneje nastala zaradi spiranja materiala v Bizjakovo jamo. Rast zatrepne doline v smeri glavnega zatropa je razvidna iz obilice podornega materiala, melišč in ostenja, ki se dviguje nad izvirov in vhodom v Kostanjeviško jamo. Zaradi močnih izvirov, ki so najverjetneje povezani s prelomnimi strukturami, je očitno, da se bo rast zatrepne doline nadaljevala prav v tej smeri.

Karta 8: Geomorfološka karta zatrepne doline Studena.

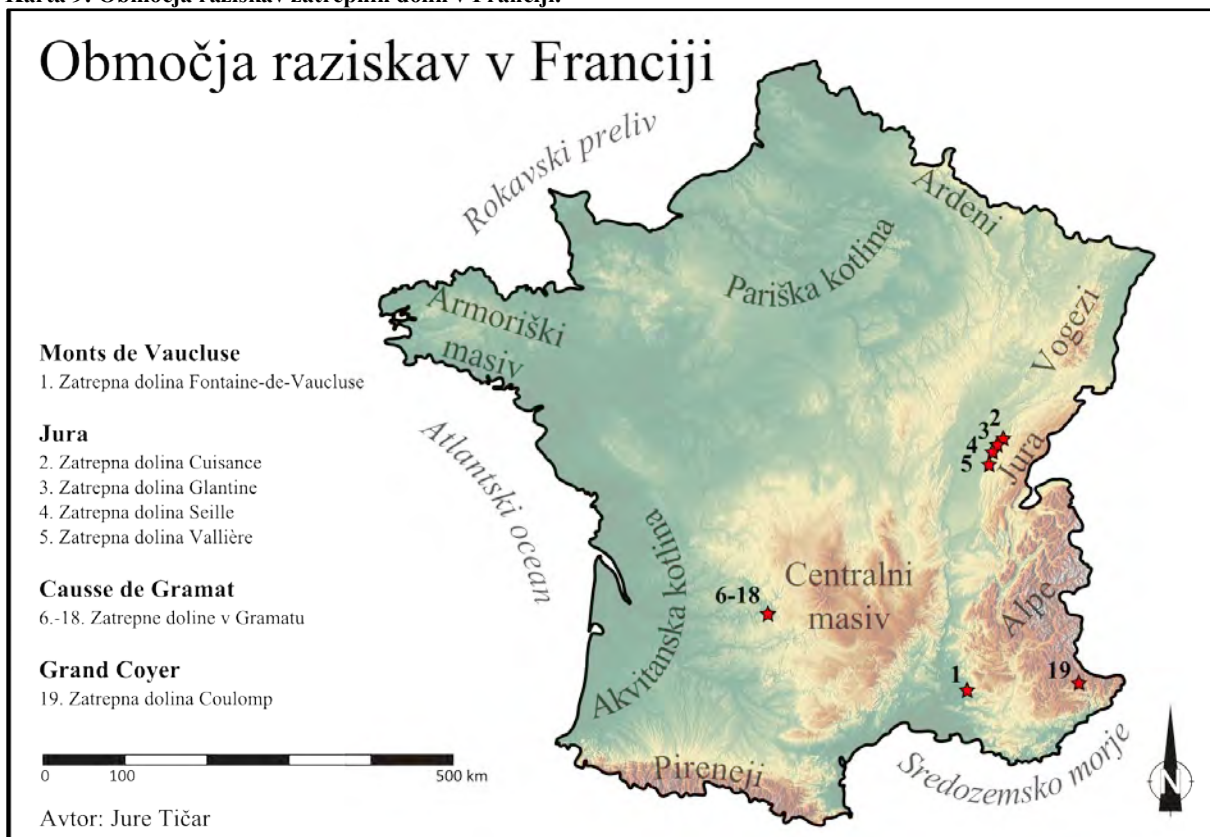


Avtor: Jure Tičar, 2012

4. OBMOČJA RAZISKAV V FRANCIJI

V Franciji so bila raziskana 4 različna kraška območja, na katerih so se razvile zatrepne doline. Sprva je bilo proučeno območje kraškega masiva Monts de Vaucluse, kjer se je izoblikovala zatrepna dolina Fontaine-de-Vaucluse. Sledile so raziskave obrobja kraške planote Lons-le-Saunier, ki sestavlja zahodni del Francoske Jure, na katerem so se izoblikovale zatrepne doline Cuisance, Glantine, Seille in Vallière. Na območju planote Causse de Gramat je bilo proučenih trinajst zatrepnih dolin erozijskega tipa. Raziskave v Franciji so se zaključile na območju Alp Visoke Provanse, kjer je bila proučena zatrepna dolina Coulomp. Skupaj je bilo tako v Franciji proučenih devetnajst zatrepnih dolin.

Karta 9: Območja raziskav zatrepnih dolin v Franciji.



Avtor: Jure Tičar, 2012

4.1. MONTS DE VAUCLUSE

Značilnosti območja

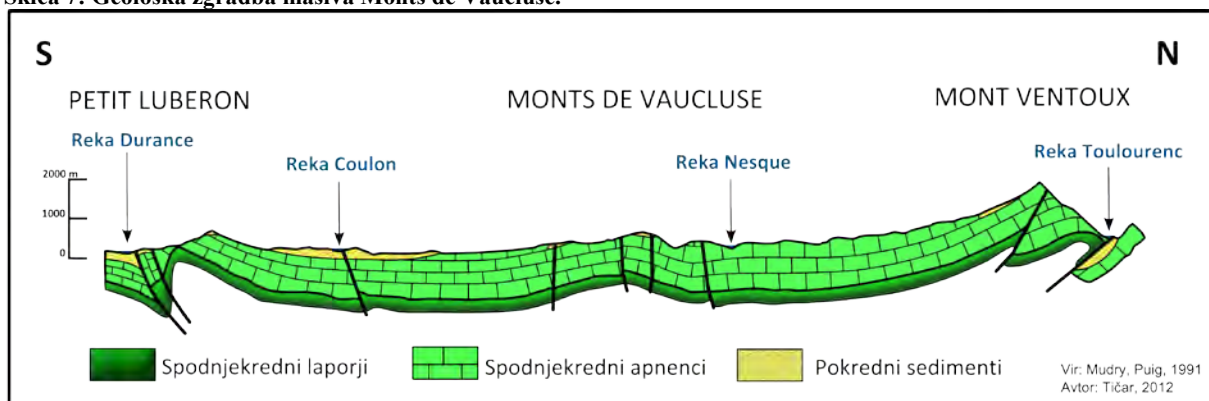
Masiv Monts de Vaucluse je predalpsko hribovje južne Francije in se razteza na severozahodu Provanse. Ima značilno alpsko slemenitev od zahoda proti vzhodu, ki je najizrazitejša v njegovem severnem in južnem delu. Masiv na severu omejujeta dolini Jarbon in Toulourenc, na vzhodnem delu nižavje ob reki Durance, na jugu dolina reke Coulon ter na zahodu dolina reke Rone. Najvišje predele gorskega masiva sestavljata vrhova Mont Ventoux na severozahodu s 1912 m in Lure na vzhodu s 1827 m. Osrednji del masiva se razteza med 700 in 1.000 m nadmorske višine, povprečna višina celotnega območja je okoli 870 m (Mudry, Puig, 1991). Čeprav je območje zakraselo, so v reliefu prepoznavne številne fluvialne reliefne oblike – suhe doline. Fosilne rečne oblike na površju so najpogostejše na vzhodnem in zahodnem delu masiva. Na južnih pobočjih gorovja Monts de Vaucluse se

pojavljajo številne suhe doline, katerih rečni meandri so se vrezali tudi več kot 100 m globoko v kraško površje.

Osnovna geološka struktura masiva Monts de Vaucluse je monoklinala, ki je rahlo nagnjena proti jugu. V dolini reke Coulon prehaja geološka struktura v sinklinalo, ki se nato z masivom Luberon dvigne v antiklinalo (Mudry, Puig, 1991).

Masiv gradijo plasti spodnjekrednega apnenca, globoke več kot 1000 m (Gilli, Audra, 2004; Couturaud, Puig, 1992). Pod njimi so laporji in lapornati apnenci spodnje kredne starosti, ki imajo vlogo hidrološke pregrade (Mudry, Puig, 1991). Plasti apnenca se v sinklinali potopijo pod dolino reke Coulon, na njih pa so naložene spodnjekredne in oligocenske plasti laporjev, peščenjakov in apnencev. Ob reki Coulon so odložene še kvartarne in recentne naplavine peska in melja. Antiklinalo masiva Luberon gradijo na zahodu (severni del Petit Luberon) do 600 m debele plasti spodnjekrednega apnenca. Proti vzhodu in jugu te plasti preidejo v spodnjekredne apnenca, lapornate apnenca in laporje, ki gradijo večji del masiva Luberon (Geološka karta..., 1989a; Geološka karta..., 1989b).

Skica 7: Geološka zgradba masiva Monts de Vaucluse.



Avtor: Jure Tičar, 2012; Vir: Mudry, Puig, 1991

Območje masiva seka serija prelomov v smeri S–SV (30°) in J–JV (145°). Na zahodu je kras omejen s prelomom Cavaillon/Fontaine-de-Vaucluse, ki ločuje kenozojske kamnine v nižavju reke Rone in kotlini Carpentras od krednih apnencev masiva Monts de Vaucluse. (Gilli, Audra, 2004).

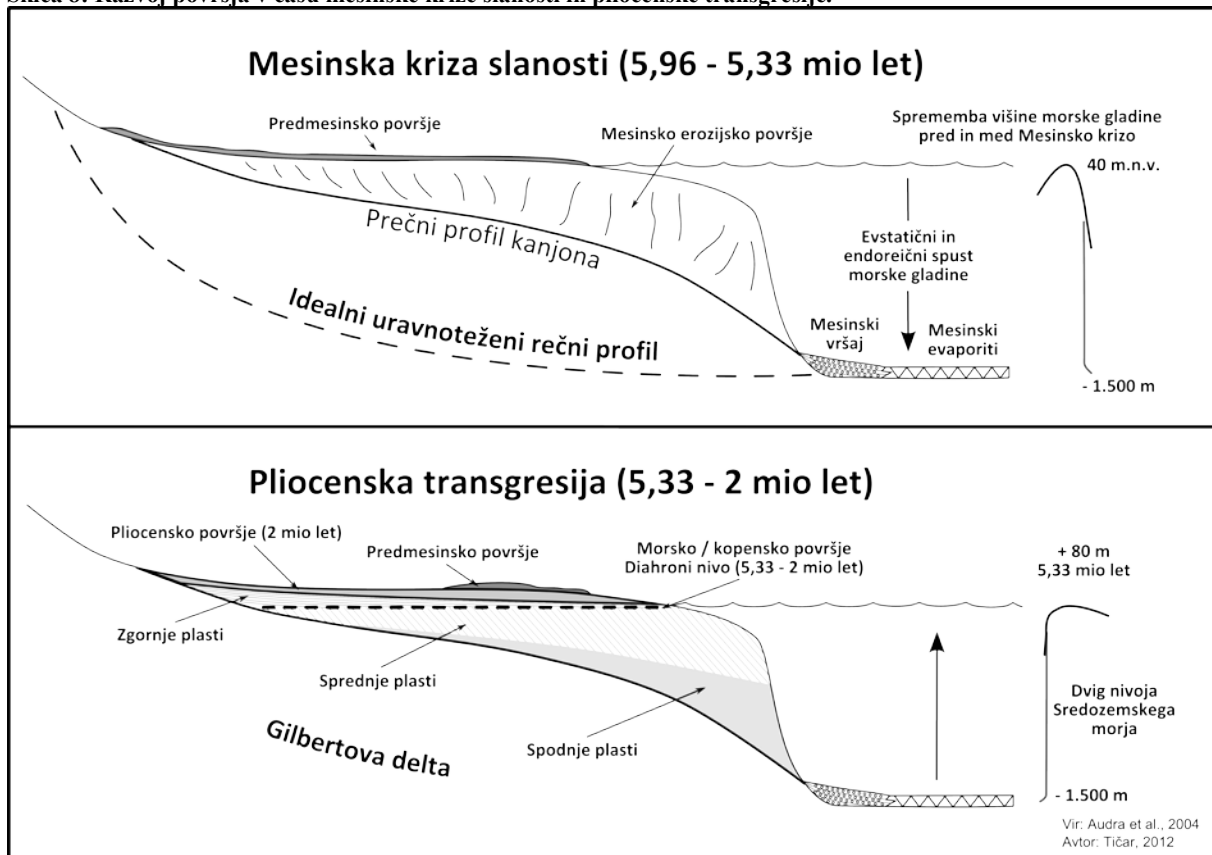
Geomorfološki razvoj območja

Konec miocena razvoj površja močno zaznamuje mesinska kriza, ki označuje tudi konec omenjene dobe. Zaradi upada gladine vode v vodonosnikih so se razvili globoki kraški sistemi, glavne rečne doline pa so se zarezale v kanjone. Kanjon reke Rone se je ob sotočju z reko Ardèche zarezal 576 metrov globoko v kredno karbonatno platformo oz. 1300 m pod sedanjo morsko gladino. Vrezovanje glavnih rečnih dolin je vplivalo tudi na hidrološke razmere njihovih pritokov (Audra et al., 2004).

Obdobju mesinske krize je sledilo naraščanje morske gladine, ki je v manj kot 20 letih zalila kotanjo Sredozemskega morja in rečne kanjone, ki so se oblikovali na kontinentalnem robu. Obdobju mesinske krize je sledila pliocenska transgresija, med katero je gladina morja narasla na najvišji nivo v zadnjih 10 milijonih let. Globoki jamski sistemi, ki so bili med mesinsko krizo aktivni, so bili nato potopljeni, zaradi česar se je iztok vode iz kraškega sistema vzpostavil z reaktivacijo nekdanjih neaktivnih jamskih sistemov oz. v obliki vokliških izvirov. Potopitvi kanjonov je med 3,8–2 milijona let sledilo še zasutje z morskimi in rečnimi sedimenti v obliki Gilbertove delte. Povečana sedimentacija je povzročila dvigovanje kraških

izvirov do sedanjega nivoja. S tem se je iztok iz kraškega vodonosnika Monts de Vaucluse v obdobju mesinske krize in pliocenske transgresije prestavil iz izvira Aven de Valescure v Fontaine-de-Vaucluse (Audra et al., 2004).

Skica 8: Razvoj površja v času mesinske krize slanosti in pliocenske transgresije.



Avtor: Jure Tičar, 2012; Vir: Audra et al., 2004

Hidrološke značilnosti

Kraški vodonosnik obsega kar 1400 km² veliko območje, napaja pa ga izključno avtigena voda v obliki padavin (Gilli, Audra, 2004). Večina vode (95%) iz vodonosnika izteka v kraškem izviru Fontaine-de-Vaucluse (Mudry, Puig, 1991), ki je eden izmed najpomembnejših izvirov v Franciji. Minimalni pretok izvira Fontaine-de-Vaucluse znaša 4 m³/s, srednje vrednosti se gibljejo okoli 20 m³/s. V času nizkega vodostaja so aktivni nižji izviri, s povečanjem pretoka nad 22 m³/s pa se aktivira glavni vokliški izvir v nadmorski višini 105 m. Najvišji pretoki lahko dosežejo do 120 m³/s. Hitro naraščanje in počasno upadanje pretoka vode v izviru po močnejšem deževju kaže na razvitost kraškega sistema (Gilli, Audra, 2004).

Speleološke značilnosti

Večina speleoloških objektov masiva Monts de Vaucluse se je razvila v vadozni coni, zaradi česar prevladujejo brezna. Izostanek horizontalnega razvoja pri večini brezen nakazuje, da na njihov razvoj ni vplival nivo piezometra, razen v primeru brezna Trou Souffleur (Mudry, Puig, 1991). To brezno sestavlja serija med seboj povezanih brezen in meandrov, ki v globini okoli -600 m preidejo v epifreatični jamski sistem, kakršnega je ustvarila podzemna reka Albion. (Mudry, Puig, 1991). Speleološke raziskave so leta 2002 napredovale do sifona v globini -746 m (104 m n.m.v.), ki predstavlja najnižji nivo epifreatičnega sistema in se je izoblikoval le nekaj metrov višje od nivoja izvira Fontaine-de-Vaucluse. Epifreatični del jame deluje kot prevodnik visokih vod v masivu Monts de Vaucluse (Goepfert, 2008).

Fotografija 20: Izvir Fontaine-de-Vaucluse.



Avtor: Jure Tičar, 2011

4.1.1. ZATREPNA DOLINA FONTAINE-DE-VAUCLUSE

Lokacija

Zatrepana dolina Fontaine-de-Vaucluse se je izoblikovala na jugozahodnem vznožju masiva Monts de Vaucluse, 6 km vzhodno od mesta L'Isle-sur-la-Sorgue. Njen osrednji del se je razvil v smeri S–SZ (330°), iztek zatrepne doline pri mostu v naselju Fontaine de Vaucluse v smeri Z–JZ (240°).

Geološke značilnosti

Zatrepana dolina Fontaine-de-Vaucluse je nastala v masivnih spodnjekrednih apnencih. Več metrov debele plasti apnencev se med seboj razlikujejo, saj so se v določenih plasteh izoblikovali številni spodmoli. Na zahodnem robu zatrepno dolino omejuje močen prelom v smeri S (5°), ob njem pa se je izoblikoval tudi iztek zatrepne doline. Zahodno od preloma je ožji pas oligocenskega apnenca in miocenskih peščenjakov. Izvirni del doline se je razvil ob razbremenilnih prelomih v smeri S (10°), ki so vidni tudi v steni zatrepa in v površinskih oblikah. Ob enem izmed teh prelomov se je izoblikoval tudi izvir Fontaine-de-Vaucluse (Geološka karta..., 1989a; Geološka karta..., 1989b).

Fotografija 21: Vokliški izvir Fontaine-de-Vaucluse je bil raziskan vse do globine 308 m.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Hidrološke značilnosti

Pod stenastim zatrepom se je izoblikoval vokliški izvir reke Source. Povprečni pretok znaša okoli $20 \text{ m}^3/\text{s}$, v času suše lahko upade na $4 \text{ m}^3/\text{s}$, v času obilnih padavin pa naraste na $120 \text{ m}^3/\text{s}$. Najizdatnejši izvir v zatrepni dolini je pod stenami v začetnem delu zatrepa, vendar je aktiven zgolj občasno, v času najvišjih pretokov. Stalni stranski izviri v nižjih delih zatrepne doline so manj izdatni (Gilli, Audra, 2004). V erozijskem jarku na vzhodnem pobočju se v času obilnejših padavin pojavi manjši površinski vodotok.

Speleološke značilnosti

Na območju zatrepne doline je 12 manjših jamskih objektov. Nekateri med njimi so lahko v preteklosti delovali kot izvirne jame (Bureau..., 2012). Med raziskavami zatrepne doline je bila namreč odkrita nova jama, v kateri so bili odkriti prodniki.

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepne doline med vrhom zatrepa in njegovim iztekom znaša 770 m, njena širina pa variira med 190 m v zatrepu in 710 m v erozijskem jarku na vzhodnem pobočju. Dno zatrepne doline je z 90 m najširše pred rečnim zavojem, z 10 m pa najožje v rečni strugi za izvirom. Reka Source izvira v nadmorski višini 105 m, nad izvirom pa se dviga 233 m visok stenast zatrep. Najvišja točka oboda zatrepne doline je v nadmorski višini 410 m, obod zatrepa je v nadmorski višini 338 m. Iztek zatrepne doline je v nadmorski višini 79 m. Zatrep v dolini Fontaine-de-Vaucluse je izoblikoval na južni strani. Naklon stene je glede na dno zatrepne doline skoraj pravokoten. V steni je zviden prečni prelom, ob katerem je nastal izvir. Pod steno so večji skalni bloki ($5 \times 5 \text{ m}$). Vzhodno in zahodno od izvira se stene zatrepa znižujejo zaradi naraščanja vzhodnega in zahodnega pobočja.

Fotografija 22: Vzhodno pobočje zatrepne doline Fontaine-de-Vaucluse.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Vzhodno pobočje ob zatrepu sekajo prelomi v smeri S (10°), zaradi česar je tu nastalo aktivno pobočje. Proti severu se v pobočju dvigujejo skalni osamelci in strukturne stopnje, pod katerimi so melišča. V osrednjem delu vzhodnega pobočja je erozijski jarek, ki sega do oboda zatrepne doline. Pod njim se je izoblikoval večji vršaj, melišča pa so v nižjem delu po večini že sprijeta v brečo. Na severovzhodnem delu zatrepne doline so pobočja razčlenjena s strukturnimi stopnjami, pod katerimi so melišča. V plasteh apnenca v nadmorski višini med 160 in 175 m se je izoblikovala serija manjših živoskalnih spodmolov ($5 \times 5 \text{ m}$), ki so globoki do 5 metrov. V nadmorski višini 280 m je velik živoskalni spodmol, katerega vhod meri $15 \times 15 \text{ m}$, globok pa je okoli 20 m. Vzhodno pobočje tako v večini sestavljajo melišča, ki jih mestoma prekinjajo strukturne stopnje oz. skalni osamelci. Obod vzhodnega pobočja sestavlja 30 m visoko ostenje.

Zahodno pobočje ob zatrepu zapolnjuje večje aktivno melišče, nad njim pa je 40 m visoka stena. Severno od melišča sta dva skalna osamelca, pod njima pa manjše melišče. Obod zatrepne doline je v zahodnem delu nižji in se postopoma spušča do strukturne stopnje nad iztekom zatrepne doline. Na zahodnem pobočju se pojavljata dve strukturni stopnji. Tam se je v nadmorski višini med 110 in 115 m izoblikovala serija spodmolov. Zahodno pobočje v večini sestavljajo stene, pod katerimi so manjša melišča.

Fotografija 23: Vzhodno pobočje zatrepne doline Fontaine-de-Vaucluse z dolino reke Rone v ozadju.



Avtor: Jure Tičar, 2011

V dnu zatrepne doline je v živo skalo zarezano korito reke Source, edina razširitev (90 m) pa je pred iztekom zatrepne doline. Rečno korito pod zatrepom zapolnjujejo veliki skalni bloki iz okoliških pobočij. Tu se je izoblikoval večji nasipni stožec, prek katerega se tok preliva le ob najvišjih pretokih. Pobočje proti notranjosti izvira sestavlja pesek in večje zaobljeno kamenje. Struga je v zgornjem delu zaradi neaktivnosti glavnega izvira po večini suha, sestavljajo pa jo večji zaobljeni skalni (2x2 m) bloki in prod. Dno zatrepne doline za manjšimi izviri prekrivajo večji prodni nanosi s prodniki s premerom do 1 m, ki na zahodnem delu oblikujejo manjšo teraso. Ob izteku je struga zarezana 20 m globoko v živoskalno osnovo, ki je prekrita z večjimi prodniki. Iztek zatrepne doline je širok 50 m.

Fotografija 24: Stenski žlebiči v izviru Fontaine-de-Vaucluse v globini 254 m.

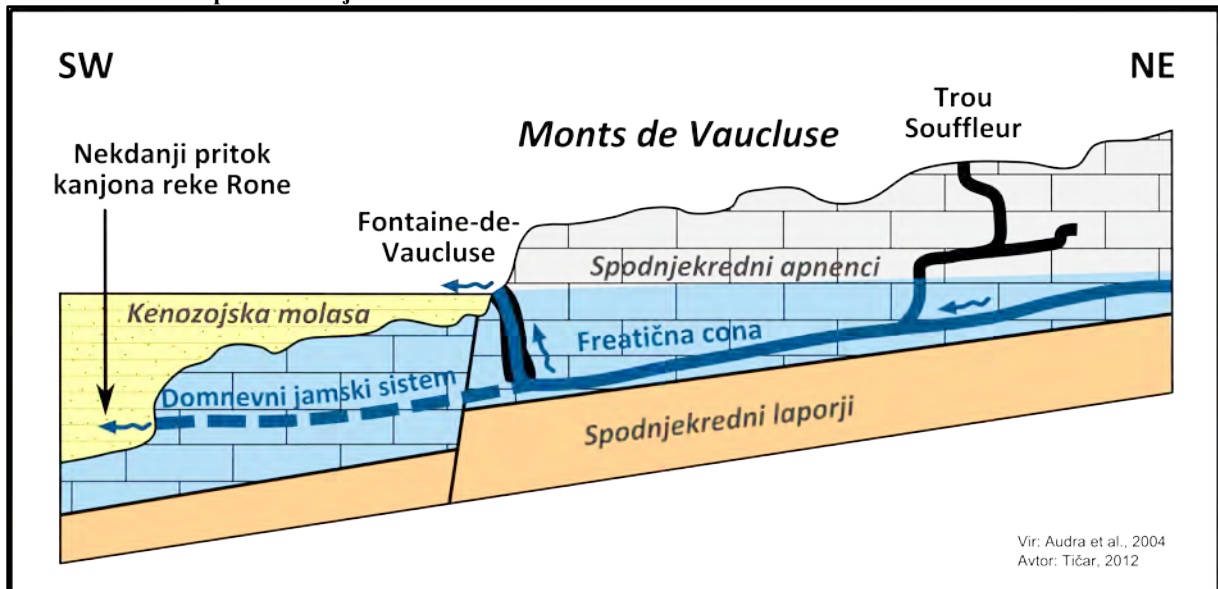


Vir: Gilli, Audra, 2004

Morfofenetske značilnosti

Prvotni iztok iz kraškega vodonosnika *Monts de Vaucluse* je predstavljal izvir *Aven de Valescure*, katerega vhod je 2,8 km severno od izvira *Fontaine-de-Vaucluse*. V času mesinske krize med 5,96 in 5,33 milijoni let je reka *Rona* ustvarila globok kanjon, zaradi česar se je začela poglobljati tudi dolina reke *Sourge*. V kraškem vodonosniku so se sčasoma aktivirali globoki freatični sistemi, ki so odvajali vodo z masiva *Monts de Vaucluse* neposredno v kanjon *Rone* (Audra et al., 2004). Novejše podvodne raziskave izvira *Fontaine-de-Vaucluse* so razkrile, da je bil izvir v času mesinske krize pod vplivom epifreatičnih razmer, na kar nakazujejo stenski žlebiči v globini 254 m. V času pliocenske transgresije med 5,33 in 2 milijonoma let so se globoki rečni kanjoni zapolnili z vodo, kasneje pa tudi z rečnimi in morskimi sedimenti. Odtok vode se je zaradi tega iz globokih freatičnih sistemov prestavil v nov izvir *Fontaine-de-Vaucluse*. Najvišji nivo pliocenskega morja je segal do nadmorske višine sedanjega izvira. Nad izvirov so bile namreč odkrite litofage, 1,5 cm velike vdolbine, ki so jih izdolble školjke, živeče v bibavičnem pasu (Gilli, Audra, 2004). Nastanek zatrepne doline *Fontaine-de-Vaucluse* lahko tako uvrščamo v čas pliocenske transgresije.

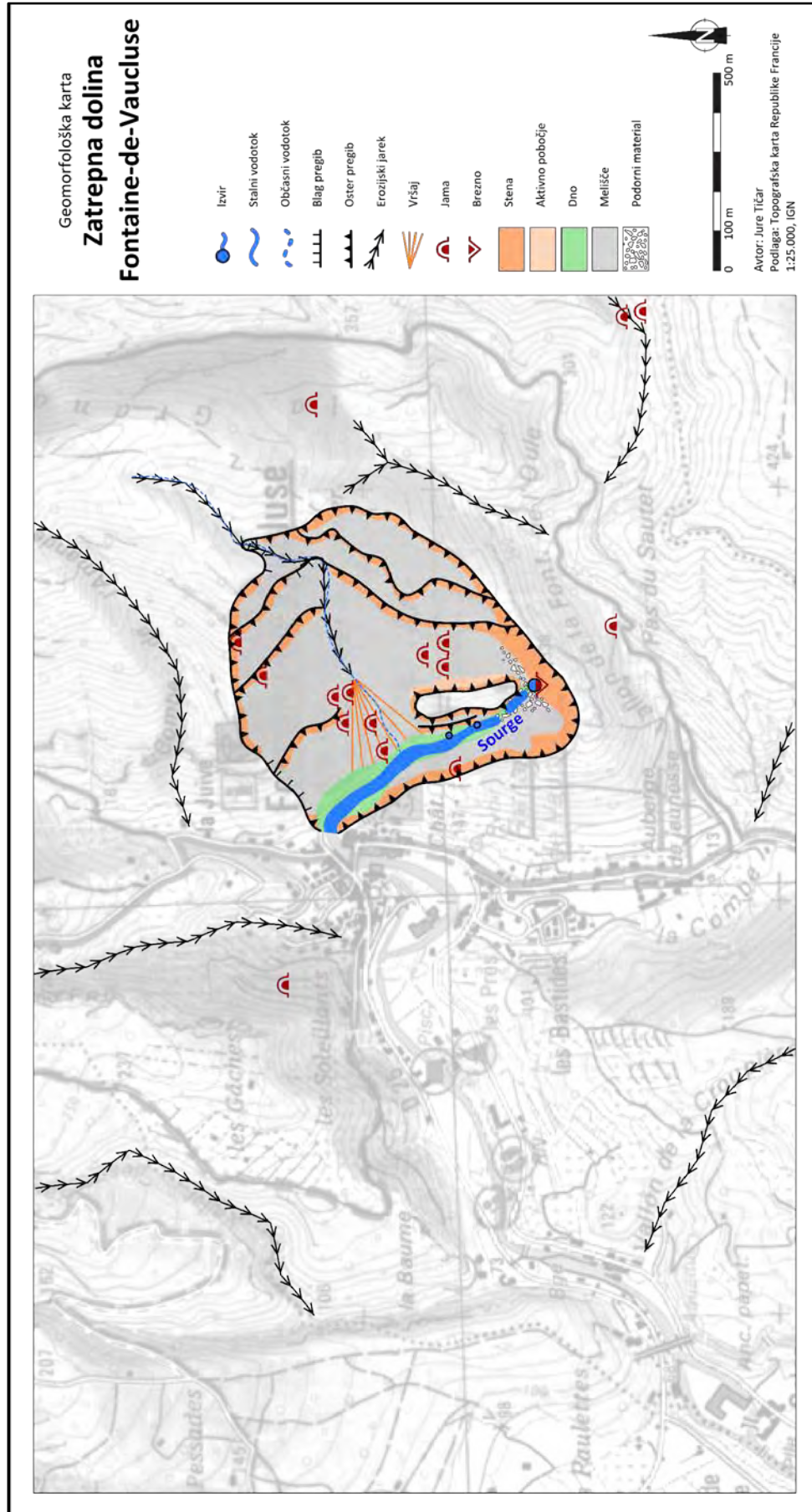
Skica 9: Shematični prikaz razvoja izvira *Fontaine-de-Vaucluse*.



Avtor: Jure Tičar, 2012, Vir: Audra et al., 2004

Zadenjska erozija je bila v času po pliocenski transgresiji najverjetneje manj intenzivna, saj so litofage neposredno nad sedanjim izvirov in so stare vsaj 2 milijona let. Na upočasnitev zadenjske erozije je lahko vplivala tudi oblikovanost vokliškega izvira, ki se skoraj navpično spušča do globine 308 m. Kljub temu je proces zadenjske erozije še vedno živ. Pod stenami zatropa so številni podorni bloki, ki oblikujejo nasipni stožec pod najvišjim izvirov. V času po pliocenski transgresiji so zelo aktivni pobočni procesi, saj se na pobočjih pojavljajo številna melišča, še posebej v vzhodnem erozijskem jarku. Iztek zatrepne doline se je najverjetneje izoblikoval po znižanju morske gladine po pliocenski transgresiji, ko je voda zaradi povečanega gradienta v apnenc zarezala manjši kanjon. Dinamiko razvoja zatrepne doline bi bilo mogoče kronološko umestiti na podlagi datacij sedimentov in sige v fosilnih jamah na pobočjih zatrepne doline.

Karta 10: Geomorfološka karta zatrepne doline Fontaine-de-Vaucluse.



Avtor: Jure Tičar, 2012

4.2. JURA

Značilnosti območja

Masiv Jura se razteza na meji med vzhodno Francijo, zahodno Švico in jugozahodno Nemčijo. Razteza se v dolžini 400 km in širini 70 km, ter predstavlja nagubano predalpsko gorovje severozahodno od Zahodnih Alp. Na zahodu območje omejujejo ravnine rek Saône, Bresse in Rone, na vzhodu pa kotlina Molasse. Masiv Jura se postopoma dviguje od zahoda proti vzhodu, zanj pa je značilno izmenjevanje sinklinal in antiklinal nagubanega gorstva (Reilé, 2010). Na prehodu iz ravnine Bresse v masiv znaša nadmorska višina okoli 250 m, kasneje pa se v najvišjem delu 60 km oddaljene Notranje Jure dvigne do 1718 m. Površje masiva je močno zakraselo predvsem v temenih antiklinal, sinklinala pa imajo po večini površinske vodotoke, med katerimi je osrednja reka Ain. Močno geomorfološko preoblikovanje površja v času pleistocenskih poledenitev se izraža v številnih nanosih ledeniškega materiala, morenah in ledeniških jezerih.

Mezozojske karbonatne kamnine, ki gradijo masiv Jure, dosega maksimalno globino 1,5 km na severu, okoli 2 km v osrednjem delu in več kot 3 km na jugu. Masiv sestavljajo predvsem jurski apnenci in vmesne plasti laporja (Sommaruga, 1997). Nastanek Jure se povezuje z začetkom alpske orogeneze pred približno 30 milijoni let (Reilé, 2010). Večje prelomne strukture, ki potekajo skozi masiv Jure, so orientirane povečini v smeri S–J v vzhodnem delu masiva in se proti zahodnemu delu Jure postopoma preusmerijo v smeri Z–SZ–V–JV (Sommaruga, 1997).

Geomorfološki razvoj območja

Zakrasevanje Jure se je začelo v terciarju in se nadaljuje še zdaj. V obdobju eocena je prišlo do sprememb v sedimentaciji zaradi tropskega podnebja. Pri tem so nastali ferogeni sedimenti, ki jih najdemo v fosilnem krasu. V oligocenu je aktivna tektonika spremenila eocensko površje. V obdobju miocena je erozija na območju Jure kljub tropskemu podnebj u ustvarila uravnava. Proti koncu miocena sta pod vplivom gubanja in močne erozije nastali sedanja struktura in izoblikovanost površja. V času zgornjega pleistocena se je podnebje ohladilo, prav tako je bil večji delež padavin, kar je prispevalo k vplivu vsaj dveh ledenih dob na tem območju. Sedanje kraške oblike in večina jam se je izoblikovala verjetno med pliocenom in kvartarjem (Bienfait, 1991).

Hidrološke značilnosti

Litološke značilnosti Jure določajo obstoj dveh kraških vodonosnikov, ki sta ločena z lapornatim akvikludom (Reilé, 2010). Izviri (ponekod občasni) se največkrat pojavljajo na robovih sinklinal, kjer so tudi jezera. Osrednji del Jure po večini odvajajo vode v švicarska jezera, kot so Neuchâteljsko jezero in jezero Bielersee, od tam pa v porečje Rena. Na zahodni strani Jure so pritoki Rone, med katerimi lahko izpostavimo reki Ain (190 km) in Doubs (453 km) ter njune pritoke (Miserez, 1973). V zahodnem delu masiva Jure se pojavljajo številni kraški izviri, ki odvajajo vodo iz zakraselih planot, v katerih so se razvile tudi obravnavane zatrepne doline.

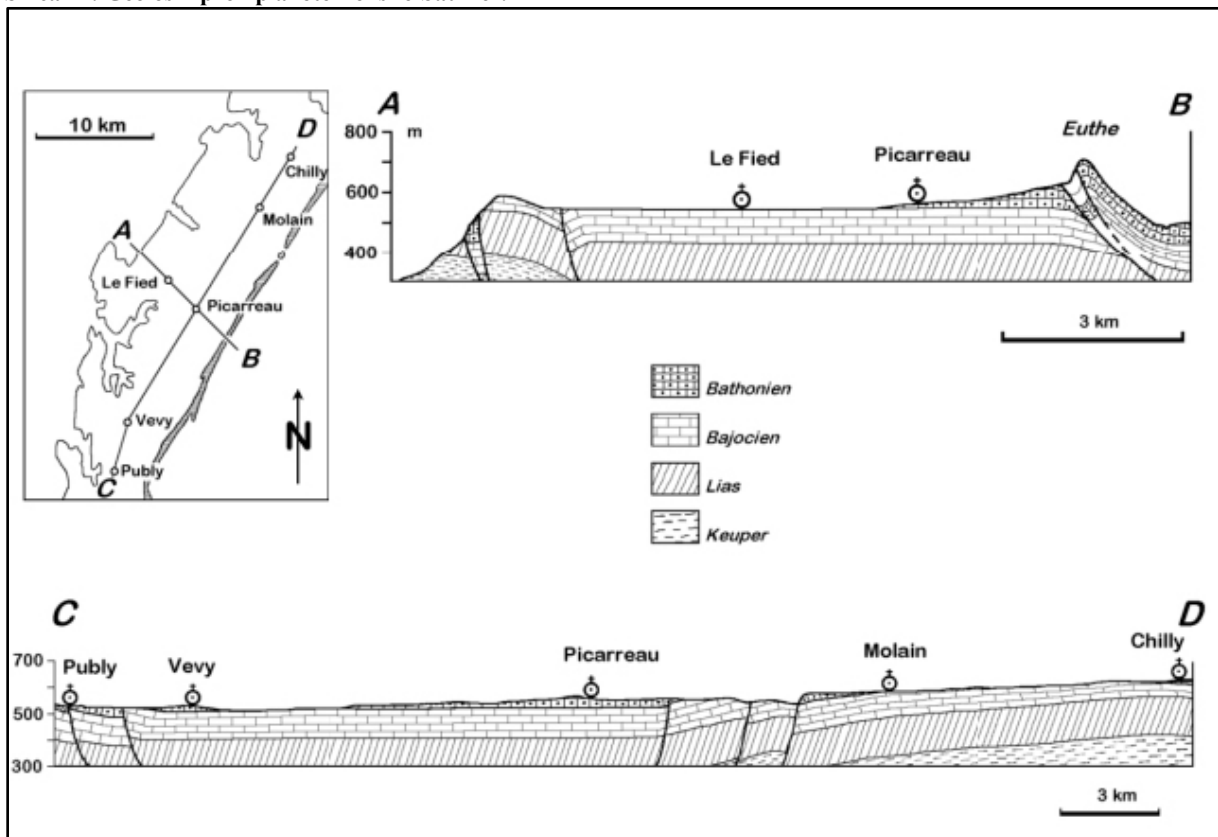
Speleološke značilnosti

V departmaju Jura je bilo do zdaj raziskanih približno 2500 speleoloških objektov. Med največje jame na območju spadajo Borne aux Cassots (15,5 km / +144 m) v naselju Nevy-sur-Seille, Caborne de Menouille v Cernonu (6,7 km / -157 m) v bližini naselja Cernon in Grotte des Foules (6,1 km / -353 m) v bližini naselja Saint-Claude (Frachon, 2005).

še izdanki triasnih zgornjetriasnih glinencev in laporjev (Geološka karta..., 1993a; Geološka karta..., 1993b). Plasti so rahlo nagnjene proti vzhodu (Frachon, 2004).

Za planoto je značilna tudi močna nagubanost, ki jo spremljajo vzdolžni prelomi v smeri S–J in S–SV–J–JZ. Na zahodnem robu planote ti prelomi ločujejo čedalje ožje pasove kamninskih blokov in se ponekod združujejo ter tako tvorijo učinkovito vodno pregrado. Sistem prelomov v smeri SZ–JV pogosto zajemajo celotno širino planote in se nadaljujejo v smeri ravnine Bresse (Frachon, 2004).

Skica 11: Geološki profil planote Lons-le-Saunier.



Vir: Frachon, 2004

Geomorfološki razvoj območja

Na območju planote prevladujejo tipični kraški geomorfološki procesi s pripadajočimi morfološkimi oblikami. Preoblikovanje planote v so v geomorfološki zgodovini sicer odločilno zaznamovale kvartarne poledenitve. Študija kvartarnih poledenitev v Juri je pokazala obstoj dveh morenskih kompleksov. Zunanji kompleks moren se razteza ob vznožju fluvialnih dolin in zatrepnih dolin v ravnini Bresse. Ta kompleks moren pripada poledenitvi v rissu, pri čemer so bili prepoznani trije umikalni stadiji. Notranji kompleks moren se razteza 20 km vzhodneje, v dolini reke Ain ter na robu planote Champagnole, in pripada poledenitvi v würmu. Kompleks predstavlja serija moren in proglacialnih sedimentov. Ledeniški jeziki iz ledeniškega pokrova so se iztekali v dolino reke Ain prečno na strukturne elemente (sinklinale, monoklinale). V zatrepnih dolinah so se izoblikovala številna ledeniška jezera. Prepoznanih je bilo pet umikalnih stadijev, medtem ko kronološke študije sedimentov prikazujejo trajanje poledenitve pred 25 000–15 000 leti (Campy, 1982). V zatrepnih dolinah so prepoznane terase fluvio-glacialnih sedimentov. Geomorfološki procesi, ki so spremljali obdobje poledenitev, so tako vplivali tudi na preoblikovanje zatrepnih dolin (Frachon, 2004).

Hidrološke značilnosti

Kraški vodonosnik obsega 325 km² veliko območje. Večina močnejših izvirov je v zatrepnih dolinah, manjši pa se pojavljajo na stiku kraške planote z ravnino Bresse. Jugo zahodno od planote se ti vodotoki združijo v 135 km dolgo reko Seille, ki se pod mestom Tournus izliva kot levi pritok v reko Saono (porečje Rone). S številnimi sledenji so bile ugotovljene podzemne povezave v vodonosniku in tako prepoznana zaledja posameznih izvirov v zatrepnih dolinah. Izvir Seille ima zaledje 150 km². Druga zaledja zatrepnih dolin so precej manjša in obsegajo okoli 25 km², kar se kaže tudi v pretočnosti izvirov (Frachon, 2004).

4.2.1.1. ZATREPNA DOLINA CUISANCE

Lokacija

Zatrepna dolina se je izoblikovala na severozahodnem vznožju kraške planote Lons-le-Saunier v zahodnem delu masiva Jura. Sestavljajo jo glavna zatrepna dolina z zatrepom Fer à Cheval, ter dva zatrepa na zahodnem in severnem robu (Reculée des Planches in Cul du Bray). V izteku zatrepne doline stoji manjše mesto Arbois. Zatrepna dolina je od glavnega zatrepa do naselja Mesnay razvita v smeri S (350°), nato pa proti izteku preide v smer Z (275°).

Geološke značilnosti

Zatrepna dolina Cuisance je nastala v delu planote Lons-le-Saunier, ki jo pretežno prekrivajo srednjejurski marmorji in marmornati apnenci, mestoma tudi oolitni apnenci. Zgornji del pobočij gradijo ferogeni oolitni apnenci, spodnji del pobočij pa spodnjejurski lapornati apnenci in laporji. Pobočja zatrepa Cul du Bray v spodnjem delu sestavljajo triasni laporji in apnenci. Spodnji deli južnih pobočij ob izteku so zgrajeni iz triasnih peščenjakov, laporjev, dolomitov in sadre. Izvirni del doline se je razvil ob prelomu v smeri SZ–JV (330°), iztek zatrepne doline pa ob prelomu v smeri Z–V (290°). Osrednji del zatrepne doline prečka serija prelomov v smeri JZ–SV (30°–50°), ob katerih so se izoblikovali tudi erozijski jarki in zatrep Cul du Bray (Geološka karta..., 1967a; Geološka karta..., 1967b).

Fotografija 25: Slapovi »Cascade des Tuffs« na lehnjakovi terasi na nadmorski višini 360 m.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Hidrološke značilnosti

V zatrepni dolini je 14 izvirov (Bureau..., 2012), med katerimi sta najpomembnejša južni izvir Petite Source de la Cuisance, ki priteka na dan pod glavnim zatrepom Fer à Cheval, in vzhodni izvir Grande Source de la Cuisance, ki izvira v zatrepu Reculée des Planches. Povprečni pretok obeh glavnih izvirov znaša okoli $1 \text{ m}^3/\text{s}$, v času obilnih padavin v južnem izviru naraste do $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, v vzhodnem izviru pa do $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Povprečni pretok reke Cuisance v mestu Arbois znaša okoli $2,75 \text{ m}^3/\text{s}$. Drugi izviri, ki se pojavljajo po večini ob vznožju pobočij, so veliko manjši, njihovi povprečni pretoki pa znašajo nekaj litrov na sekundo (Frachon, 2004).

Fotografija 26: Ostenje v zahodnem delu zatrepa Fer à Cheval.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Speleološke značilnosti

Na območju zatrepne doline se pojavlja pet jamskih objektov (Bureau..., 2012), dva izmed njih v zatrepu Fer à Cheval, dva v zatrepu Reculée des Planches in eden nad naseljem Mesnay. Največja jama na tem območju je 3 km dolga jama Grotte de Planches, ki se je razvila v 3 etažah, v njej teče podzemna reka, ki izvira v kot Grande Source de la Cuisance v zatrepu Reculée des Planches. Z morfogogenetskega stališča je najpomembnejša jama La Vieille Grand-Mère nad naseljem Mesnay, katere vhod se odpira v nadmorski višini 380 m. Jamo sestavlja fosilni rov, ki je globok 15 metrov, visok 7 m in širok 2 m, v njej pa so bili odkriti ledeniški sedimenti iz obdobja rissa (Frachon, 2004).

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepne doline Cuisance med vrhom glavnega zatrepa in iztekom znaša 5.460 m, skupaj z dvema stranskima zatrepoma pa 9.860 m. Širina zatrepne doline znaša v naselju Les Planches près Arbois 1.400 m, v zatrepu Cul du Bray 2.500 m, ob izteku zatrepne doline pa 1.400 m. Dno zatrepne doline je z 850 m najširše pri zatrepu Cul du Bray, s 50 m pa najožje za glavnim zatrepom (Fer à Cheval). Izvir reke Cuisance se pojavlja v nadmorski višini 370 m, nad njim pa je 167 m visok stenast zatrep. Obod zatrepne doline se je

izoblikoval v nadmorskih višinah med 560 in 580 metri. Iztek zatrepne doline je v nadmorski višini 294 m.

Glavni zatrep Fer à Cheval v zatrepni dolini Cuisance je na južni strani. Sestavlja ga obsežno melišče, nad katerim je okoli 40 m visoka stena. Melišče je sestavljeno iz velikih skalnih blokov (1x1 m), med katerimi izvira Petite Source de la Cuisance. Medtem ko se severovzhodna pobočja enakomerneje dvigujejo proti obodu zatrepne doline, z izjemo dveh skalnih osamelcev, imajo jugozahodna pobočja veliko izrazitejši obod, ki ga sestavljajo 20 m visoke stene, pod njimi pa so aktivna pobočja s posameznimi melišči. Obod zatropa Fer à Cheval se je izoblikoval v nadmorski višini okoli 540 m, izvir pa se pojavlja v nadmorski višini 370 m.

Zatrep Reculée des Planches se je izoblikoval približno 1 km severno od glavnega zatropa, na vzhodnem pobočju zatrepne doline. Dno zatropa na območju izvira prehaja neposredno v 160 m visoko steno. Proti jugu se ostenje zvezno nadaljuje, pod njim pa se pojavljajo strma aktivna pobočja. Proti severu se ostenje vzporedno z blagim pobočjem počasi znižuje, na pobočju hriba Mont Foirond pa obod postane manj izrazit. Obod zatropa Reculée des Planches se je izoblikoval v nadmorski višini 550 m, izvir pa se pojavlja v nadmorski višini 390 m.

Fotografija 27: Zatrep Reculée des Planches.



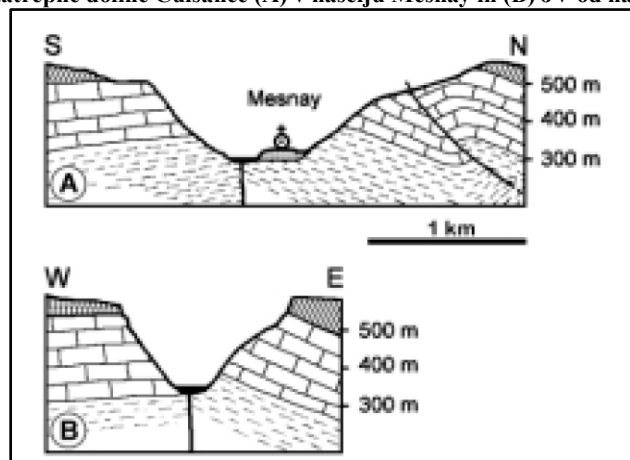
Avtor: Jure Tičar, 2011

Zatrep Cul du Bray se je izoblikoval 3 km severozahodno od glavnega zatropa, na vzhodnem pobočju zatrepne doline. Z dolžino 1,5 km je največji med vsemi zatropi v zatrepni dolini. Obod zatropa po večini sestavlja neizrazit pregib, le na severnem pobočju se pojavljajo 30 m visoke stene. Pobočja so v zgornjem delu strma, v spodnjem blaga. Na južnem pobočju se je ob izteku pri 420–425 m nadmorske višine izoblikovala manjša strukturna stopnja.

Vršni deli pobočij na levem bregu zatrepne doline Cuisance so vse do Mesnayja sestavljeni iz 30-40 m visokega sklenjenega ostenja, pod katerim so aktivna pobočja. Do izteka doline je obod sestavljen iz neizrazitega pregiba. V glavnem zatrepu Fer à Cheval je v vzhodnem pobočju viden manjši podor, ob izteku zatrepa pa je v pobočju erozijski jarek. Večji podor se pojavlja tudi nasproti zatrepa Cul du Bray.

V vršni delih pobočij na desnem bregu zatrepne doline Cuisance so le mestoma izoblikovana ostenja, ki so najpogostejša na obodih zatrepov. Pobočja na desnem bregu zatrepne doline imajo manj strma aktivna pobočja, ki so tudi bolj razčlenjena z erozijskimi jarki. Najizrazitejši so erozijski jarki nad naseljem Mesnay, največji med njimi je na vzhodni strani in je dolg 600 m. Pobočja na desnem bregu zatrepne doline Cuisance so ob izteku v spodnjem delu blažja od pobočij na levem bregu.

Skica 12: Prečna profila zatrepne doline Cuisance (A) v naselju Mesnay in (B) JV od naselja Planches-près-Arbois.



Vir: Frachon, 2004

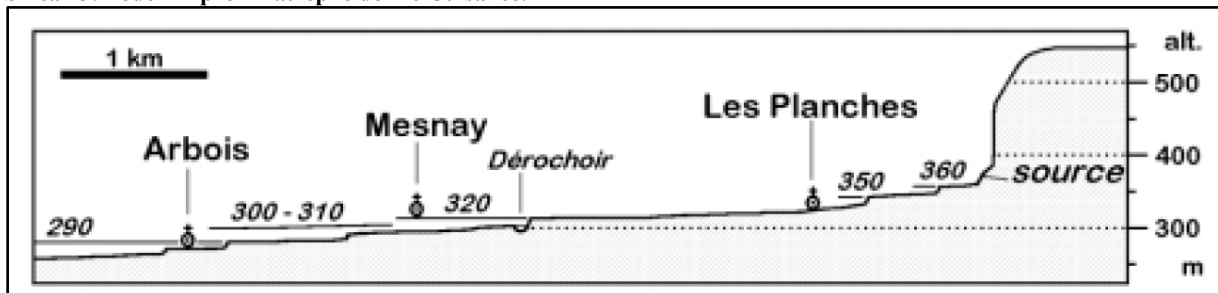
Dno zatrepne doline Cuisance je sestavljeno iz petih različnih nivojev teras. V zatrepu Fer à Cheval se v nadmorski višini 360 m pojavlja terasa iz lehnjaka, po njej pa teče reka Cuisance. Približno 350 m od izvira se vzdolž celotnega dna pojavi 10 m visoka ježa terase, kjer je nastal tudi slap Cascade des Tuffes. Reka Cuisance nato teče po naslednji terasi v nadmorski višini 350 m, ki se kot prejšnja izteče z 10 m visoko ježo v začetku naselja Les Planches près Arbois. Nekaj metrov za naseljem se začne terasa v nadmorski višini 320 m, ki se razteza do severnih in južnih pobočij nad naseljem Mesnay. Terasa se je ponekod zarezala v matično kamnino, spet drugod pa jo sestavljajo naplavine. Terasa na tem nivoju je sestavljena iz pomešanih sedimentov lehnjaka in majhnih prodnikov (0,5–3 cm). Na 6 m visokem profilu ob slapovih Cascade du Dérochoir je v spodnjem delu terase izražen višji delež lehnjaka. Pod slapovi je 11 m globok tolmun, v katerem so v globini 5 m odkrili podzemni dotok vode, tolmun pa je povsem razvit v lehnjaku. Med naseljem Mesnay in mestom Arbois se v nadmorski višini 300–310 m pojavlja terasa, ki jo na severu omejuje tok potoka Javel, na jugu pa tok reke Cuisance. Študije so pokazale, da je zgornji del terase (0,5 m) sestavljen iz gline, spodnji del (4 m) pa iz apnenčastih prodnikov in rahlo zaobljenih skal ledeniškega izvora s premerom od 40–60 cm. Zadnja terasa se je izoblikovala v nadmorski višini 290 m in predstavlja tipično rečno naplavino z do 10 cm velikimi prodniki, peskom in muljem (Frachon, 2004).

Morfogenetske značilnosti

Nastanek zatrepne doline je povezan s prelomnimi strukturami in hidrografskimi značilnostmi tega območja. Prelomne strukture so namreč zbirale in usmerjale vodne tokove v smeri sedanjega zatrepa. V jami Vieille Grand-Mère, katere vhod se odpira v nadmorski

višini 380 m, severno od naselja Mesnay, so bili odkriti ledeniški sedimenti iz obdobja rissa. Verjetno je zatrepna dolina obstajala že v tem času, najverjetneje pa je nastala v času kvartarja ali pliocena (Frachon, 2004).

Skica 13: Podolžni profil zatrepne doline Cuisance.



Vir: Frachon, 2004

Zatrep Cul du Bray je večji od drugih zatrepov v zatrepni dolini Cuisance, čeprav je njegov pretok v primerjavi z glavnimi izviri zanemarljiv (Frachon, 2004). Lahko sklepamo, da je bila zadenjska erozija v tem zatrepu nekoč močnejša kot zdaj. Na njegovo izoblikovanost so nedvomno vplivale prelomne strukture. Nastanek pobočij je v tem zatrepu odvisen predvsem od litološke zgradbe, saj so vršnji deli pobočij, ki jih sestavljajo marmorji, marmornati in oolitni apnenci, bolj stenasti od spodnjih delov pobočij, ki so oblikovani v laporjih in lapornatih apnencih (Geološka karta..., 1967a; Geološka karta..., 1967b). Iz topografije zatrepa je videti, da je vodotok Ruisseau de Grand Mont zarezal strugo v laporje, nad katerimi so nastala aktivna pobočja, vendar so za stik med laporji in aluvialnimi naplavinami na dnu zatrepne doline še vedno značilna blaga pobočja. Zahodno od zatrepa Cul du Bray je na levem bregu reke Cuisance večji podor. Njegov nastanek je povezan s prelomom v smeri JZ–SV, ki prečka južni rob podora, z litološko zgradbo, v kateri se nad laporji pojavljajo oolitni apnenci, ter z manjšimi izviri, ki prhajajo na površje pod podorom (Geološka karta..., 1967a; Geološka karta..., 1967b). Ta podor nakazuje, da so lahko procesi preoblikovanja pobočij v zatrepnih dolinah in tudi posameznih zatrepov veliko intenzivnejši, če so izpolnjeni ustrezni strukturni, litološki in hidrološki pogoji. Na vzhodnem pobočju v zatrepu Fer à Cheval se pojavljajo skalni osamelci, ki so orientirani prečno na pobočje. V tej smeri potekajo tudi močni prelomi, po čemer lahko sklepamo, da so skalni osamelci ostanek manj pretrte kamnine ob prelomih. Skalni osamelci so lahko tako tudi pomemben indikator strukturnih elementov v zatrepni dolini.

Fotografija 28: Plasti lehnjaka v ježi terase.

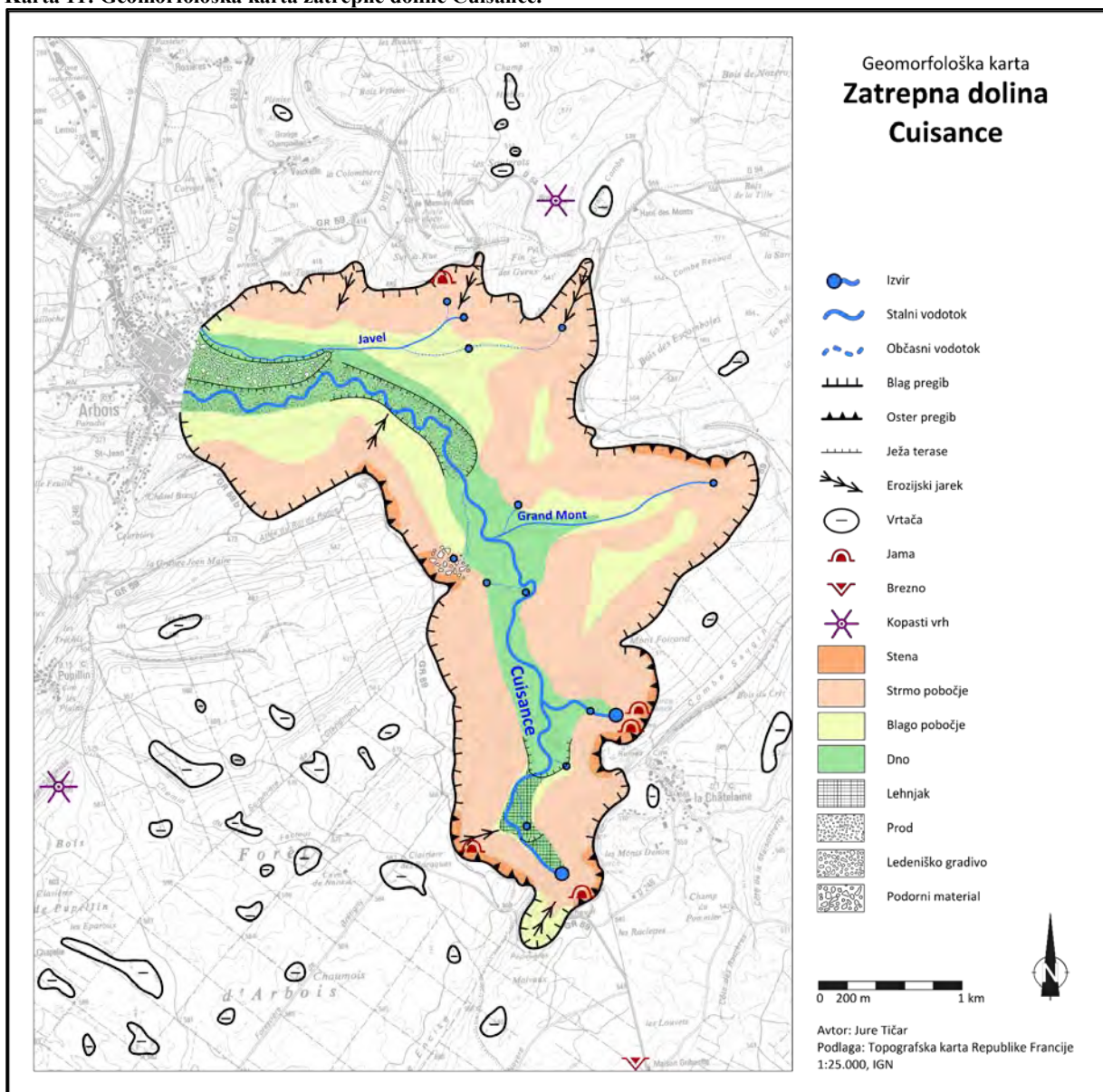


Avtor: Jure Tičar, 2011

Glede na izoblikovanost zatrepov je mogoče domnevati, da je zatrep Reculée des Planches nastal že veliko prej kot zatrep Fer à Cheval, ki naj bi nastal po poledenitvi v rissu. Terasa iz lehnjaka, ki so nastale v nadmorski višini 350 in 360 m, se namreč končajo tik pred zatrepom Reculée des Planches in niso povezane s poledenitvijo v rissu. Terasa v nadmorski višini 290 m ustreza fazi stabilizacije, v njej pa so vidni procesi sedanje erozije (Frachon, 2004).

V rissu je skozi zatrepno dolino teklen ledenik in najverjetneje poglobil njeno dno. Med umikanjem ledenika je v okolici Mesnayja nastala čelna morena, ki je segala vsaj do nadmorske višine 310-320 m. Morena je na višini 320 m vzpostavila zaježitev in jezero, ki se je počasi zapolnilo z naplavinami. Morenski nasip je bil kasneje prebit na južnem delu, najverjetneje zaradi povečanega odtoka ob koncu poledenitve v rissu ali würmu (Frachon, 2004).

Karta 11: Geomorfološka karta zatrepne doline Cuisance.



Avtor: Jure Tičar, 2012

4.2.1.2. ZATREPNA DOLINA GLANTINE

Lokacija

Zatrejna dolina Glantine se je izoblikovala na zahodnem vznožju kraške planote Lons-le-Saunier, od zatrepne doline Cuisance pa je oddaljena približno 9 km proti jugozahodu. Dolino sestavlja na skrajnem jugovzhodu glavni zatrep, zahodno od njega pa je manjši stranski zatrep. V izteku zatrepne doline stoji mesto Poligny, razvita pa je v smeri S–SZ (310°).

Geološke značilnosti

Zatrejna dolina Glantine je nastala v delu planote Lons-le-Saunier, ki jo prekrivajo srednjejurski mikritni apnenci. Njihova debelina znaša okoli 40 m, sestavljajo pa zgornja pobočja zatrepne doline. Pod njimi se v zatrepni dolini razteza pas apnenčastih melišč. Spodnji del pobočij gradijo spodnjejurski laporji in lapornati apnenci. V začetnem delu zatrepne doline je vodotok Glantine odložil aluvialne naplavine, v dnu izteka pa se pojavlja fluvio-glacialni material. Zatrejna dolina Glantine se je razvila ob prelomu v smeri SZ–JV (310°). Ob izteku in v erozijskem jarku pred mestom Poligny prečka zatrepno dolino več prelomov v smeri JJZ–S–SV (30°–35°) ter prelom v smeri S–J (355°). Za glavnim zatrepom je močen prelom v smeri J–JZ–S–SV (30°) (Geološka karta..., 1981a; Geološka karta..., 1981b).

Fotografija 29: Zatrep Glantine.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Hidrološke značilnosti

Izvir vodotoka Glantine sestavlja več manjših izvirov v melišču glavnega zatrepa, ki so v nadmorski višini približno 460 m. Skupni pretok vseh manjših izvirov lahko v času suše znaša le nekaj litrov na sekundo, v času obilnih padavin pa naraste do 3 m³/s. Povprečni pretok vodotoka Glantine v mestu Poligny znaša okoli 2,25 m³/s. V manjšem zatrepu se pojavljajo občasni manjši izviri. Na južnem robu izteka doline se pod vzpetino Croix du Dan pojavlja manjši izvir s povprečnim pretokom 0,35 m³/s (Frachon, 2004).

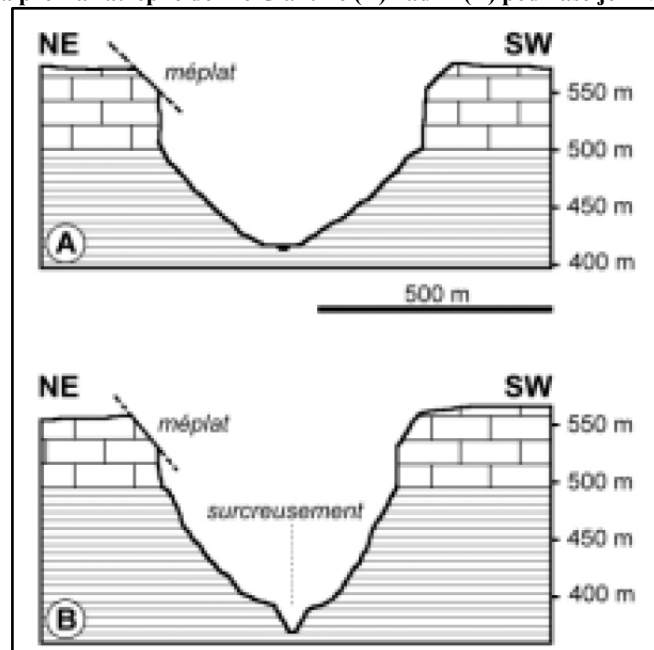
Speleološke značilnosti

Na območju zatrepne doline se pojavljajo trije jamski objekti. Vhodi v jame se odpirajo na severnem pobočju nad iztekom zatrepne doline in v večjem erozijskem jarku. Na vrhu erozijskega jarka v nadmorski višini 520 m se odpira vhod v brezno Gouffre de la Côte, ki je globoko 36 m in je nastalo nad dnom erozijskega jarka. V jami so bili odkriti tudi majhni prodniki, ki so podobni ledeniškim sedimentom v zgornjem delu zatrepne doline. Največja jama v zatrepni dolini je Rivière de la Baume. Njen vhod se odpira nad večjim erozijskim jarkom v nadmorski višini 521 m. Jama je bila raziskana v dolžini 1.850 m, njeni rovi pa potekajo vzporedno s pobočji zatrepne doline. Pred vhodom v jamo je večji gruščnat nasipni stožec, ki je najverjetneje nastal v periglacialnih razmerah (Frachon, 2004).

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepne doline Glantine med vrhom glavnega zatrepa in iztekom znaša 3070 m, skupaj s stranskim zatrepom pa 3580 m. Širina zatrepne doline znaša v povprečju okrog 700 m, v manjšem zatrepu okrog 1080 m, ob izteku zatrepne doline pa 1070 m. Dno zatrepne doline je s 400 m najširše pri manjšem zatrepu, v povprečju pa je široko okrog 200 m. Najožji del dna je pred iztekom zatrepne doline, kjer je dno široko le 70 m. V glavni zatrepni dolini je 110 m visok zatrep. Obod zatrepne doline je izoblikoval v nadmorskih višinah med 550 in 570 metri. Iztek zatrepne doline je v nadmorski višini 336 m.

Skica 14: Prečna profila zatrepne doline Glantine (A) nad in (B) pod naseljem Vaux-sur-Poligny.



Vir: Frachon, 2004

Glavni zatrep v zatrepni dolini Glantine je na jugovzhodni strani. V njem se raztezajo strma pobočja in manjša melišča, nad katerimi so 10–20 m visoke stene. Obod zatrepa je oblikovan na nadmorski višini okoli 550–560 m, medtem ko se izviri pojavljajo na nadmorski višini 460 m, uravnano dno pa na 440 m. Stranski manjši zatrep je oblikovan zahodno od glavnega zatrepa. Medtem ko je glavni zatrep bolj razčlenjen, so tu strma pobočja enakomerno razporejena, nad njimi pa je 30 m visoko ostenje. Obod obravnavanega zatrepa se je izoblikoval v nadmorski višini 550–560 m, dno pa v nadmorski višini 430–480 m.

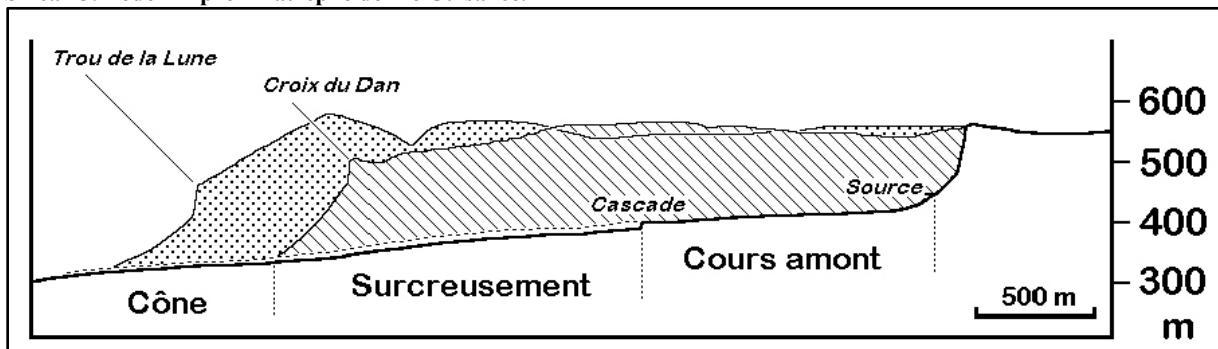
Pobočja na levem bregu zatrepne doline Glantine so deloma sestavljena iz 20 m visokega ostenja, pod katerim so strma pobočja. Pred iztekom zatrepne doline postane pregib

oboda neizrazit. Območje blagih pobočij je razmeroma ožje od tistih na desnem bregu zatrepne doline. Vršni del oboda predstavlja blag prehod med ostenjem in planoto.

Vršni deli pobočij na desnem bregu zatrepne doline Glantine so v celoti sestavljeni iz 20 m visokih sten, pod njimi pa se menjavajo strma pobočja in melišča. Pobočja na desnem bregu so bolj razčlenjena, najizrazitejša sta erozijska jarka nad naseljem Vaux-sur-Poligny in pred iztekom zatrepne doline. Vršni del oboda predstavlja blag prehod med ostenjem in planoto.

Dno zatrepne doline se je v območju zatrepov izoblikovalo v nadmorski višini 410–430 m. Vodotok Glantine se pri naselju Vaux-sur-Poligny zareže v matično osnovo in teče v 10–20 m globoki strugi prav do izteka zatrepne doline, kjer se je izoblikoval aluvialni vršaj. Na površju vršaja je mogoče opaziti prodnike, velike od 5–15 cm, struktura vršaja pa je zaradi pomanjkanja profilov nerazpoznavna. Vršaj je preusmeril tok vodotoka Glantine proti severu, tok potoka Oraine pa proti jugu. V naselju Villerserine in Brainans, ki sta od zatrepne doline oddaljena 6 in 8 km v severozahodni smeri, so bili z raziskavami odkriti ledeniški nanosi, sestavljeni iz 30 cm velikih zaobljenih prodnikov, peščene ilovice in balvanov (Frachon, 2004).

Skica 15: Podolžni profil zatrepne doline Cuisance.

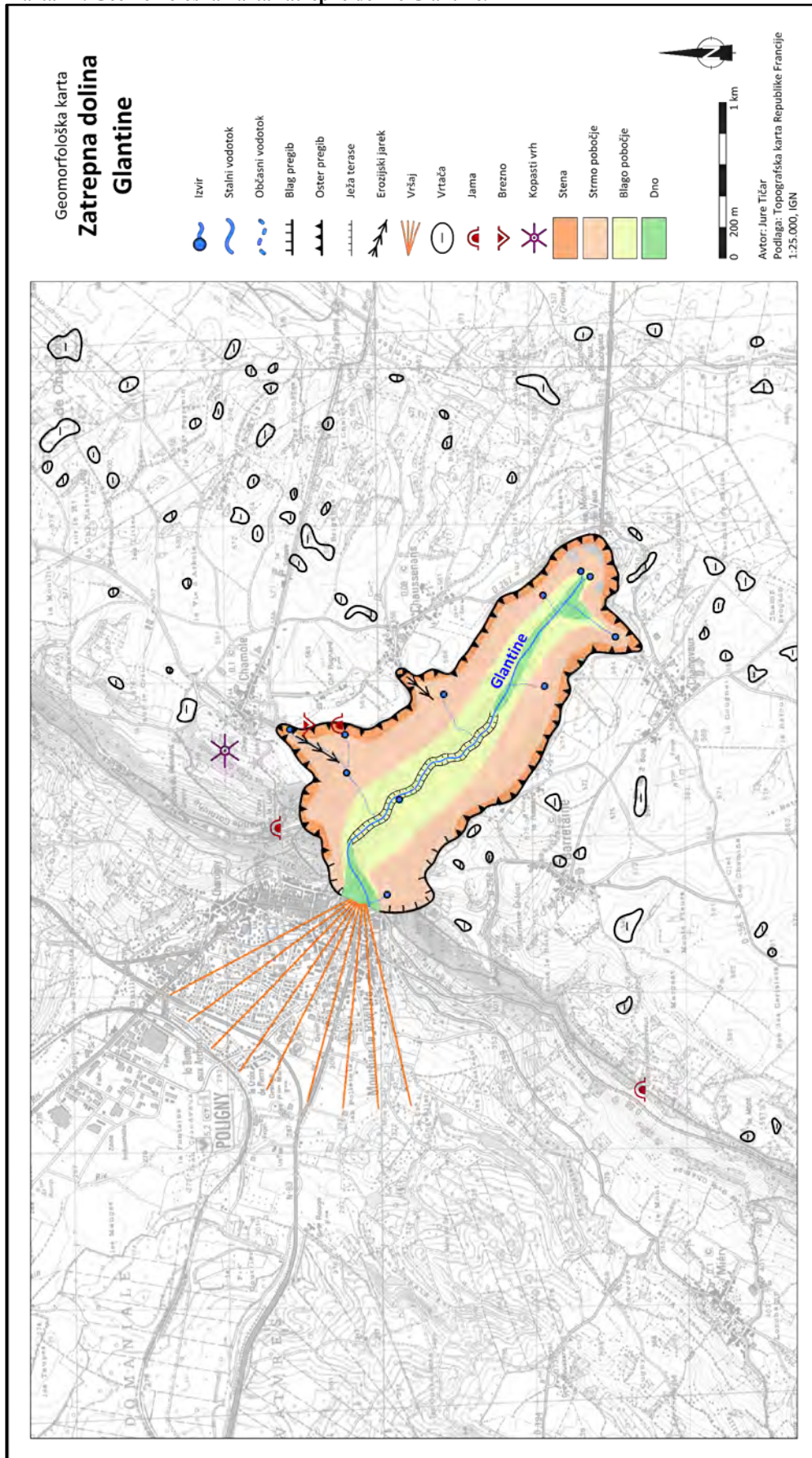


Vir: Frachon, 2004

Morfogenetske značilnosti

Nastanek zatrepne doline je povezan s prelomnimi strukturami in lego zatrepne doline na območju antiklinale. Pobočja glavnega zatrepa nakazujejo, da je razvoj zatrepne doline v tej smeri upočasnjen, saj so v zaledju razviti močni prelomi, ki potekajo pravokotno na os glavnega zatrepa. Zatrepna dolina se tako razvija v manjšem zahodnem zatrepu, ki ima posledično tudi bolj stenasta pobočja. Vršni del oboda predstavlja blag prehod med ostenjem in planoto. Ta prehod kaže na starejše pobočje, ki se je nato v nižjih predelih z zadenjsko erozijo razvilo v ostenje. Močno vrezovanje vodotoka Glantine v planoto je vidno tudi iz podolžnega profila, ki ima precej velik nagib (3,5 %). Ta proces potrjuje tudi aluvialni vršaj na izteku zatrepne doline. Dinamiko zadenjske erozije je mogoče razložiti s pomočjo starejših sedimentov. Na planoti in v breznu Gouffre de la Côte, ki se odpira na obodu erozijskega jarka pred iztekom zatrepne doline, so bili odkriti ledeniški sedimenti iz obdobja rissa, ki jih v dnu zatrepne doline ni moč zaslediti. Na izteku doline se pojavljajo tudi večja (do 14 m visoka) periglacialna melišča, ki pa jih v zatrepni dolini ni oz. so nastala le na nekaterih višjih predelih pobočij. Sklepamo lahko, da je zatrepna dolina nastala z zadenjsko erozijo po zadnjem hladnem obdobju v würmu. Razmeroma visoka lokalna os antiklinale je ohranila strm podolžni profil zatrepne doline. V nasprotnem primeru bi bila višina dna zatrepne doline odvisna od nivoja ravnine pred zatrepno dolino in podobna drugim zatrepnim dolinam v Spodnji Juri (Frachon, 2004).

Karta 12: Geomorfološka karta zatrepne doline Glantine.



Avtor: Jure Tičar, 2012

4.2.1.3. ZATREPNA DOLINA SEILLE

Lokacija

Zatrejna dolina Seille se je izoblikovala na zahodnem vznožju kraške planote Lons-le-Saunier, od zatrepne doline Glantine pa je oddaljena približno 1,7 km proti jugozahodu. Zatrejno dolino Seille sestavljajo štiri zatrepne doline, in sicer zatrepna dolina Seille Nord, zatrepna dolina Seille Sud, zatrepna dolina Dard in zatrepna dolina Longebief. Znotraj zatrepne doline je 10 večjih zatrepov. V izteku doline stoji mesto Voiteur. Zatrejna dolina Seille Nord se je razvila v smeri J–JZ (220°), zatrepna dolina Seille Sud v smeri SZ (325°), V (275°) in S (10°), zatrepna dolina Dard v smeri S (10°), zatrepna dolina Longebief v smeri S (10°), iztek zatrepne doline pa je razvit v smeri SZ (320°).

Fotografija 30: Severni erozijski jarek pred iztekom zatrepne doline Seille.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Geološke značilnosti

Zatrejna dolina Seille je nastala v delu planote Lons-le-Saunier, ki jo na vzhodu prekrivajo pretežno srednjejurski oolitni apnenci in laporji, katerih debelina znaša med 50 in 90 m. Na zahodu ob izteku planoto prekrivajo zgornjetriasni glinenci, peščenjaki in skrilavci. Pod njimi se raztezajo spodnjekredni laporji, ki po večini gradijo zgornje dele pobočij. Spodnji deli pobočij so sestavljeni večinoma iz spodnjekrednih glinencev, laporjev in oolitnih apnencev. V zatrepni dolini Longebief spodnje dele pobočij sestavljajo še zgornjetriasni peščenjaki, dolomiti, laporji in sadra. Osrednji del zatrepne doline se je razvil ob prelomih v smeri S–J (0–10°), iztek zatrepne doline pa prečka serija prelomov v smeri J–JZ–S–SV (25°), ob katerih sta dva večja erozijska jarka. Iztek zatrepne doline se je izoblikoval ob močnem prelomu v smeri S–SZ–J–JV (320°) (Geološka karta..., 1993a; Geološka karta..., 1993b).

Hidrološke značilnosti

V zatrepni dolini Seille je 51 izvirov (Bureau..., 2012), v nadaljevanju pa bodo predstavljeni pomembnejši izviri, ki so razporejeni v različnih delih zatrepne doline. Na izteku zatrepne doline ima reka Seille povprečni pretok 10 m³/s (Frachon, 2004).

V zatrepni dolini Seille Nord je 26 izvirov, med katerimi je glavni izvir reke Seille Nord v zatrepni dolini na severu. Izvir se odpira v nadmorski višini 385 m, njegov pretok znaša v času suše približno 0,02 m³/s, v času obilnih padavin pa naraste do 2,5 m³/s. Največji

pretoki se pojavljajo v pritoku Sautelard, ki izvira 1 km južneje, saj je njihova povprečna vrednost $0,2\text{--}4\text{ m}^3/\text{s}$. Reki Seille Nord se proti jugu pridružita še dva večja pritoka, in sicer Juisse ($1\text{ m}^3/\text{s}$) in Esterpois ($2\text{ m}^3/\text{s}$). 700 m pred sotočjem rek Seille Nord in Seille Sud, se pod jamo Trou Souffleur odpira manjši izvir, katerega najvišji pretoki lahko v času obilnih padavin dosežejo $1\text{ m}^3/\text{s}$. Reka Seille Nord ima tako pri sotočju z reko Seille Sud povprečni pretok okoli $4\text{ m}^3/\text{s}$ (Frachon, 2004).

V zatrepni dolini Seille Sud je 10 izvirov, med katerimi sta najpomembnejša izvira v zatrepu Saint-Aldegrin. Izvira se odpirata v nadmorski višini okoli 348 m, njun povprečni pretok v času suše znaša $1\text{ m}^3/\text{s}$, v času obilnih padavin pa pretok naraste na $4\text{ m}^3/\text{s}$. Skupaj s pritoki iz zatrepnih dolin Dard in Longebief znaša povprečni pretok ob sotočju z reko Seille iz severa $5\text{ m}^3/\text{s}$ (Frachon, 2004).

V zatrepni dolini Dard sta 2 izvira, ki predstavljata iztok podzemne reke iz jame Baume-les-Messieurs. Stalni izvir se odpira na zahodni strani zatrepa v nadmorski višini 410 m, povprečni pretoki pa se gibljejo med $0,1$ in $0,5\text{ m}^3/\text{s}$. V času obilnih padavin stalni izvir ne more več prevajati vse vode, zaradi česar se aktivira zgornji izvir, ki se odpira 15 m nad dnom doline. Takrat znašajo povprečni pretoki od 4 do $5\text{ m}^3/\text{s}$ (Frachon, 2004).

Fotografija 31: Slapovi in lehnjakova terasa v zatrepni dolini Dard.



Avtor: Jure Tičar, 2011

V zatrepni dolini Longebief je 6 izvirov, ki imajo vsi zelo majhne pretoke. Najpomembnejši je izvir Longebief, ki se odpira v nadmorski višini 320 m, njegovi pretoki pa se gibljejo med $0,1$ in $0,8\text{ m}^3/\text{s}$ (Frachon, 2004).

Speleološke značilnosti

Na območju zatrepne doline Seille se pojavlja 69 jamskih objektov (Bureau..., 2012), v nadaljevanju pa je predstavljeno 6 najpomembnejših:

1. Jama Grotte de Guerrier je 112 m dolg fosilni rov, njen vhod se odpira visoko v pobočju na južnem delu iztek zatrepne doline.

2. Jama Grotte de l'Abbé Dumont se odpira v vzhodnem ostenju zatrepne doline Seille Nord. Dolga je le okoli 20 m, v njej so bile na stenah odkrite plasti breče.
3. Jame Grottes de Granges-sur-Baume se odpirajo v pobočju SZ od naselja Baume-les-Messieurs v nadmorskih višinah med 410 n 420 m. Poleg vhodov so bili odkriti ledeniški sedimenti, in sicer 20 cm veliki zaobljeni prodniki.
4. Jama Baume Poudrière se odpira v zahodnem pobočju zatrepne doline Dard. V profilu jame je bil odkrit rumeni periglacialni pesek.
5. Jama Grotte de Baume se odpira v zatrepu zatrepne doline Dard in je dolga približno 2300 m. Vhod v jamo se odpira 15 m nad dnem zatropa, v času obilnih padavin pa se jama spremeni v občasni izvir. Jama je razvita pravokotno na os zatrepne doline.
6. Jama Grotte des Romains se odpira v zatrepu zatrepne doline Dard. V jami so bili odkriti ledeniški sedimenti (Frachon, 2004).

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepne doline Seille znaša 20 080 m, skupaj s stranskimi zatropi pa 24 350 m. Širina zatrepne doline Seille Nord znaša povprečno 700 m, širina zatrepne doline Seille Sud povprečno 500 m, širina zatrepne doline Dard 450 m, širina zatrepne doline Longebief 1.100 m, ob izteku pa znaša povprečna širina zatrepne doline 1400 m. Dno zatrepne doline je s 500 m najširše ob izteku zatrepne doline, s 70 m pa najožje za zatropom v zatrepni dolini Dard. Severni izvir reke Seille Nord se pojavlja v nadmorski višini 385 m, nad njim pa je 145 m visok stenast zatrep. Južni izvir reke Seille Sud se pojavlja v nadmorski višini 405 m, nad njim pa je 90 m visok stenast zatrep. Obod zatrepne doline je oblikovan na nadmorskih višinah med 450 in 540 m. Iztek zatrepne doline je v nadmorski višini 235 m.

Fotografija 32: Zatrepna dolina Seille Nord med sotočjem in naseljem Blois-sur-Seille.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Glavni zatrep v zatrepni dolini Seille Nord se je izoblikoval na severni strani. V njem se raztezajo strma pobočja in manjša melišča, ki jih obdajajo 30 m visoke stene. Obod zatropa je v nadmorski višini okoli 530 m, izviri pa se pojavljajo v nadmorski višini 385 m. Stranski zatropi, ki so se izoblikovali 1 km južneje, imajo podobne značilnosti kot glavni zatrep, vendar je ostenje v največjem izmed njih visoko med 60 in 70 m. Zatrep, ki se odpira 500 m zahodno od glavnega zatropa, ima blag pregib oboda zatrepne doline v planoto, pod katerim se raztezajo strma pobočja. Obod zatrepne doline Esterpois se je izoblikoval v nadmorski višini med 525 in 540 m. Pod obodom je 70–80 m visoko ostenje, pod njim pa strma pobočja, ki se raztezajo vse do dna. Približno 1,5 km pred sotočjem rek Seille Nord in Seille Sud se na vzhodni strani odpira večji zatrep Juisse. V njem so se izoblikovala strma pobočja, ki se raztezajo do dna doline, nad njimi pa je blag pregib oboda v planoto.

V vršnih delih pobočij zatrepne doline Seille Nord so ostenja visoka med 30 in 40 m. Prekinjajo jih manjša območja z blagimi pregibi oboda, kot so npr. zahodna pobočja pred sotočjem rek Seille Nord in Seille Sud, ter vzhodna pobočja pred sotočjem, kjer se je izoblikoval večji podor z erozijskim jarkom. Pod ostenji in blagimi pregibi oboda se raztezajo strma pobočja, ki v nekaterih zatrepih segajo do dna zatrepne doline. V najaktivnejših zatrepih in ob glavni osi zatrepne doline so se pod njimi izoblikovala blaga pobočja, ki se iztekajo v dno zatrepne doline.

Fotografija 33: Glavni zatrep Seille Nord.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Glavni zatrep v zatrepni dolini Seille Sud je na vzhodni strani. V njem se strma pobočja in manjša melišča raztezajo praktično do dna doline, ki se šele pred iztekom zatropa malce razširi. Strma pobočja obdaja do 40 m visoko ostenje. Obod zatropa se je izoblikoval v nadmorski višini 510 m, izvir pa se pojavlja v nadmorski višini 348 m. Stranski zatrep, ki se je izoblikoval 300 m severneje, ima podobne značilnosti kot glavni zatrep, le da je v njem ostenje visoko približno 20–30 m, strma pobočja pa se ne iztekajo do dna doline. Dno zatropa se malce razširi šele pred iztekom, v začetku zatropa pa so na dnu oblikovana blaga pobočja.

V vršnih delih pobočij zatrepne doline Seille Sud so ostenja, ki so še posebej značilna za njen začetni del. Visoka so med 20 in 40 m, najizrazitejša pa so na območju zožitve zatrepne doline zahodno od naselja Baume-les-Messieurs. Jugozahodno od tega naselja se razteza večji podor. Severozahodno od Baume-les-Messieurs ima zatrepna dolina do sotočja rek Seille Nord in Seille Sud razmeroma blage pregibe oboda. Strma pobočja in melišča so najbolj razširjena v začetnem delu zatrepne doline, v končnem delu pa prevladujejo blaga pobočja, nad katerimi so ozki pasovi strmih pobočij.

V zatrepni dolini Dard je le en zatrep, in sicer na južni strani. V njem se strma pobočja in manjša melišča podobno kot v glavnem zatrepu doline Seille Sud raztezajo do dna doline, ki se šele na sredini zatropa malce razširi. Strma pobočja obdaja do 50 m visoko ostenje. Obod zatropa se je izoblikoval v nadmorskih višinah med 490 in 500 m, izvir pa se pojavlja v nadmorski višini 405 m. Dno se je izoblikovalo v nadmorski višini med 325 in 400 m. Na obodu glavnega zatropa se pojavlja manjši podor.

Fotografija 34: Podor ob izteku zatrepne doline Dard.



Avtor: Jure Tičar, 2011

V zatrepni dolini Longebief sta zatrepa na južni strani. V njej se razteza pas strmih pobočij, ki je na zahodu zelo ozek. Zatrepna dolina nima ostenja, njen obod v celoti sestavlja blag pregib. Obod zatrepa se je izoblikoval v nadmorski višini med 500 in 565 m, glavni izvir pa se pojavlja v nadmorski višini 338 m.

Vršne dele pobočij zatrepne doline Longebief sestavljajo strma pobočja, ki so še posebej izrazita na vzhodnem pobočju in v obeh zatrepih. Skoraj celotno vzhodno pobočje sestavljajo blaga pobočja, ki jih na pregibu deli ozek pas strmih pobočij. Na vzhodnih pobočjih so tudi številni erozijski jarki.

Obod izteka zatrepne doline Seille se je izoblikoval v nadmorski višini 440–470 m. Pod njim se raztezajo strma pobočja, ki so še posebej izrazita na desni strani zatrepne doline. Ostenja so oblikovana predvsem nad naseljem Nevy-sur-Seille in so visoka približno 20–30 m. Proti izteku zatrepne doline njen obod v blagem pregibu preide v planoto. Blaga pobočja so na tem območju zelo razširjena, prav tako tudi dno doline. Na levem bregu izteka zatrepne doline je večji erozijski jarek, na nasprotni strani zatrepne doline dva večja erozijska jarka. Manjše ostenje se razteza le pod naseljem Château-Chalon ob izteku zatrepne doline.

Dno zatrepne doline Seille je sestavljeno iz petih različnih nivojev teras (Frachon, 2004). V nadaljevanju bodo predstavljene posamezne terase glede na svojo nadmorsko višino.

- Terasa v nadmorski višini 400 m se pojavlja ob glavnem zatrepu v zatrepni dolini Dard in je sestavljena iz lehnjaka. Debelina skladov je visoka 10 m, razprostira pa se na območju 200 x 150 m. Na severnem delu je terasa deloma prekrita z meliščem, ki

prihaja iz ostenja. Plasti lehnjaka so odložene na 30 m debelih skladih nesortiranega grušča ter lehnjakovih prodnikov (Frachon, 2004).

- Terasa v nadmorski višini 350 m se pojavlja v naselju Ladoye-sur-Seille v zatrepni dolini Seille Nord, blizu glavnega izvira. V terasi ne najdemo prečnih profilov, zaradi česar je njena struktura neznana. Terasa se na tem nivoju ponovno pojavi na levem bregu reke Seille Nord, severno od naselja Blois-sur-Seille. Izoblikovala se je 20 m nad strugo reke, na površju pa jo sestavlja lehnjak, ponekod pomešan s peskom (Frachon, 2004).

Fotografija 35: Ledeniško gradivo v terasi med naseljem Nevy-sur-Seille in reko Seille.

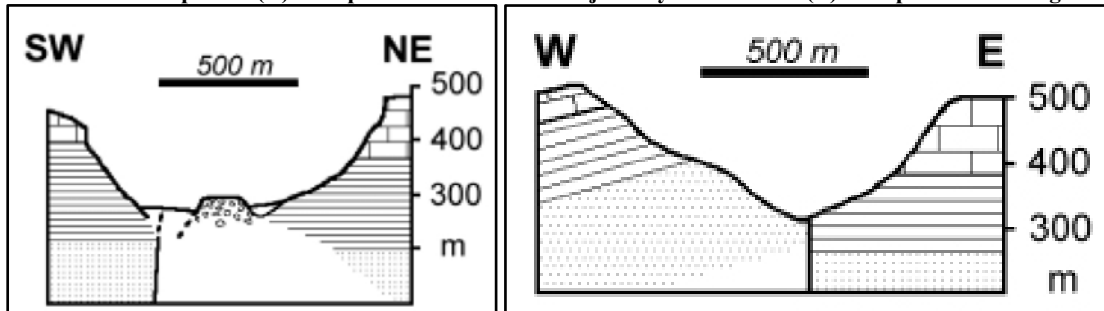


Avtor: Jure Tičar, 2011

- Terasa v nadmorski višini 320 m se pojavljajo na nivoju reke Seille Nord južno od naselja Blois-sur-Seille, na nivoju reke Seille Sud zahodno ter južno od naselja Baume-les-Messieurs, ter zahodno nad naseljem Nevy-sur-Seille. Terasa v okolici naselja Blois-sur-Seille se razteza v dolžini 1,5 km pod nivojem terase v nadmorski višini 350 m. Zaradi pomanjkanja prečnih profilov je njena struktura neznana. Na površju je odložena plast lehnjaka, debela nekaj metrov. Terasa v okolici naselja Baume-les-Messieurs je nastala ob sotočju pritokov iz zatrepne doline Dard in Seille Sud. V tem delu je terasa debela 54 m, plasti naplavin pa so sestavljene iz ledeniškega ter rečno-ledeniškega gradiva in različnih slojev lehnjaka. Geofizikalne raziskave so med drugim pokazale, da je zatrepna dolina na tem mestu poglobljena do nadmorske višine 260 m. Terasa Peyrouse je oblikovana dolvodno od naselja Baume-les-Messieurs in se desnem bregu reke Seille Sud razteza v dolžini 1 km in širini 150 m. Terasa je 40 m nad strugo reke. Na vrhu je sestavljena iz lehnjaka in manjših prodnikov (1–5 cm), pri dnu pa je zarezana vsaj 3 m v živoskalno osnovo. Struktura osrednjega dela terase je zaradi vegetacije nerazpoznavna. Terasa, ki se je izoblikovala v bližini naselja Nevy-sur-Seille, se razteza na desnem bregu reke Seille, približno 60

m nad dnom doline. Pod njo so še terase v nadmorski 300 in 275 m. Razteza se v dolžini 1,2 km, njena širina pa ne presega 50 m. Vršnji del terase gradi apnenčasta breča, ki jo mestoma prekrivajo prodniki debeline 5–15 cm (Frachon, 2004).

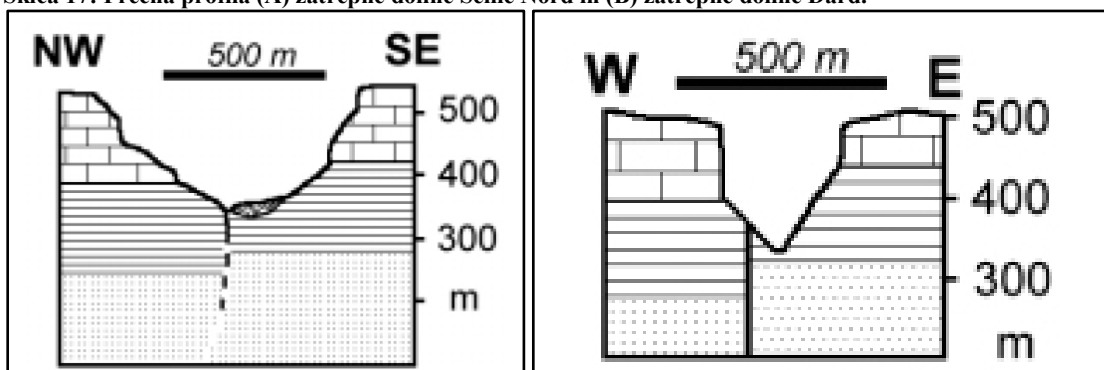
Skica 16: Prečna profila (A) zatrepne doline Seille v naselju Nevy-sur-Seille in (B) zatrepne doline Longebief.



Vir: Frachon, 2004

- Terasa v nadmorski višini 300 m se pojavljajo ob sotočju rek Seille Nord in Seille Sud in pri naselju Nevy-sur-Seille. Tej nadmorski višini pripada tudi dno zatrepne doline Seille Sud v smeri rečnega toka od naselja Baume-les-Messieurs. Terasa v tej nadmorski višini se raztezajo jugozahodno ob sotočju rek Seille Nord in Seille Sud in severovzhodno ob reki Seille Nord. Izoblikovale so se 25–40 m nad strugo reke in se raztezajo v dolžini 600 m. Zaradi pomanjkanja profilov je njihova sestava neznan, vendar lahko na površju opazimo velike prodnike ledeniškega ali rečno-ledeniškega izvora. Terasa na vzhodnem robu naselja Nevy-sur-Seille je 25 m nad strugo reke Seille. Proti vzhodu sta ta terasa in terasa v nadmorski višini 320 m ločeni s teraso v nadmorski višini 270 m. Terasa je tu sestavljena iz treh plasti. V zgornji plasti (0,8–2 m) so odloženi do 60 cm veliki nesortirani prodniki, v srednji plasti (0,5–0,6 m) je odložen grobozrnat pesek, v spodnji plasti (1–2 m) pa so odloženi do 20 cm veliki prodniki, med katerimi se pojavlja plast peska in s peskom pomešane gline. Terasa dolvodno od naselja Baume-les-Messieurs je ob sotočju reke Seille Sud s pritoki iz zatrepne doline Longebief. Manjši profili v terasi so razkrili sestavo terase, ki jo sestavljajo novejša naplavina in bela glina z vložki peska (Frachon, 2004).

Skica 17: Prečna profila (A) zatrepne doline Seille Nord in (B) zatrepne doline Dard.



Vir: Frachon, 2004

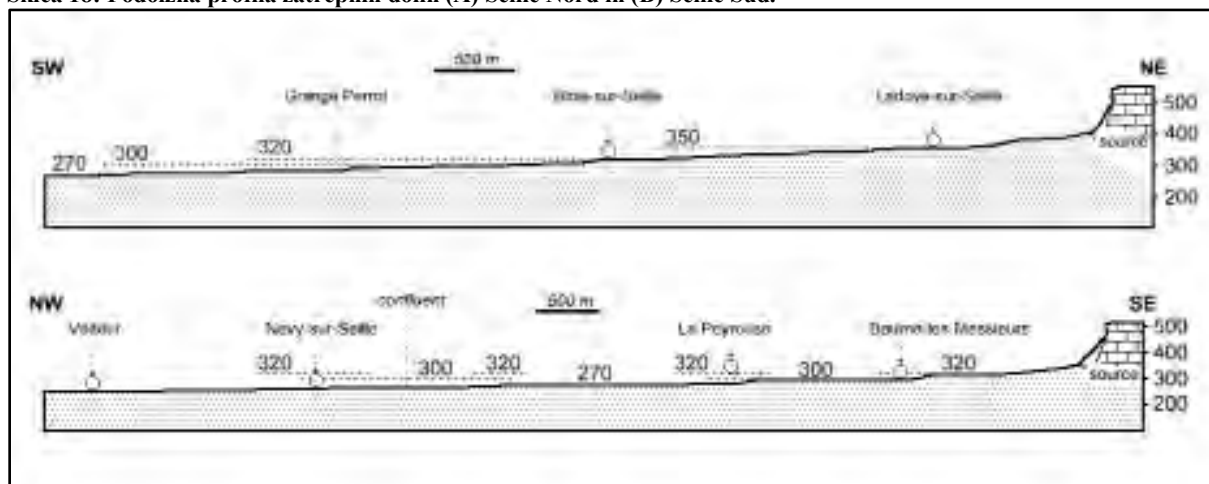
Morfogenetske značilnosti

Zatrepna dolina naj bi po Frachonu (2004) nastala zaradi vrezovanja zatrepov v kraško površje oz. preslikave rečne mreže v kraško površje. To naj bi nakazovale številne suhe doline na planoti. Usmeritev zatrepne doline Seille je rezultat strukturnih značilnosti. Zatrepna dolina je nastala po obdobju pliocena, kar potrjuje vrezovanje reke Seille v pliocenske nanose peskov v naselju Arlay, ki je oddaljen 7 km zahodno od izteka zatrepne doline. V zatrepni

dolini se pojavljajo tudi morenski nasipi iz obdobja kvartarnih poledenitev. Ledeniški sedimenti, odkriti v jami Grotte des Romaines v zatrepni dolini Dard, potrjujejo hipotezo o obstoju zatrepne doline pred obdobjem rissa. To omogoča domnevo, da ledeniki niso imeli veliko vpliva na osnovne topografske značilnosti zatrepne doline.

Po drugi strani naj bi dvig plasti spodnjejurskih laporjev in lapornatih apnencev med dvema prelomoma, približno 1 km proti toku reke od sotočja reke Seille Nord z reko Seille Sud, potrjeval obstoj dveh faz poglobljanja zatrepne doline. Dvig plasti je povzročil zajezitev zatrepne doline Seille Nord, katere dno se je nato počasi zniževalo pod 450 m nadmorske višine (Frachon, 2004).

Skica 18: Podolžna profila zatrepnih dolin (A) Seille Nord in (B) Seille Sud.

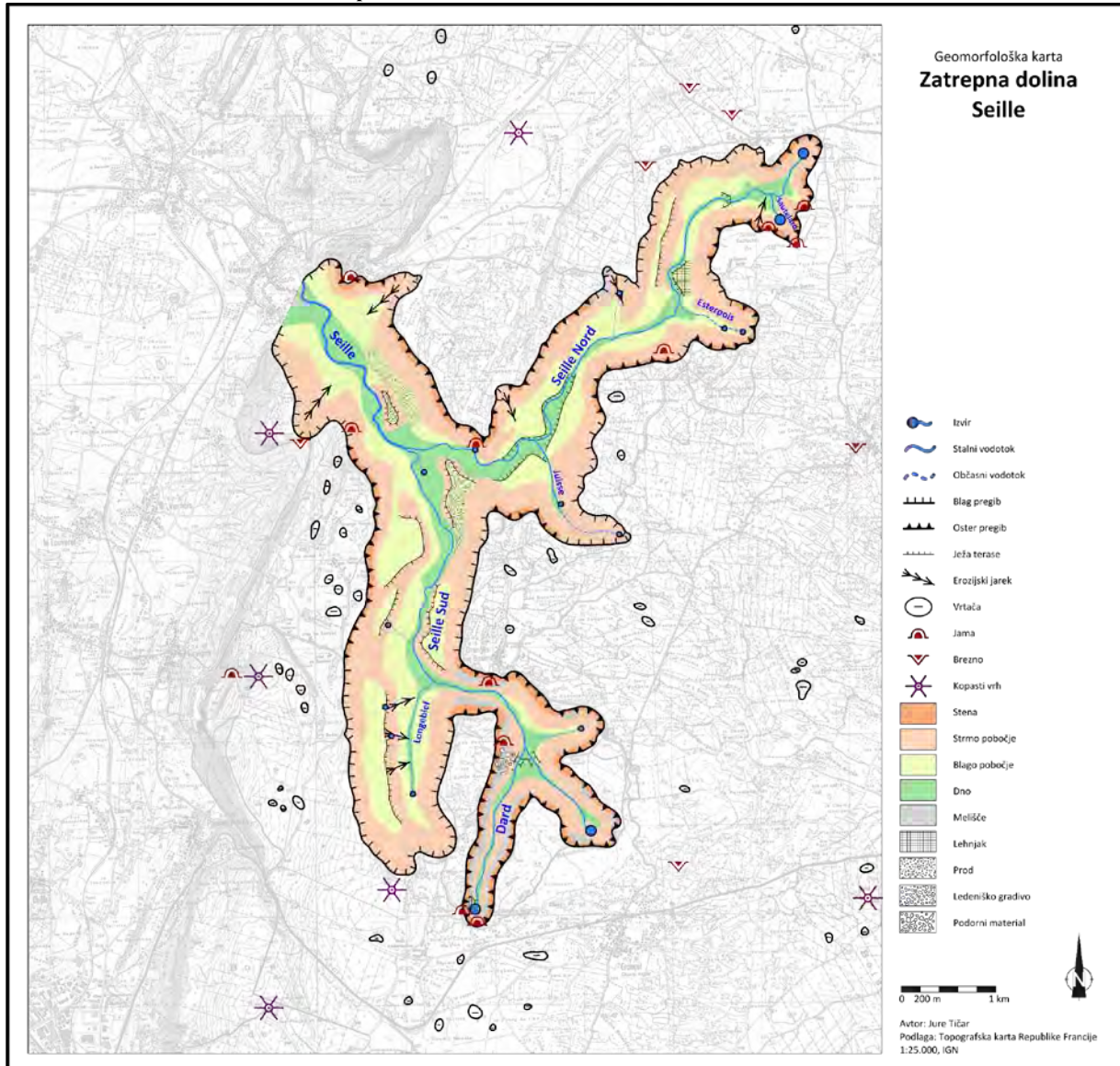


Vir: Frachon, 2004

S primerjavo podolžnega profila in nadmorskih višin posameznih zatrepnih dolin lahko ustvarimo hierarhijo razvoja zatrepne doline Seille. Sedanji razvoj zatrepne doline Seille Sud poteka v zatrepu vzhodno od naselja Baume-les-Messieurs in v zatrepni dolini Dard. Naklon podolžnega profila znaša 4 %, zatrepni dolini pa ustvarita pred sotočjem njunih vodotokov 10 m visoko strukturno stopnjo. V smeri vodnega toka se naklon podolžnega profila od naselja Baume-les-Messieurs izravna na 1,5 %, reka Seille Sud pa teče v nadmorski višini 300 m. Ob sotočju vodotoka iz zatrepne doline Longebief z reko Seille Sud se podobno kot v nasprotni smeri pojavlja 10 m visoka strukturna stopnja. Podolžni profil te zatrepne doline ima naklon 3 %. V primerjavi z naklonom podolžnega profila zatrepne doline Seille Sud ima zatrepna dolina Seille Nord rahlo večji naklon (2%), vendar je ta razlika komaj zaznavna (Frachon, 2004).

Zatrepna dolina Longebief je veliko večja od drugih zatrepnih dolin, zaradi česar je najverjetneje tudi starejša od zatrepnih dolin Dard in Seille Sud. V nasprotju z drugimi zatrepnimi dolinami pa so tu pretoki vodotokov mnogo manjši. Na južnem obrobju ima oblikovan dvojni zatrep na dveh različnih nivojih. Vzdolž celotne zatrepne doline se v pobočju pojavlja pregib, ki je sicer povezan tudi z litološkimi razmerami, saj se pod glinenci, laporji in oolitnimi apnenci pojavljajo peščenjaki, dolomiti, laporji in sadra (Geološka karta..., 1993a; Geološka karta..., 1993b). Vendar lahko zaradi oblikovanosti dveh zatrepov sklepamo, da je bil v preteklosti aktiven višji zatrep, zaradi močnih hidroloških sprememb ali znižanja nivoja zatrepne doline Seille Sud pa se je pozneje na vzhodu vrezala nova zatrepna dolina in oblikovala tudi svoj zatrep. Zvezna oblika vzhodnih pobočij nakazuje, da so ta nastala v obdobju delovanja novega zatrepja.

Karta 13: Geomorfološka karta zatrepne doline Seille.



Avtor: Jure Tičar, 2012

4.2.1.4. ZATREPNA DOLINA VALLIÈRE

Lokacija

Zatrepna dolina Vallière se je izoblikovala na jugozahodnem vznožju kraške planote Lons-le-Saunier. Dolino sestavlja glavni zatrep Vallière, poleg njega pa so se izoblikovali še trije manjši zatrepi (Rochechien, Fontenaille in Diane). V izteku zatrepne doline stoji mesto Lons-le-Saunier. Zatrepna dolina je v glavnem zatrepu razvita v smeri S (15°), od glavnega zatrepa do naselja Revigny v smeri S–SV (320°), od naselja Revigny do naselja Conliège v smeri S (0°), od naselja Conliège do izteka zatrepne doline pa v smeri S–SV (315°).

Geološke značilnosti

Zatrepna dolina Vallière je nastala v delu planote Lons-le-Saunier, ki jo prekrivajo pretežno srednjejurski apnenci z vložki kremenca. Pod njimi se razteza plast srednjejurskih laporjev, glinencev ter oolitnih apnencev, pod katerimi so spodnjejurski laporji in lapornati apnenci. Spodnje dele pobočij gradijo spodnjejurski glinenci, laporji in oolitni apnenci. Litološka struktura je ob izteku zatrepne doline kompleksnejša, v njej pa se pojavljajo vse

omenjene plasti kamnin. Izvirni del zatrepne doline se je razvil ob prelomu v smeri SZ–JV (300°), prelomu v smeri S–J (17°) in prelomu v smeri S–SZ–J–JV (340°). Osrednji del zatrepne doline in njen iztek prečka serija prelomov v smerij S–J (5°–20°) (Geološka karta..., 1993a; Geološka karta..., 1993b).

Fotografija 36: Zatrepna dolina Vallière z zatrepom Rochechien v ozadju.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Hidrološke značilnosti

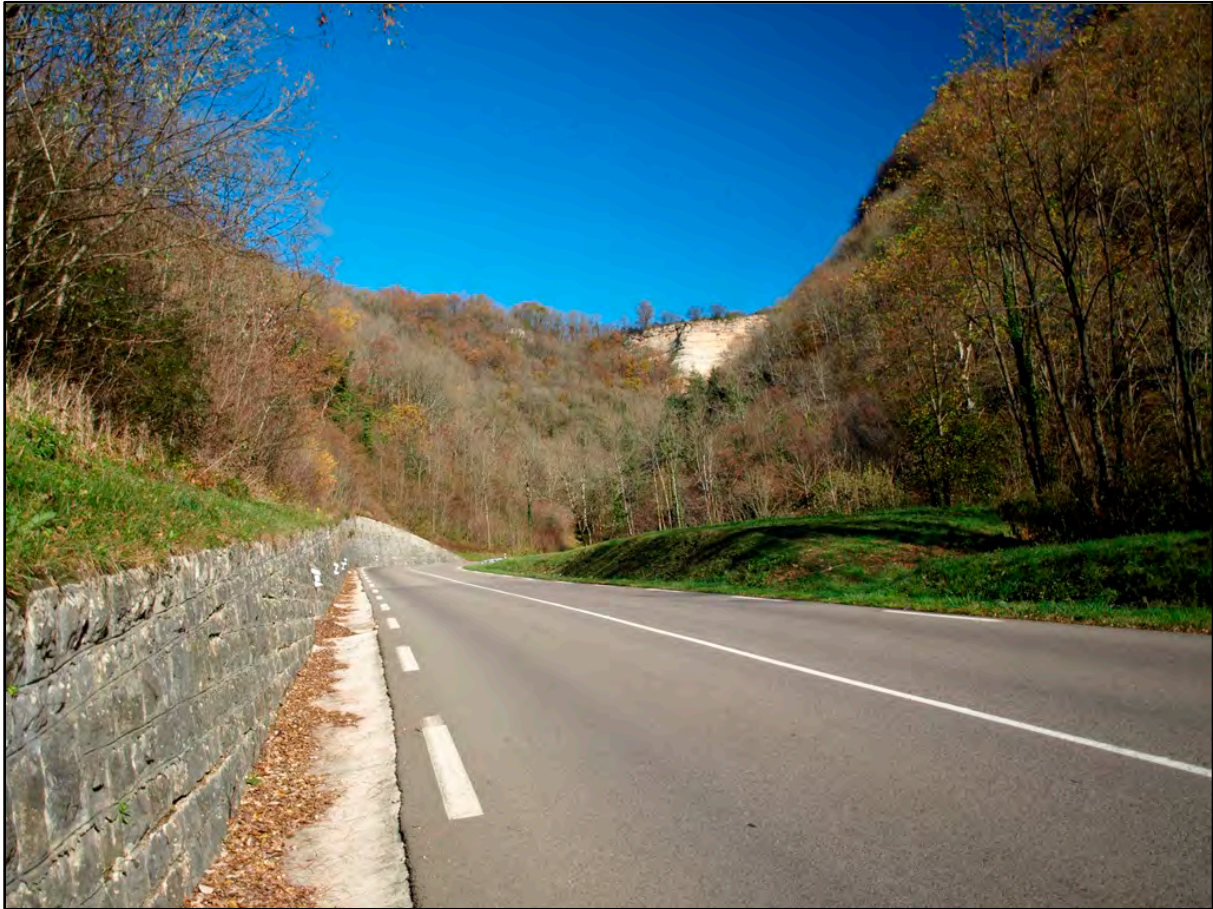
V zatrepni dolini Vallière je 26 izvirov (Bureau..., 2012). Glavni izvir se je izoblikoval v zatrepu Vallière, njegov povprečni pretok se giblje med 0,3 in 2,2 m³/s. V reko Vallière se izlivajo številni stranski pritoki, kot so vodotoki Rochechien (0–1,5 m³/s), Doye (nekaj litrov na sekundo), Fontenaille (0,1 m³/s) in Diana (0,1–1 m³/s). Povprečni pretok reke Vallière tako znaša ob izteku iz zatrepne doline približno 2,5 m³/s, v času obilnih padavin pa lahko naraste na 5 m³/s (Frachon, 2004).

Speleološke značilnosti

Na območju zatrepne doline Vallière se pojavlja šest jamskih objektov. Eden izmed njih se pojavlja v obodu zatrepne doline zahodno od naselja Conliège, pet pa v zatrepu Rochechien. V nadaljevanju bodo podrobneje predstavljeni jamski objekti v zatrepni dolini.

1. Tri manjše jame Grottes de Montaigu se odpirajo v pobočju zatrepne doline. Jame zapolnjuje glina bogata z manganom, ki naj bi bila periglacialnega izvora.
2. Jama Grotte de Gravelle je večji spodmol, v katerem je odložena večja količina periglacialnih sedimentov. Jama je prav tako podvržena močnemu zmrzalnemu preperevanju.
3. Jama Grotte des Maquisards je 50 m dolga fosilna jama, ki jo zapolnjuje glina z veliko vsebnostjo mangana. Vhod v jamo je oblikovan v ostenju.
4. Jama Grotte de Revigny je z 270 m rovov najdaljša jama na območju zatrepne doline Vallière. Oblikovana je vzporedno z zunanjim ostenjem (Frachon, 2004).

Fotografija 37: Zatrep Rochechien.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepne doline Vallière med vrhom glavnega zatropa in iztekom znaša 6780 m, skupaj s tremi stranskimi zatropi pa 10 810 m. Širina zatrepne doline znaša v glavnem zatropu 520 m, v naselju Revigny 1120 m, v naselju Conliège 1780 m, ob izteku zatrepne doline pa 2580 m. Dno zatrepne doline je z 1.250 m najširše ob izteku, s 45 m pa najožje v glavnem zatropu. Izvir reke Vallière se pojavlja v nadmorski višini 400 m, nad njim pa je 128 m visok stenast zatrep. Obod zatrepne doline se je izoblikoval v nadmorskih višinah med 500 in 550 m. Iztek zatrepne doline je v nadmorski višini 271 m.

Glavni zatrep Vallière se je izoblikoval na južni strani zatrepne doline Vallière. Obod zatrepne doline predstavlja 10 m visoko ostenje, pod katerim so strma pobočja. Pobočja v začetku zatropa segajo skoraj do dna doline, v končnem delu zatropa pa se pod njimi pojavlja še ožji pas blagih pobočij. Nad glavnim zatropom je proti jugovzhodu manjša obvisela zatrepna dolina, znotraj katere so v pobočju posamezne manjše terase. Obod zatropa Vallière je v nadmorski višini 530 m, izvir pa se pojavlja v nadmorski višini 400 m.

Zatrep Rochechien se je izoblikoval približno 1,5 km severno od glavnega zatropa, na severnem pobočju zatrepne doline. Dno obravnavanega zatropa na območju izvira prehaja neposredno v 40 m visoko ostenje. Proti jugu se ostenje zvezno nadaljuje, pod njim pa se pojavljajo strma pobočja, ki segajo do dna zatropa. Pod vrhom zatropa se pojavlja večje melišče, ki ga mestoma prekrivajo in utrjujejo plasti lehnjaka. Obod zatropa Rochechien se je izoblikoval v nadmorski višini 520 m, glavni izvir pa se pojavlja v nadmorski višini 410 m. Na vzhodni strani je ob izteku zatropa manjši obviseli zatrep.

Zatrepa Fontenaille in Diane sta v severnem pobočju zatrepne doline, približno 2,5 km pred njenim iztekom. Zatrepa sta se izoblikovala drug ob drugem, vendar je zatrep Diane večji. Obod zatrepne doline predstavlja pri obeh blag pregib, ki se nadaljuje v planoto. Pod njim je razvit širok pas strmih pobočij, ki le malo pred dnom prehajajo v blaga pobočja. Obod zatrepov Fontenaille in Diane je v nadmorski višini med 520 in 550 m, glavna izvira pa se pojavljata v višini 385 m in 460 m.

Vršni deli pobočij so v začetnih delih zatrepne doline sestavljeni iz 10–40 m visokega ostenja, pod katerimi so strma pobočja, ki se iztekajo skoraj do dna zatrepne doline. Ob naselju Revigny se dolina razširi, nad dnom pa se raztezajo blaga pobočja. Zahodno od naselja se pojavlja zatrep Doye, v katerem se raztezajo strma pobočja in posamezna melišča. Od naselja Revigny do naselja Conliège se v vršnih delih pobočij pojavljajo manjša ostenja, visoka 10 m, nad katerimi se razteza blag pregib v planoto. Ob izteku zatrepne doline je obod vedno manj izrazit in blago prehaja v planoto. Ob izteku so nad dnom zatrepne doline pobočja vse bolj blaga.

Fotografija 38: Rast lehnjakove kope, ki stabilizira melišče v zatrepu Rochechien.



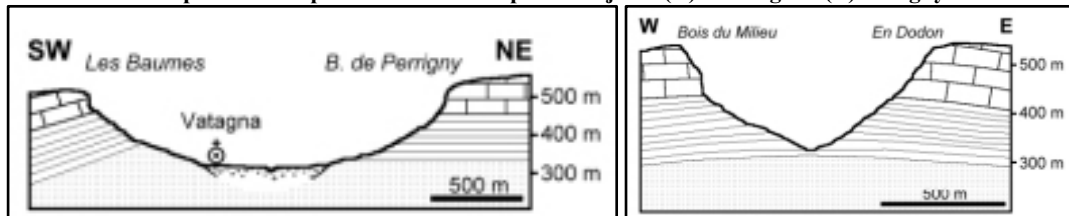
Avtor: Jure Tičar, 2011

Dno zatrepne doline Vallière je sestavljeno iz štirih različnih nivojev teras.

- Terasa v nadmorski višini 410 m se pojavljajo v zatrepih Vallière in Rochechien. Terasa v zatrepu Vallière se razteza 200–300 m pod glavnim izvirom. Debelina terase je približno 2–3 m, sestavlja pa jo breča, ki je dobro cementirana, tako da se v njej pojavljajo celo manjše jame. Terasa se pri tej nadmorski višini spet pojavi JV od sotočja reke Vallière in Rochechien. Terasa v zatrepu Rochechien se razteza 100 m v smeri toka reke od izvira in je izoblikovana v lehnjaku, ki je debel do 3 m. Ponekod je lehnjak prekrit z odkruški apnenca in melišči, ki so že povsem cementirana (Frachon, 2004).
- Terasa v nadmorski višini 350 m se pojavljajo v okolici naselja Revigny. Na površju terase se pojavlja lehnjak, notranja zgradba terase pa ni znana. Terasa je nastala na prehodu med lapornatimi apnenci in peščenjaki. Podobna terasa se pojavlja na severnem pobočju med naseljema Conliège in Perrigny. Ponekod je terasa prekrita z melišči (Frachon, 2004).

- Terasa v nadmorski višini 300 m se pojavlja pred mestom Lons-le-Saunier ob izteku zatrepne doline in zavzema celotno širino dna. Struga reke Vallière je vrezana 10 m globoko v teraso in na obeh bregovih ustvarja dve terasi. Sestavljena je iz nekaj metrov debele plasti laminiranih apnenčastih prodnikov. Predvideva se, da teraso sestavlja rečno-ledeniško gradivo (Frachon, 2004).

Skica 19: Prečna profila zatrepne doline Vallière pod naseljema (A) Conliège in (B) Revigny.



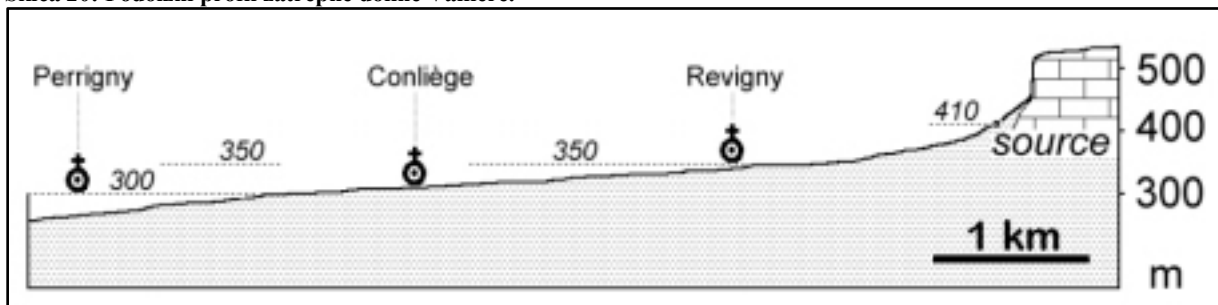
Vir: Frachon, 2004

- Terasa v nadmorski višini 280 m se pojavlja ob izteku zatrepne doline. Zgornji del terase (6 m) je sestavljen iz prodnikov, pod katerimi je plast peska in gline (2 m). Sledi jim plast prodnikov (18 m), na dnu pa so odloženi zelo veliki prodniki (5 m). Debelina celotne terase tako znaša 31 m, sestavlja pa jo rečno-ledeniško gradivo (Frachon, 2004).

Morfogenetske značilnosti

Podobno kot v prejšnjih obravnavanih zatrepnih dolinah tudi v zatrepni dolini Vallière obstaja povezava med geološkimi in topografskimi značilnostmi. Usmeritev zatrepne doline je namreč odvisna od prelomov in gub. V obdobju kvartarja je bila pomembna tudi periglacialna aktivnost, predvsem v zatrepu Doye pri Revignyu. Poseben pomen se pripisuje tudi suhim dolinam, ki vodijo s planote do izvira Vallière. Predvideva se namreč, da so prvotno vrezovanje zatrepne doline na planoti opravili površinski vodotoki. Naklon podolžnega profila je precej visok (2,3%), kar kaže na to, da ravnovesje še ni bilo vzpostavljeno. Poglobljanje doline zavira tudi prisotnost laporjev, ki se pojavljajo precej visoko (Frachon, 2004).

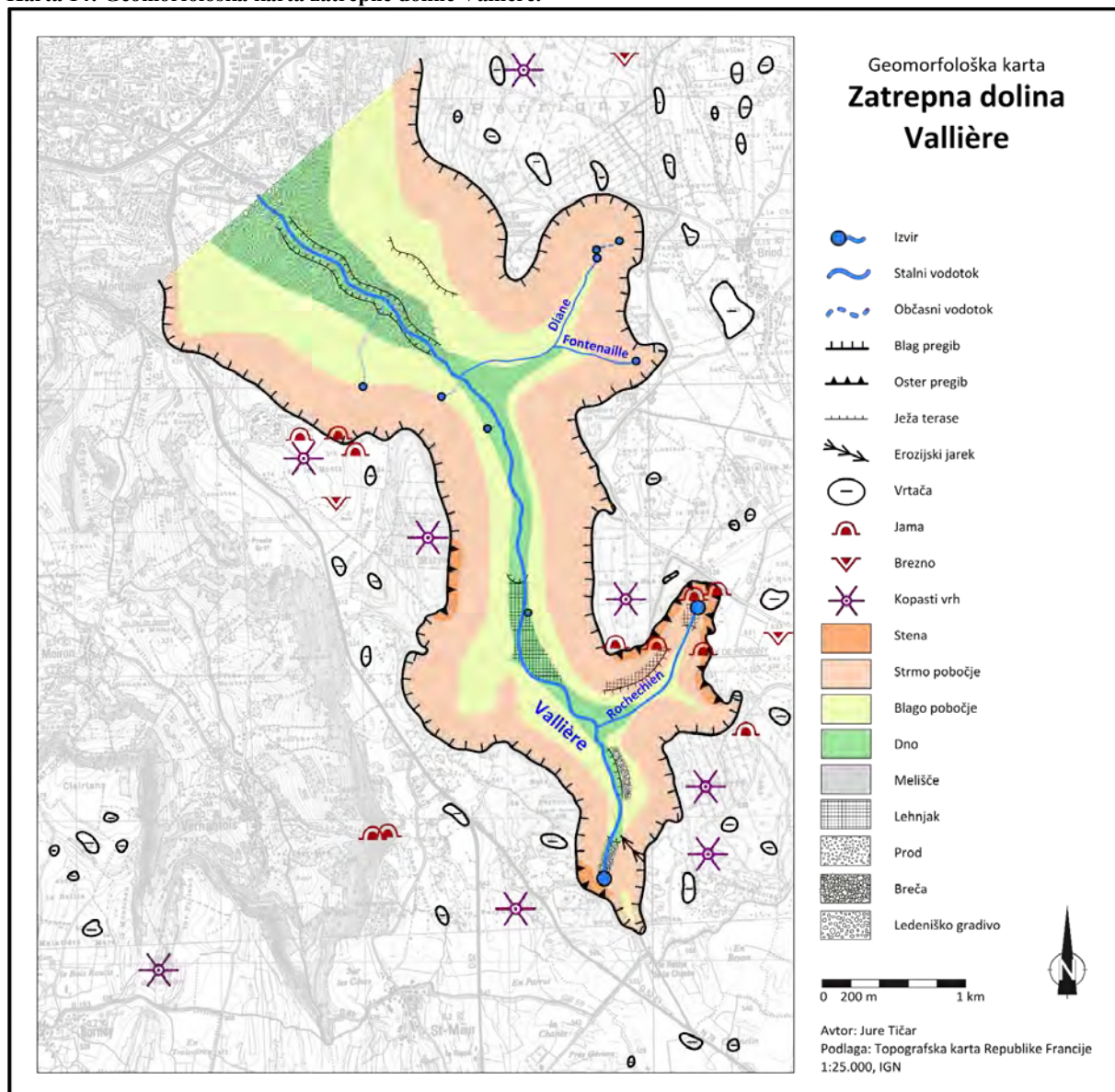
Skica 20: Podolžni profil zatrepne doline Vallière.



Vir: Frachon, 2004

Sedimentacija lehnjaka v zatrepu Rochechien nakazuje na njegovo vlogo pri utrjevanju melišč. Med raziskavami so bila na nekaterih lokacijah 50 m od stene zatropa Rochechien odkrita posamezna manjša izsutja melišča, poprej utrjena z nekaj centimetrov debelo plastjo lehnjaka. Do izsuti najverjetneje prihaja zaradi povečanega pritiska na lehnjak znotraj melišča, osušitve in preperevanja lehnjaka ali spodjedanja melišča. Nekaj metrov stran od izsuti v strugi vodotoka obenem nastaja nov lehnjak. S pomočjo radio-ogljikove datacije lesa znotraj lehnjaka bi lahko proučili dinamiko nastajanja lehnjaka, njegovega vpliva na stabilizacijo melišč ter posledično upočasnitvijo zadnje erozije v zatrepu.

Karta 14: Geomorfološka karta zatrepne doline Vallière.



Avtor: Jure Tičar, 2012

4.3. CAUSSE DE GRAMAT

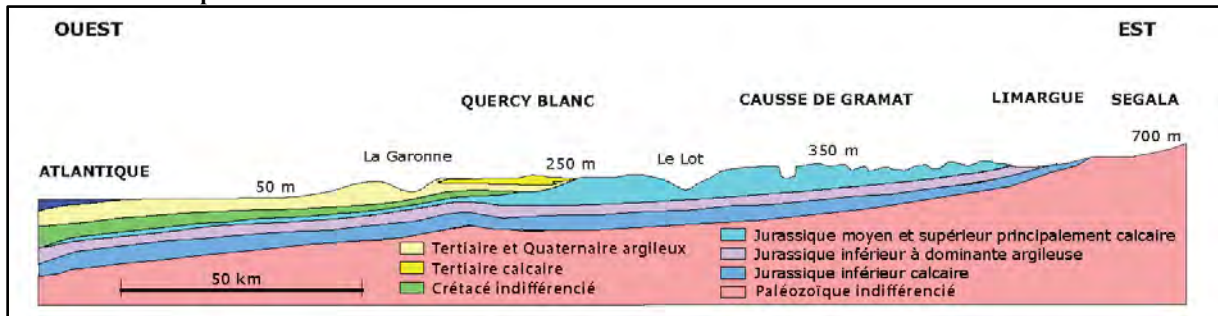
Značilnosti območja

Planota Causse de Gramat pripada kraškemu območju Causse de Quercy, ki obsega okoli 8.000 km² veliko območje na zahodnem robu Centralnega masiva (Astruc, Bruxelles, 2010). Na severu jo omejuje reka Dordogne z levim pritokom Bave, na jugu reka Lot z desnim pritokom Céle. Kraško površje planote se proti vzhodu zaključi na stiku z metamorfnimi kamninami Centralnega masiva, proti zahodu pa nejasno mejo označuje prehod v fluvialni sistem Akvitsanske kotline. Območje se razteza na skrajnem severnem robu planote Causse de Gramat.

Planotasto kraško površje severnega dela Causse de Gramat se razteza v nadmorski višini med 300 in 350 m.n.v. ter se dviga okoli 200 m nad dolino reke Dordogne in njenimi pritoki. Na območju ni izrazitih vzpetin, marveč prevladuje uravnano površje. Nekoliko višji svet (do 430 m.n.v.) se razteza zgolj severno od Gramata. Na območju prevladujejo značilne kraške oblike, kot so vrtače, škraplje, jame, brezna in zatrepne doline. Površje zaznamujejo

tudi številne suhe doline, ki so zapolnjene s sedimenti in nakazujejo razvitost rečnih mrež na planoti v preteklosti.

Skica 21: Geološki profil med Centralnim masivom in Atlantskim oceanom.



Vir: Astruc, 2010

Osnovno geološko strukturo planote Causse de Gramat in celotnega območja predstavlja monoklinala, nagnjena proti zahodu (Salomon, 2000). Planoto sestavljajo plasti srednjekrednega apnenca, katerih stratigrafija je takale: zgornjo plast sestavljajo laporji in apnenci (20–25 m), pod njimi pa so mikritni in oolitni apnenci (90–120 m). Tem sledi plast bioklastičnih in dolomitiziranih apnencev (15 m), pod njimi pa so črni ferogeni oolitni laporji (20–30 m). Sledi plast bioklastičnih apnencev in oolitnih laporjev, zatem pa lapor in siva sljudasta glina (40–50 m). Na izdankih ob dolini reke Dordogne najdemo v spodnji plasti sive apnenca in ploščate laporje (20 m). Kraško površje je prepleteno s suhimi dolinami, ki so zapolnjene s prodrom in glino (Geološka karta..., 1996a; Geološka karta..., 1996b).

Planoto seka serija prelomov, ki ju lahko razdelimo na dve skupini. Prva pripada armorškemu prelomu v smeri JV (140° – 150°), druga pa pirenejskim prelomom v smeri V (100 – 110°). Na območju zasledimo tudi serijo prelomov v smeri S (20°) (Geološka karta..., 1996a; Geološka karta..., 1996b).

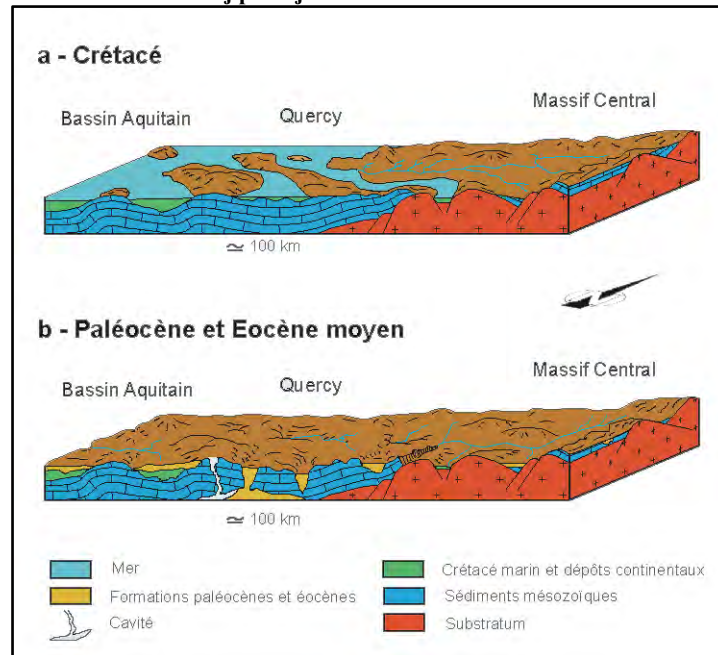
Geomorfološki razvoj območja

Razvoj površja na sedimentnih kamninah na območju Quercyja se je začel s sedimentacijo v toplim morju v obdobju liasa pred 200 milijoni let (na prehodu med zgornjim triasom in spodnjo kredo). Toplo morje se je skupaj s koralnimi grebeni raztezalo do Centralnega masiva. Proces sedimentacije je na tem območju potekal do konca jure (140–135 milijonov let nazaj), pri čemer so nastale do 1000 m debele plasti apnencev. Površje je po umiku morja v spodnji kredi (pred 100 milijoni let) izpostavljeno eroziji. Pri tem se je razkrilo neprepustno površje Centralnega masiva, ki se je dvigalo vzhodno od kraških planot, te pa so bile izpostavljene kaolinitizaciji. Mezozojske kamnine so bile sočasno izpostavljene zakrasevanju in nastajanju prsti, katere plasti so zaradi tropskega in vlažnega podnebja ponekod presegle 50 m globine. Razvile so se pomembne endokraške oblike, kot so jame in globoka brezna, ki so bile kasneje prekrite s prstjo. V cenomaniju (pred 95 milijoni let) je bilo območje spet prekrto z morjem, ki se je umaknilo šele v campaniju (pred 85 milijoni let). Površje je bilo tedaj pod vplivom kontinentalnega podnebja. Temu je sledilo tudi zakrasevanje, zaradi česar je bilo v obdobju 40 milijonov let odstranjenih okrog 200 m jurskih apnencev. Ob povečanem hidravličnem gradientu je bilo novo endokraško območje pred 70 milijoni let pod vplivom tektonskih premikov.

V terciarju (pred 65 milijoni let) je bil kras pod vplivom menjavanja tropskega in sušnega podnebja. V tem obdobju so ponovno nastajali železovi kaoliniti; njihova debelina je ponekod presejala 50 m. Proti koncu oligocena je kaolinit zaprl jame in v njih so nastale

velike količine fosfatov. Ob prehodu med oligocenom in miocenom je pirenejska molasa za več kot 30 milijonov let fosilizirala kraško površje.

Skica 22: Razvoj površja v Gramatu med kredo in eocenom.



Vir: Astruc, Bruxelles, 2010

V pliocenu in kvartarju (pred 1,5 milijonov let) je bila aktivna pirenejska orogeneza, hladnejše podnebje pa je s periglacialno erozijo morfološko preoblikovalo pokrajino. Na severu planote, kjer je molasa najtanjša, jo erozija najprej odstrani. To pojasnjuje tudi kasnejše zakrasedanje območja, ki je najstarejše na severu, medtem ko so na jugu ponekod še vedno ohranjena fosfatna najdišča. Podoben je tudi razvoj rečne mreže med posameznimi dolinami (Dorgogne, Lot, Aveyron), saj so imele na jugu reke več površinskih vod. Poglobljanje dolin na prehodu med tericarjem in kvartarjem je sprožilo vrezovanje podzemne vode v meandre, kar je bilo najznačilnejše za freatične kraške sisteme na dvignjenih kraških območjih. Zahodno od Quercyja se je zaradi erozije na širšem območju počasi zapolnila Akvitanska kotlina (Salomon, 2000).

Hidrološke značilnosti

Na zahodnem delu območja se razteza kraško zaledje jamskega sistema Padirac, proti vzhodu pa kraški svet v zaledju zatrepnih dolin, ki ga napajajo tudi površinske vode iz južnih lapornatih gričev Limargue. Celotno območje vodonosnika obsega površino 116 km², od česar zajema kraški vodonosnik 92 km² (Salomon, 2010).

Kraško zaledje jamskega sistema Padirac je razvito v 80–100 m debelih plasteh jurskih apnencev, ki so bile odložene na neprepustnih toarcijskih laporjih. Jamski sistem drenira kraško vodo proti izviru Fontaine de Sainte Georges na zahodu, ki je oblikovan v zatrepu nad reko Dordogne. Letni pretok vode skozi jamski sistem in izvir se ocenjuje na 50 milijonov m³. Poleg omenjenega izvira manjši delež vode izhaja tudi na severnem robu kraške planote Causse de Gramat v obliki manjših izvirov v zatrepnih dolinah (Salomon, 2010).

Na pretočne značilnosti vzhodnega dela kraškega vodonosnika vplivajo predvsem površinske vode gričev Limargue, ki ponikajo v ponorih Gaubert, Auru, Batut, Salvage in Anreieu. Vode se spet pojavijo v zatrepnih dolinah na severu oz. izvirov Tourel, Mandine in

Merdalou (Salomon, 2010). V erozijski jarek Autoire se v slapu izteka tudi potok Goutal, ki odlaga veliko lehnjaka.

Fotografija 39: Slap v erozijskem jarku Autoire.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Speleološke značilnosti

Najpomembnejši jamski objekt na kraškem območju Causse de Gramat je nedvomno Gouffre de Padirac. Vhod v jamski sistem, ki je dolg več kot 30 km, se odpira v kraju Padirac približno 9 km severno od mesta Gramat (Astruc, 2003).

Na kraškem območju Causse de Gramat se pojavljajo tudi številne ponorne jame in brezna, ki so se izoblikovala najverjetneje pri eroziji neprepustne molase. Vhodi vanje so po celotnem površju, in sicer v manjših slepih dolinah. Med večje jamske sisteme na tem območju štejemo tudi jamo Grotte de Presque, katere vhod se odpira na začetku zatrepne doline južno od kraja St.-Médard-de-Presque.

4.3.1. ZATREPNE DOLINE V GRAMATU

Lokacija

Zatrepane doline v Gramatu so se izoblikovale na severnem vznožju planote Causse de Gramat, zahodno od mesta Saint-Céré. Petnajst zatrepnih dolin je nad dolino rek Bave in Dordogne, razvite pa so v smeri S–SV (35°).

Geološke značilnosti

Zatrepane doline v Gramatu so nastale v delu planote Causse de Gramat, ki jo pretežno prekrivajo srednjejurski laporji in apnenci, pod katerimi se raztezajo, masivni oolitni apnenci. Mestoma se na planoti pojavljajo tudi vrtače in suhe doline, ki jih zapolnjuje prodi in ilovnato-peščeni sediment. Na severnem robu planote se v zgornjem delu pojavljajo bioklastični in dolomitizirani apnenci, pod katerimi se raztezajo spodnjejurski črni ferogeni oolitni laporji. Spodnji del roba planote sestavljajo bioklastični apnenci in oolitni laporji, pod katerimi je odložena plast laporja in sive sljudaste gline, na najnižjih delih pa se ponekod pojavljajo še plasti apnencev in laporjev. Vzdolž zatrepnih dolin ni izrazitejših prelomov, največji se je izoblikoval zgolj prečno na os zatrepnih dolin v smeri SZ–JV (120°–125°) (Geološka karta..., 1996a; Geološka karta..., 1996b).

Fotografija 40: Kamnolom v masivnih oolitnih apnencih na planoti Gramat, jugovzhodno od naselja Carennac.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Hidrološke značilnosti

V zatrepnih dolinah Gramat jugovzhodno od naselja Gintrac so se izoblikovali stalni vodotoki, severozahodno pa le občasni. Po večini vodotoke napajajo manj izdatni izviri, ki dosegajo pretok nekaj litrov na sekundo. V zatrepnih dolinah prevladuje le en vodotok.

Speleološke značilnosti

Na območju zatrepnih dolin v Gramatu se pojavlja 21 jamskih objektov (Bureau..., 2012). Najdaljša med njimi je jama Grotte de Presque, katere vhod se odpira v nadmorski višini 290 m na obodu zatrepne doline južno od kraja Saint-Médard-de-Presque. Jama je dolga približno 400 m, sestavlja pa jo večji vodoravni rov, visok 15 m in širok približno 10 m. Glavni rov je v veliki meri zasigan. Z novejšimi raziskavami v letu 2011 so odkrili 200 m dolg rov, v katerem so prišli do podzemnega vodotoka, jama pa se konča s sifonom (Grottes de Presque, 2012).

Fotografija 41: Zatrejna dolina v Gramatu, zahodno od mesta St.-Céré.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepnih dolin v Gramatu med vrhom glavnega zatrepa in iztekom znaša pri najdaljši zatrepni dolini 3370 m, pri najkrajši pa 940 m. Širina zatrepnih dolin se od zatrepa proti izteku povečuje in znaša ob najširšem izteku 860 m. Dna zatrepnih dolin so široka do 150 m. Občasni izviri v zatrepnih dolinah se pojavljajo pod 10–30 m visokimi stenastimi zatrepi. Obod zatrepnih dolin se je izoblikoval v nadmorskih višinah med 270 in 340 m, izteki so v nadmorskih višinah med 130 in 150 m.

Fotografija 42: Zatrejna dolina nad reko Dordogne, zahodno od naselja Gintrac.



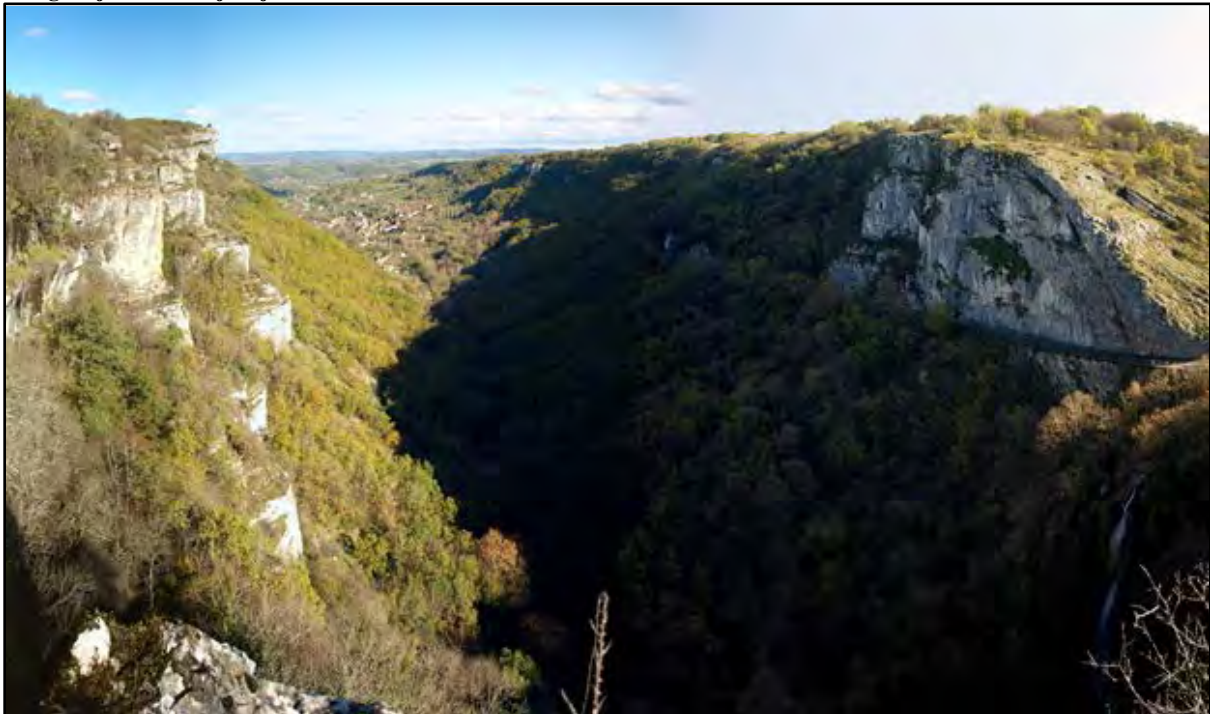
Avtor: Jure Tičar

Zatrepi v zatrepnih dolinah v Gramatu so se izoblikovali na južni in jugozahodni strani. Večinoma so precej široki, nad njimi pa se pojavljajo suhe doline. Zatrepe sestavljajo 10–30 m visoka ostenja, ki v spodnjem delu prehajajo v manjša melišča, ta pa nato v strma pobočja. Zatrepane doline, ki so se izoblikovale vzhodno od naselja Autoire, so praviloma daljše in imajo izoblikovan večji sklenjen obod, zatrepne doline zahodno od omenjenega naselja pa so praviloma krajše, izrazit obod se je izoblikoval le v zatrepu, v stranskih pobočjih pa se med seboj stikajo z blagim pregibom. Pobočja zatrepnih dolin so praviloma blaga, le pod ostenji se pojavljajo strma pobočja. Dna zatrepnih dolin so široka do 100 m in imajo izoblikovane aluvialne naplavine le vzhodno od naselja Autoire. Ob izteku zatrepnih dolin na levem bregu reke Bave so se izoblikovali manjši vršaji, kar je razvidno tudi iz poteka rečne struge. Pred iztekom zatrepnih dolin so v pobočjih pregibi, ki ustrezajo stiku laporjev in apnencev.

Morfo-genetske značilnosti

Z začetkom pirenejske orogeneze pred 1,5 milijoni let je erozija počasi začela odstranjevati molaso, ki je prekrivala kraško območje planote Causse de Gramat. Zakrasevanje je potekalo od severa proti jugu, tako da je bilo območje sednjih zatrepnih dolin najprej izpostavljeno eroziji površinskih rek (Salomon, 2010). Številni aluvialni sedimenti in suhe doline razkrivajo nekdanjo rečno mrežo v zaledju zatrepnih dolin. Večji del aluvialnih sedimentov in suhih dolin je sicer orientiran v smeri V–Z, vendar so na severnem robu planote suhe doline orientirane tudi proti severu. S poglobljanjem rečnih dolin na prehodu med terciarjem in kvartarjem se je povečal tudi gradient med planoto in dolino reke Dordogne (Salomon, 2010). Ob tem so se v rob planote začeli vrezovati erozijski jarki. S postopnim zakrasevanjem so se vode prestavile v podzemlje, o čemer pričajo številni suhi ponori na planoti. Najverjetneje se je glavnina vod zahodno od kraja Loubressac sčasoma prestavila v smeri zahoda, medtem ko je bil dotok voda vzhodno od tega naselja še vedno dovolj velik zaradi nekraškega zaledja (peščenjak in magmatske kamnine).

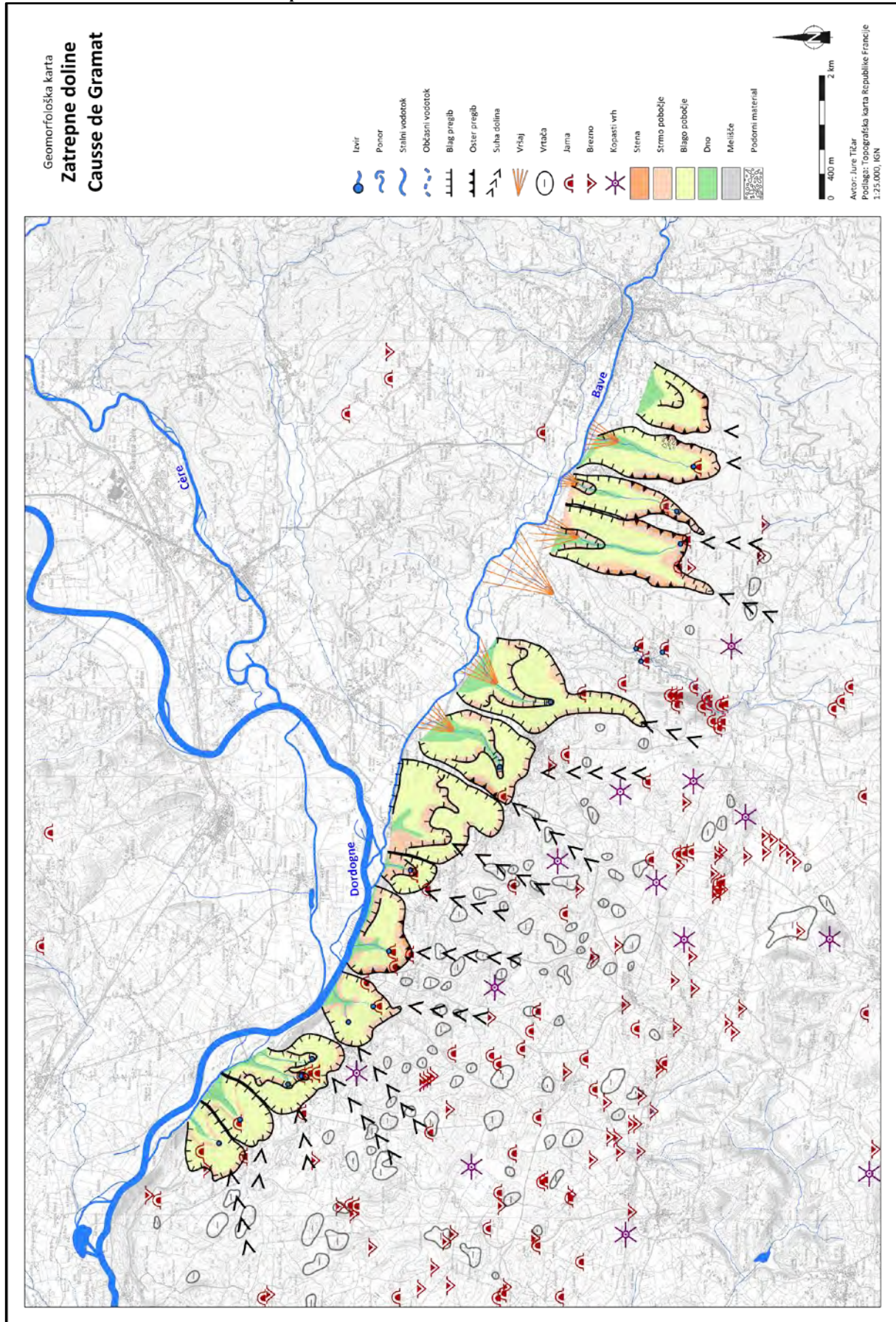
Fotografija 43: Erozijski jarek Autoire.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Ob prestitvi vode v podzemlje in vrezovanju reke Dordogne so vzhodne zatrepne doline sčasoma oblikovale zatrepe ob glavnem prečnem prelomu, reka Dordogne pa je erodirala njihove izteke. Medtem je bilo erozijsko vrezovanje v rob planote še vedno aktivno zahodno od kraja Loubressac. O tem priča tudi še zdaj aktiven erozijski jarek Autoire. Zahodno od omenjenega erozijskega jarka so se vode prestavile v podzemlje in na stiku med apnenci in laporji si se pojavili izviri, ki so kasneje razvili zatrepe. Zatrepne doline zahodno od Loubressaca so zaradi dalj trajajoče erozijske aktivnosti posledično daljše, v izteku pa so se izoblikovali tudi manjši vršaji, ki niso tipični za zatrepne doline, v kakršnih so aktivni zgolj kraški izviri. Enega izmed preteklih izvirov predstavlja tudi vhod v jamo Grotte de Presque; s pomočjo datacij sedimentov bi bilo mogoče določiti starost zakrasevanja in oblikovanja ponorov na planoti.

Karta 15: Geomorfološka karta zatrepnih dolin v Gramatu.



Avtor: Jure Tičar, 2012

4.4. MASIV GRAND COYER

Značilnosti območja

Masiv Grand Coyer se razteza v Alpah Visoke Provanse na jugovzhodu Francije med zgornjim tokom reke Var in Verdon ter obsega površino 200 km². Na jugu masiv omejuje vzhodni del predgorskega loka Castellane, na severu gorsko sedlo Champs (d'Antoni-Nobécourt, Audra, 2009). Grand Coyer sestavljajo številni vrhovi, ki jih med seboj ločuje dolina reke Coulomp in kanjoni, ki so jih ustvarili njeni pritoki. V nasprotju s tipično alpsko slemenitvijo v širši okolici je za masiv značilna slemenitev v smeri S–J in SZ–JV.

Fotografija 44: Masiv Grand Coyer.



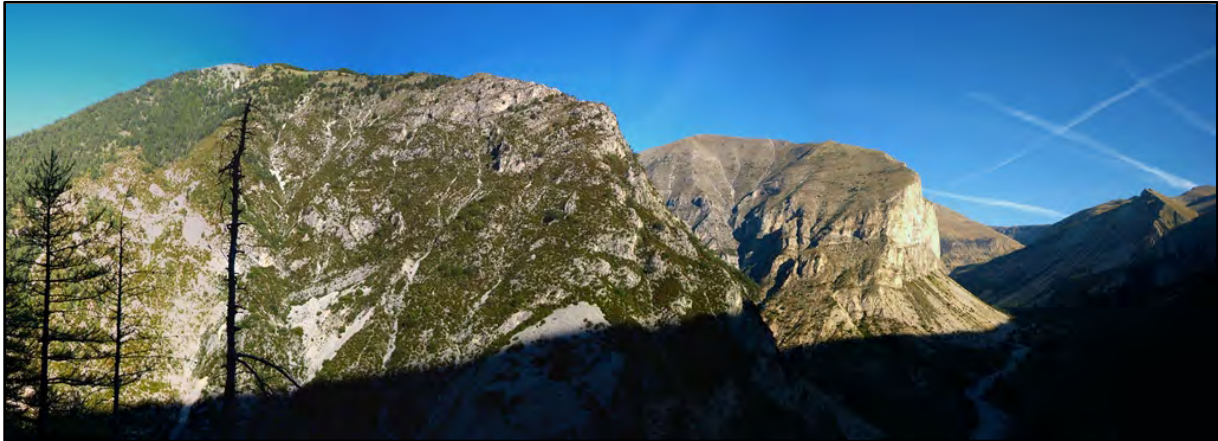
Avtor: Jure Tičar, 2011

Najvišji predel gorskega masiva je vrh Grand Coyer na severu z 2693 m, zatrepana dolina pa se je izoblikovala v 2088 m visoki gori Montagne de Beaussebéard. Okoliški vrhovi v masivu v večini presegajo 2000 m.n.v., najnižji predeli pa so v dolini ob sotočju reke Coulomp in reke Ravin de Grande Plane pri vasici Aurent v nadmorski višini 1150 m. Na območju prevladuje izrazit fluvialni gorski relief, z določenimi značilnostmi ledeniškega preoblikovanja. Zaradi litoloških značilnosti območja ni značilnih kraških oblik. Te se kažejo zgolj v obliki nekaterih kraških izvirov, ponorov in posameznih vodoravnih speleoloških objektih. Apnenec na površju se pojavlja med plastmi laporja in na pobočjih tvori strukturne stopnje, ponekod tudi manjše kraške planote (npr. Plan des Mouches). V lapornatih plasteh se pojavljajo številna erozijska žarišča.

Geološko strukturo masiva Grand Coyer gradi sinklinala, usmerjena proti jugu, kamor vpadajo tudi plasti kamnin (Bertrand, 1914). Masiv na dnu sestavljajo cenomanski laporji. Na te so odloženi kredni apnenci in lapornati apnenci, ki jih prekriva tenka plast numulitnih apnencev. Nad njimi so eocenski laporji, najvišje dele masiva pa sestavlja peščenjak. Tako je večina kraškega vodonosnika, razvitega v krednih apnencih, prekrita z neprepustnimi ali delno prepustnimi kamninami, kar vpliva tudi na razpršeno infiltracijo vode. Ponekod se lahko ob tankih plasteh lapornatih apnencev na površju pojavljajo tudi manjši ponori s koncentrirano infiltracijo (Audra et al., 2009). Peščenjak, ki je na vrhu litološkega stolpca, je zelo odporen proti eroziji in tako ščiti spodnje plasti.

Območje gore Montagne de Beaussebéard sekata dve različni smeri prelomov. Glavni prelom se je razvil v smeri S–SV–J–JZ, njegov položaj pa je razviden tudi v pobočjih gore Montagne d'Argenton, ki se dviga nasproti izvira Coulomp. Skupaj z litostatično razbremenitvijo na pobočjih gore Montagne de Beaussebéard prelom ustvarja širok pas porušene, nagubane in prelomljene kamnine. V smeri glavnega preloma se je razvil tudi jamski sistem La Grotte des Chamois. Druga smer prelomov, ki jo je mogoče zaznati zgolj v tem jamskem sistemu, poteka v smeri V–JV–Z–SZ (d'Antoni-Nobécourt, Audra, 2009).

Fotografija 45: Gora Montagne de Beaussebéard v zaledju gore Montagne d'Argenton.



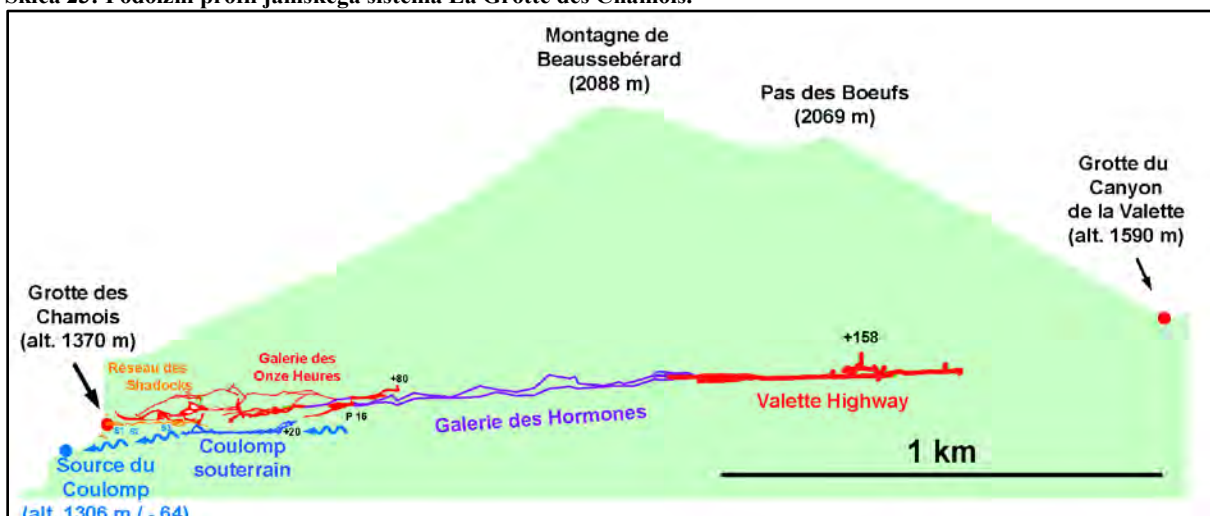
Avtor: Jure Tičar, 2011

Kraški vodonosnik se je razvil v krednih apnencih in se razteza na površini med 18 in 37 km² (Audra et al., 2009). Glavni izvir Coulomp je v nadmorski višini 1.306 m in se v 60 m visokem slapu izliva v dolino Pasqueiret. Njegov povprečni pretok znaša 1 m³/s; zaradi tega je največji izvir v porečju reke Var (Audra et al., 2009). Med poplavami v novembru 2011 so bile zabeležene najvišje pretočne vrednosti, 15–20 m³/s (Audra, 2011). Glede na litološke značilnosti vodonosnika se predvidevata dva načina infiltracije. Prekritost kraških kamnin naj bi vplivala na razpršeno infiltracijo padavinske vode, ki zagotavlja osnovo vodne bilance izvira, na hiter dvig vode v sistemu pa naj bi vplival skoncentriran dotok vode v kraško kamnino, ki priteka iz laporjev in peščenjakov v času obilnih padavin (d'Antoni-Nobécourt, Audra, 2009). Med poplavami so aktivni še drugi izviri v zatrepni dolini, med drugim tudi vhodni del jamskega sistema La Grotte des Chamois (Audra, 2011).

Speleološke značilnosti

Na celotnem območju je bilo odkritih le nekaj speleoloških objektov, kar pa je glede na »ujetost« kraškega vodonosnika pričakovano. Nekaj manjših objektov se odpira v dolini Vallete na severni strani gore Montagne de Beaussebéard, kar pa se povezuje z vrezovanjem doline v kamninsko maso in posledično ločitvijo manjših jam (sektorjev) od večjega jamskega sistema. Manjši speleološki objekti imajo namreč velike dimenzije rovov (nekaj metrov širine in višine), pri čemer so pogosto zapolnjeni z večjo količino sedimenta večjih frakcij – prodniki (Audra, 2011).

Skica 23: Podolžni profil jamskega sistema La Grotte des Chamois.



Avtor: Philippe Audra, 2011

Jamski sistem La Grotte des Chamois se odpira 64 m nad izvirov Coulomp. Vhod v jamo je 4 m širok fosilni rov, ki se odpira 15 m visoko v steni nad dnom zatrepne doline (Audra et al., 2009). V novejših raziskavah jamski sistem že presega 10,5 km rovov, glavni del jamskega sistema pa se je razvil v prelomni strukturi S–SV–J–JZ, ki vodi v smeri doline Valette. (d'Antoni-Nobécourt, 2011).

4.4.1. ZATREPNA DOLINA COULOMP

Lokacija

Zatrepna dolina Coulomp se je izoblikovala na jugozahodnem vznožju gore Montagne de Beaussebéard, 1,5 km zahodno od opuščenega naselja Aurent. Njen osrednji del se je razvil v smeri S–SZ–J–JV (210°), iztek zatrepne doline ob slapu v smeri S–SV–J–JZ (145°).

Fotografija 46: Zatrepna dolina Coulomp.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Geološke značilnosti

Zatrepna dolina Coulomp je nastala v zgornjekrednih apnencih in lapornatih apnencih, ki jih prekrivajo eocenski laporji in peščenjak. Izoblikovana je ob glavnem prelomu v smeri J–JZ–S–SV. Vzhodno od osi preloma so plasti apnencev v primerjavi z zahodnim delom dvignjene za 40 m. Ob glavnem prelomu se je izoblikoval vhod v jamo, prav tako pa tudi erozijski jarek nad zatrepom. Prečno na os zatrepa poteka manjši prelom v smeri S–SZ–J–JV. Na zahodu zatrepno dolino omejuje prelom v smeri S–J (Geološka karta..., 1980a; Geološka karta..., 1980b).

Hidrološke značilnosti

Izvir reke Coulomp se je izoblikoval 120 m jugovzhodno od zatrepca. Njegov povprečni pretok znaša $1 \text{ m}^3/\text{s}$ (Audra et al., 2009), v času obilnih padavin pa lahko naraste do $20 \text{ m}^3/\text{s}$. S tokom navzdol od izvira (10 m) se reka Coulomp v 60 m visokem slapu spusti do doline Pasqueiret, kjer oblikuje iztek zatrepne doline. V času obilnih padavin se v zatrepni dolini aktivirajo močnejši izviri pod steno zatrepca, na vznožju zahodnega melišča in na vhodu v jamo La Grotte des Chamois. Aktivni so tudi občasni vodotoki v erozijskem jarku nad zatrepom, ki se v visokem slapu izlivajo v zatrepno dolino (Audra, 2011).

Fotografija 47: Šestdeset metrov visok slap reke Coulomp.



Avtor: Catherine Frison, 2011

Morfografske in morfometrične značilnosti

Dolžina zatrepne doline med vrhom zatrepca in iztekom znaša 470 m, njena širina pa variira med 160 m ob izteku do 230 m v zatrepu. Dno zatrepne doline je z 20 m najširše v zatrepu, najožje pa pred slapom Coulomp, kjer je dno le 5 m široka struga. Reka Coulomp izvira v nadmorski višini 1.306 m; nad izviro se dviga 164 m visok zatrep, nad katerim se je izoblikoval 170 m visok erozijski jarek. Najvišja točka oboda zatrepne doline je v nadmorski višini 1640 m na vrhu erozijskega jarka. Iztek zatrepne doline je v nadmorski višini 1225 m pod slapom Coulomp.

Zatrepi v zatrepni dolini Coulomp se je izoblikoval na severni strani, sestavlja pa ga 164 m visoko ostenje. To se je izoblikovalo ob prečnem prelomu v smeri S–SZ–J–JV. V steni je viden prelom, ob katerem sta se izoblikovali zatrepna dolina in jama La Grotte des Chamois. Nad zatrepom je večji erozijski jarek, pod zatrepom pa se raztezajo obsežna melišča in struga občasnega vodotoka.

Fotografija 48: Melišče na zahodnem pobočju zatrepne doline Coulomp.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Vzhodno pobočje ob zatrepu sestavlja ostenje, ki se postopoma spušča do izvira reke Coulomp. V ostenju se je izoblikovala tudi strukturna stopnja, na kateri se pojavlja manjše melišče. Pod ostenjem se pojavljajo melišča in podorni bloki.

Zahodno pobočje ob zatrepu ima razvito 30–40 m visoko ostenje, pod katerim se pojavljajo obsežna melišča, ki segajo do dna zatrepne doline. Na severozahodnem delu je zgornji del melišča deloma uravnovešen zaradi poraščenosti, zato se je v njem oblikovala manjša stopnja. Melišče na zahodnem pobočju prekinjata dva rotacijska bloka matične kamnine, ki sta močno deformirana in labilna.

Fotografija 49: Vhod v jamski sistem La Grotte des Chamois se odpira v ostenju zatrepa.



Avtor: Jure Tičar, 2011

Dno zatrepne doline je občasna struga v zatrepu ter struga reke Coulomp, ki se ob slapu spušča v dolino Pasqueiret. Dno je v zatrepu pod vzhodno steno, iz zahodne strani pa vanj segajo melišča.

Fotografija 50: Oblikovanost rova Vallete Highway, s prodniki v dnu.

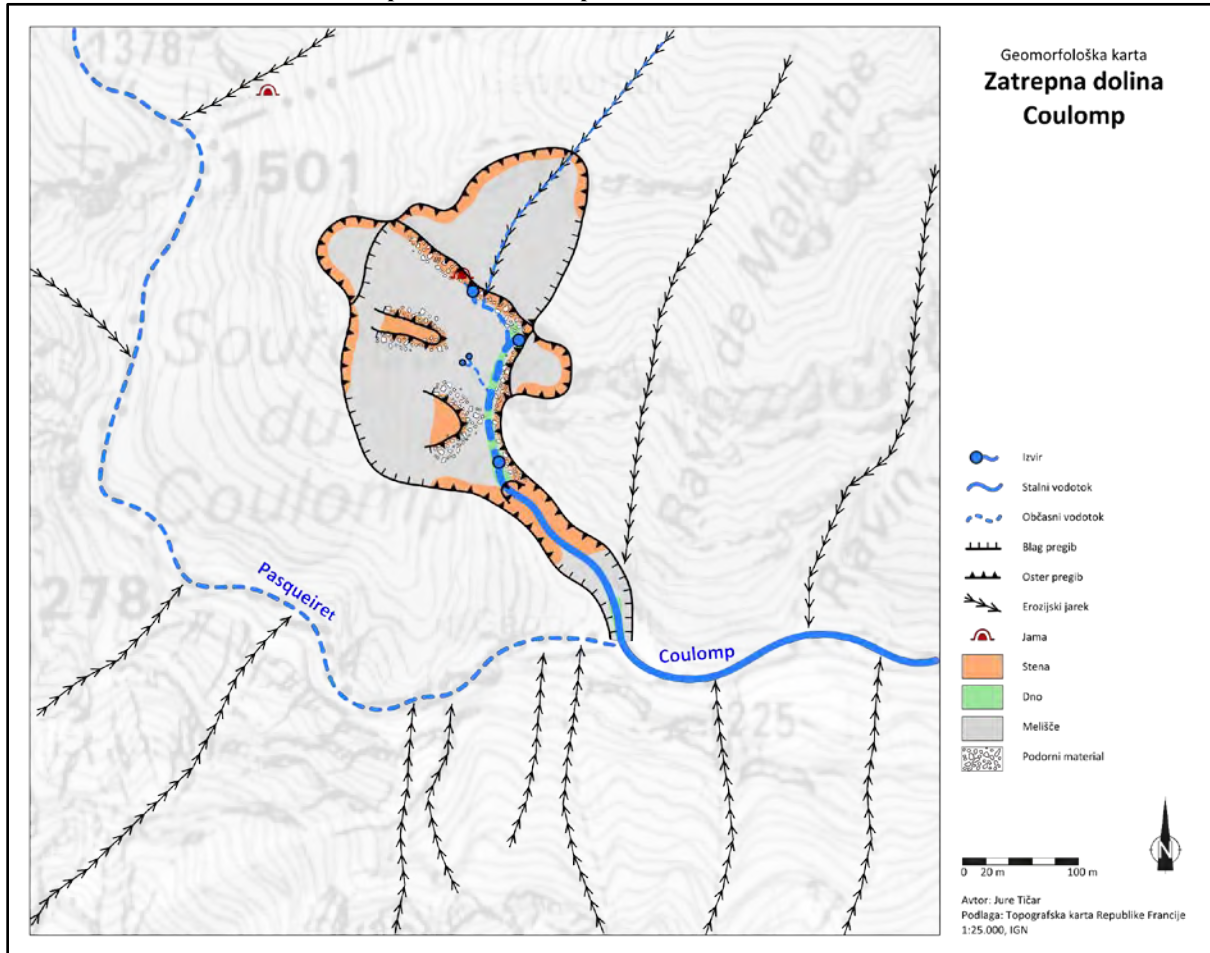


Avtor: Jean-Yves Bigot, 2011

Morfogenetske značilnosti

Zatrepna dolina je nastala ob glavnem prelomu v smeri S–SV–J–JZ, nad sedanjim izviro reke Coulomp. Zgornji deli jame La Grotte de Chamois so se razvili ob glavnem prelomu, v dnu rovov pa so mestoma odložene večje količine prodnikov (10 x 10 cm), kar nakazuje, da je jama nekoč prevajala vodo, ki je prihajala iz ponorov na severni strani gore Montagne de Beaussebéard. V dolini Ravin la Vallete na severni strani so bili namreč odkriti krajši odseki večjega jamskega sistema, zapolnjeni z večjimi količinami proda. V tem obdobju so bili aktivni tudi jamski rovi na južni strani nad dolino Pasqueiret, ki so zdaj pod melišči oz. v ostenju zatrepa. Obdobju relativne stagnacije je sledilo hitro vrezovanje dolin na tem območju, kar je možno povezovati tudi z obdobjem pleistocenske poledenitve. Zaradi močnega vrezovanja dolin so se hidrološke razmere v jami spremenile in zatrepni dolini spremenila. Dno zatrepne doline se je hitro poglobilo in zaradi hidroloških sprememb v jami se je aktiviral sedanjí izvir reke Coulomp. V zadnjem obdobju v zatrepni dolini prevladuje akumulacija, saj so se v njej razvila obširna melišča, ki so prekrila tudi stare vhode v jamski sistem. V času obilnih padavin, ko vode v podzemlju hitro narastejo, se aktivirajo občasni izviri v zatrepni dolini. Takrat se v zatrepni dolini poveča erozija, saj visoke vode odnašajo material iz melišč.

Karta 16: Geomorfološka karta zatrepne doline Coulomp.



Avtor: Jure Tičar, 2012

Fotografija 51: Podzemna reka Coulomp.



Avtor: Jean-Yves Bigot, 2011

TIPIZACIJA ZATREPNIH DOLIN

Na podlagi morfoloških in morfometričnih podatkov ter morfogenetske analize nastanka zatrepnih dolin je bila opravljena sledeča tipizacija.

Glede na oblikovanost zatrepnih dolin ločimo:

- **Linearne zatrepne doline**, ki imajo oblikovano eno dolino na začetku katere je razvit en glavni zatrep, ob katerem prevladuje rast zatrepne doline. V zatrepni dolini so lahko oblikovani tudi manjši stranski zatrepi, vendar ne vplivajo na smer rasti zatrepne doline. Med proučevanimi primeri lahko v ta tip zatrepnih dolin uvrstimo zatrepne doline: Fontaine-de-Vaucluse, zatrepne doline v Gramatu, Coulomp, Močilnik, Malni in Globočec.
- **Detritične zatrepne doline**, ki imajo oblikovane eno ali več dolin, v katerih je lahko razvitih več zatrepov, ob katerih prevladuje rast zatrepne doline. Zatrepi so lahko oblikovani tudi v osrednjem delu zatrepne doline. Med proučevanimi primeri lahko v ta tip zatrepnih dolin uvrstimo zatrepne doline Cuisance, Glantine, Seille, Vallière, Retovje, Planinski zatrep, Luknja in Studena.

Glede na nastanek zatrepnih dolin ločimo:

- **Erozijske zatrepne doline**, ki so nastale z erozijskim vrezovanjem površinsko tekočih vodotokov, ki so se v kasnejši fazi zakrasevanja prestavili v podzemlje. V nekdanjem erozijskem jarku ali dolini se je tako oblikoval kraški izvir, ob katerem se je pričela zadenjska erozija in nastanek ostenja. V zaledju zatrepnih dolin, so pogoste suhe doline, ki se iztekajo v zatrep. Med proučevanimi primeri lahko v ta tip zatrepnih dolin uvrstimo zatrepne doline v Gramatu in zatrepno dolino Luknja.
- **Epifreatične zatrepne doline**, v katerih so v zaledju izvirov razviti epifreatični jamski sistemi. Te zatrepne doline imajo praviloma zvezna pobočja. Ker se povečini napajajo z alogeno vodo, ki s sabo lahko prenaša večje količine sedimentov, se v dneh zatrepnih dolin oblikujejo terase. Med proučevanimi primeri lahko v ta tip zatrepnih dolin uvrstimo zatrepne doline Cuisance, Glantine, Seille, Vallière, Coulomp, Planinski zatrep, Malni in Studena.
- **Freatične zatrepne doline**, v kateri so v zaledju izvirov razviti freatični jamski sistemi. Te zatrepne doline imajo praviloma razčlenjena pobočja, ki so lahko v nekaterih primerih tudi odraz razpada freatičnih zank. Napredovanje zadenjske erozije, zaradi oblikovanja zank v freatičnih sistemih poteka z različno hitrostjo. Pogosto je združevanje z drugimi kraškimi oblikami kot so vrtače in udornice. Povečini se napajajo z avtigeno vodo, ki s sabo prenaša le malo oz. nič sedimentov. Med proučevanimi primeri lahko v ta tip zatrepnih dolin uvrstimo zatrepne doline Fontaine-de-Vaucluse, Retovje, Močilnik in Globočec.
- **Ledeniške zatrepne doline**, ki so lahko nastale z erozijskim vrezovanjem, v območju epifreatičnih ali freatičnih jam, vendar so bile v teku razvoja močno preoblikovane

zaradi ledeniškega delovanja. V času poledenitve so se v njih stekale večje količine rečno-ledeniškega materiala, ponekod pa je zatrepne doline preoblikoval tudi tok ledenika. Zatrepne doline so bile tako mnogokrat poglobljene in razširjene, v njih pa so se mestoma odlagali tudi morenski nasipi. V dnu so oblikovane značilne terase, ki so nastajale z vrezovanjem vodotoka v rečno-ledeniško gradivo. Ledeniško gradivo pogosto zapolnjuje jamske rove. Med proučevanimi primeri lahko v ta tip zatrepnih dolin uvrstimo zatrepne doline Cuisance, Glantine, Seille in Vallière v Francoski Juri.

5. ZAKLJUČEK

V diplomskem delu so bile proučene geomorfološke značilnosti šestindvajsetih zatrepnih dolin v Sloveniji in Franciji, s čimer je bil namen raziskave uresničen. Za izpolnitev osnovnega namena raziskave je bila analizirana obstoječa strokovna in znanstvena literatura o zatrepnih dolinah, analizirane so bile morfografske in morfometrične značilnosti zatrepnih dolin, pregledane geološke, hidrološke in speleološke značilnosti zatrepnih dolin ter njihove neposredne okolice, opredeljena morfogeneza zatrepnih dolin ter opredeljeni tipi zatrepnih dolin glede na obliko in nastanek.

Za izpolnitev ciljev so bile uporabljene kabinetne in terenske metode proučevanja. Literatura o zatrepnih dolinah je zelo pomanjkljiva in vezana zgolj na posamezna območja, splošne teorije o nastanku pa so vezane po večini na definicije o zatrepnih dolinah. S pomočjo literature so bile zbrane predvsem osnovne informacije o geoloških, hidroloških, speleoloških in deloma genetskih značilnostih raziskovanih območij. Francoska literatura mi je bila v Franciji težko dosegljiva, zato je bilo nujno uporabljati tudi spletne podatkovne baze in knjižnice ter strokovne stike v Franciji. Pregled literature je omogočil izločitev temeljnih značilnosti zatrepnih dolin, ki so bile nato proučene na terenu.

Literatura o zatrepnih dolinah pojasnjuje nastanek zatrepnih dolin z gravitacijskim izpodjedanjem pobočij, podiranjem jamskih stropov in s podori; njihovo usmerjenost z geološko strukturo, vplivom jamskih sistemov v zaledju in s površinskim erozijskim vrezovanjem vodotokov, obliko pa z erozijskimi in transportnimi zmožnostmi vodotoka, zasipavanjem dna korita s sedimenti, dinamiko zmrzalnega preperevanja, korozijo vode in biokorozijo (Šušteršič, 1977; Enciklopedija Slovenije, 2001; Frachon, 2004; Gams, 2004; Salomon, 2006; Ford in Williams, 2007).

Na podlagi interpretacije nastanka zatrepnih dolin je bilo ugotovljeno, da takšne doline nastajajo predvsem zaradi zadenjske erozije, smer zatrepnih dolin pa je po večini prilagojena geološki strukturi. V zatrepnih dolinah prevladujejo pobočni procesi, ki determinirajo obliko in širino doline in so močno povezani z litološko zgradbo. Odpornost kamnin za mehansko in kemično erozijo je v mehkejših sedimentnih kamninah (lapor, glinavci, sadra, peščenjaki) namreč manjša, zato tam nastajajo uravnotežena in blaga pobočja, v kompaknejših sedimentnih kamninah (apnenec, dolomit, marmor) pa je ta odpornost večja, pojavljajo se aktivna in strma pobočja z melišči in ostenji. V nekaterih primerih je vidno združevanje z drugimi kraškimi oblikami, kot so udornice in vrtače, zato je tem oblikam prilagojena tudi oblikovanost zatrepnih dolin. Pomemben dejavnik razvoja je tudi površinski tok vod, ki prevladuje na območjih, kjer je bil kras prej prekrit s kamninami, neprepustnimi za vodo. Tu so se v pobočja najprej vrezali erozijski jarki, ki so se s postopnim zakrasevanjem zaledja preobrazili v zatrepne doline. Na razvoj zatrepnih dolin lahko močno vplivajo tudi drugi preoblikovalni procesi, npr. poledenitev. Pomemben dejavnik preoblikovanja je prav tako nivo površinske oblike, v katero se zatrepna dolina izteka, saj spremembe lahko vplivajo na intenzivnejše poglobljanje zatrepne doline oz. uravnoteženost podolžnega profila vodotoka in s tem posledično zmanjšanje gradienta.

Glede na dostopnost kartografskega gradiva so bile pri morfografskem kartiranju uporabljene topografske karte Francije v merilu 1:25 000 ter topografske karte Slovenije v merilu 1:5000. Informacije o litoloških značilnostih in geoloških strukturah so bile pridobljene z analizo geoloških kart v merilu 1:50 000 in pripadajočih tolmačev. Določene geološke lastnosti so bile identificirane v sklopu morfografskega kartiranja, predvsem geološka struktura, ki je v geoloških kartah po večini pomanjkljivo opredeljena. Obravnavane

zatrepne doline so se po večini razvile v jurskih in krednih apnencih, med katerimi se ponekod pojavlja tudi dolomit. V zatrepnih dolinah v Francoski Juri in planoti Causse de Gramat se pod apnenci pojavljajo še manj odporne kamnine, npr. jurski, kredni in predvsem triasni laporji, glinenci, peščenjaki in sadra, ki večinoma ustvarjajo hidrološko pregrado, zato je tam največ izvirov. Manj odporne kamnine vplivajo tudi na nastanek erozijskih jarkov in pobočij z manjšimi nakloni. Smer zatrepnih dolinah večinoma sledi prelomnim strukturam. Če te potekajo prečno na smer zatrepne doline, lahko ponekod zadenjsko erozijo v tej smeri tudi zaustavijo (zatrepna dolina Glantine v Francoski Juri). Prelomne strukture prav tako vplivajo na nastanek podorov in udornic v zaledju. Zaradi slednjih se spreminjajo tudi hidrološke razmere v zaledju, vključno s prestavljanjem izvirov in posledično oblikovanostjo zatrepne doline (zatrepna dolina Retovje). Podatki o jamah v zaledjih zatrepnih dolin so bili pridobljeni s terenskim delom in s pomočjo dostopnih jamskih katastrov. Tako so bile opredeljene značilnosti jamskih rovov in oblik ter hidroloških con, v katerih so jame nastale. Razvoj jamskih sistemov v zaledju zatrepne doline Fontaine-de-Vaucluse v odvisnosti od sprememb nivoja erozijske baze je močno vplival na razvoj zatrepne doline. Dokazano je namreč, da so nekateri sedanji globoki freatični sistemi v preteklosti delovali kot vadozna brezna in so šele s spremembo piezometričnega nivoja začeli delovati kot freatični dvigi. Obstoj epifreatičnih sistemov na planoti Causse de Gramat priča o njenem postopnem zakrasevanju. Epifreatični jamski sistem La Grotte des Chamois v zaledju zatrepne doline Coulomp dokazuje, da je prihajalo v preteklosti do velikih hidroloških sprememb ob vrezovanju dolin, saj je nekdanji ponorni del sistema zdaj hidrološko povsem neaktiven. Freatični jamski sistemi v zaledju izvirov Ljubljaniče dokazujejo, da so se vodni tokovi v preteklosti prestavili zaradi oblikovanja udornic (zatrepna dolina Retovje). Hidrološke spremembe v Planinski jami so glavni vzrok za sedanjo oblikovanost zatrepnih dolin Malni in Planinski zatrep, saj so se vode v preteklosti prestavljale med zatrepnimi dolinami (Gospodarič, 1976). Nadmorska višina vhodov v nekdanje izvirske jame in ilovnati sedimenti pričajo o tem, da je v zatrepni dolini Luknja prišlo do nenadnega vrezovanja po daljšem obdobju stagnacije v nadmorski višini okrog 190 m. Najverjetneje je bil povod za vrezovanje zatrepne doline Luknja regionalna sprememba v hidrološki bazi v porečju reke Krke. Zatrepna dolina Studena je nastala na območju preloma, sedanji razvoj pa je izrazit v smeri zatrepa nad izvirov Studene, kjer prevladujejo ostenja, melišča in podorni material. Nad Levakovo jamo se je zatrepna dolina združila z vrtačo. Zatrepna dolina Studena je najverjetneje precej stara, saj so pobočja ob njenem izteku povsem uravnovežena.

Morfogenetska interpretacija razvoja je bila deloma prevzeta po obstoječi literaturi, večinoma pa temelji na sintezi geoloških, hidroloških, speleoloških, morfografskih in morfometričnih podatkov, ki so bili deloma pridobljeni s pomočjo literature, večinoma pa z obsežnim terenskim delom.

Tipizacija zatrepnih dolin je izhajala iz osnovne oblikovanosti in dimenzij zatrepnih dolin, ter iz načina nastanka posameznih dolin. Glede na obliko so bile opredeljene linearne in detritične zatrepne doline, glede na nastanek pa erozijske zatrepne doline, epifreatične zatrepne doline, freatične zatrepne doline in ledeniške zatrepne doline. Linearne zatrepne doline imajo oblikovano eno dolino, na začetku katere je en zatrep. Tipični primeri so zatrepne doline Fontaine-de-Vaucluse, zatrepne doline v Gramatu, Coulomp, Močilnik, Malni in Globočec. Detritične zatrepne doline imajo oblikovano eno ali več dolin, na začetku katerih je več zatrepov, v katerih je opaziti prevladujočo rast zatrepne doline. Tipični primeri so zatrepne doline Cuisance, Glantine, Seille, Vallière, Retovje, Planinski zatrep, Luknja in Studena. Erozijske zatrepne doline, so nastale z erozijskim vrezovanjem površinsko tekočih vodotokov, ki so se v kasnejši fazi zakrasevanja prestavili v podzemlje. Tipični primeri so zatrepne doline v Gramatu in Luknja. Epifreatične zatrepne doline imajo v zaledju izvirov

razvite epifreatične jamske sisteme, njihova pobočja pa so praviloma manj razčlenjena. Tipični primeri so zatrepne doline Cuisance, Glantine, Seille, Vallière, Coulomp, Planinski zatrep, Malni in Studena. Freatične zatrepne doline imajo v zaledju izvirov razvite freatične jamske sisteme in imajo praviloma razčlenjena pobočja, ki so lahko v nekaterih primerih tudi odraz razpada freatičnih zank. Pogosto se te zatrepne doline združujejo z drugimi kraškimi oblikami, kot so vrtače in udornice. Tipični primeri so zatrepne doline Fontaine-de-Vaucluse, Retovje, Močilnik in Globočec. Ledeniške zatrepne doline so lahko nastale z erozijskim vrezovanjem v območju epifreatičnih ali freatičnih jam, vendar so se z razvojem močno preoblikovale zaradi ledeniškega delovanja. Tipični primeri so zatrepne doline Cuisance, Glantine, Seille in Vallière v Francoski Juri.

V skladu s cilji so bile postavljene delovne hipoteze. Z izbiro najznačilnejših zatrepnih dolin v Sloveniji in Franciji, ki so bile podrobneje morfogenetske proučene, je mogoče postaviti v ospredje naslednje ugotovitve:

Hipoteza 1: Zatrepne doline so poligenetskega nastanka.

Hipoteza je potrjena. Na razvoj zatrepnih dolin vplivajo različni dejavniki. Dokazan je bil obstoj erozijskih zatrepnih dolin, nastalih z erozijskim vrezovanjem površinsko tekočih vod, ki so se v kasnejši fazi zakrasevanja prestavile v podzemlje. Dokazan je bil obstoj epifreatičnih zatrepnih dolin, ki imajo v zaledju razvit epifreatični jamski sistem in imajo praviloma izoblikovana zvezna pobočja. Dokazan je obstoj freatičnih zatrepnih dolin, ki imajo v zaledju razvite freatične jamske sisteme in imajo praviloma razčlenjena pobočja, pogosto pa je tudi združevanje z drugimi kraškimi oblikami, kot so vrtače in udornice. Dokazan je bil obstoj ledeniških zatrepnih dolin, ki so bile v razvoju močno preoblikovane zaradi ledeniškega delovanja. Takšne ledeniške zatrepne doline v Francoski Juri so do zdaj najdaljše znane zatrepne doline.

Hipoteza 2: Zatrepne doline nastajajo s porušitvijo jamskega stropa.

Hipoteza je zavrnjena. Zatrepne doline ne nastajajo s porušitvijo jamskega stropa, ker v zatrepnih dolinah prevladujejo predvsem pobočni procesi v kombinaciji z odnašanjem in delnim raztapljanjem materiala v vodotokih. Med proučenimi zatrepnimi dolinami v zatrepih ni bilo odkritih podorov, ki bi dokazovali podiranje jamskega stropa. Porušitev jamskega stropa se lahko pojavlja zgolj ob reliktnih in hidrološko neaktivnih zatrepnih dolinah, ki so izpostavljene zgolj denudacijskim procesom raztapljanja kraškega površja. V takšnem primeru pa porušitev jamskega stropa vpliva zgolj na preobrazbo zatrepne doline, in ne neposredno na njen nastanek.

Hipoteza 3: Organizacija jamskih sistemov v zaledju zatrepnih dolin vpliva na njihovo morfologijo.

Hipoteza je potrjena. Jamski sistemi v zaledju zatrepnih dolin namreč močno vplivajo na njihovo morfologijo. Skupaj s prelomnimi strukturami in pretočnimi značilnostmi usmerjajo razvoj zatrepne doline. Obenem pri freatičnih jamskih zatrepih v zaledju velikokrat nastajajo udornice, ki se združujejo z zatrepnimi dolinami. Pri globokih freatičnih sistemih, kot je na primer Fontaine-de-Vaucluse, je rast zatropa močno upočasnjena. Razporeditev freatičnih zank torej obenem vpliva tudi na dinamiko rasti zatrepne doline. Jamski sistemi pa lahko na izoblikovanost zatrepov vplivajo tudi s sedimentacijskimi in hidrološkimi spremembami, ki se kažejo v občasni hidrološki neaktivnosti posameznega zatropa (Planinski zatrep).

Diplomsko delo se kot prvo strokovno delo na področju krasoslovja ukvarja s študijo primerov zatrepnih dolin in njihovo morfogenezo na različnih kraških območjih. Pomanjkanje geomorfoloških raziskav na tem področju je tudi eden izmed razlogov za to, da ni splošno sprejete definicije zatrepne doline. Rezultati, pridobljeni s pomočjo literature, s terenskim in kabinetnim delom ter njihova nadaljnja analiza tako predstavljajo osnovo za nadaljnje študije. Geomorfološke značilnosti zatrepnih dolin osvetljujejo tudi regionalne značilnosti kraških območij, zaradi česar bo v prihodnosti nujno izvesti še podrobnejše geomorfološke analize obravnavanih morfoloških oblik.

6. SUMMARY

In the thesis geomorphological characteristics of pocket valleys in Slovenia and France are introduced. Based on the wide range literature review and field work, the thesis summarizes detailed morphographic, morphometric and speleological analyses of pocket valleys. The main objectives are (1) to describe the geological, hydrological and speleological characteristics of pocket valleys, (2) to define the morphogenesis of pocket valleys and (3) to define different types of pocket valleys according to their form and genesis.

Pocket valleys are typical landforms in the outflow part of contact karst. They are developed in the area of karst springs, where water emerges from carbonate rocks. In a process of headward erosion, springs are cutting into a karst surface and eventually valley like landforms are developed. Above the spring in the beginning of pocket valley, steep walls are developed, known also as cirques. Twenty-six examples of pocket valleys in Slovenia and France were identified and geomorphologically examined in detail. Field work in Slovenia included geomorphological analyses of the rims of Ljubljana Moor, Planina Polje, and Krka River Basin, whereas in France field work included areas of Vaucluse Mountains, Jura Mountains, plateau of Causse de Gramat, and the Alps of High Provence.

Previous studies of pocket valleys have mostly considered the definition of pocket valleys, whereas geomorphological studies were very rare. Some detailed geomorphological studies that were applied only for certain areas were done in Jura Mountains (Frachon, 2004) and on the edge of Planina Polje (Šušteršič, 1977). In literature the development of pocket valleys is explained with gravitational erosion of slopes, cave roof collapse, and with rockfall; their orientation with geological structure, the effect of cave systems in rims of pocket valleys, and erosion cutting of surface watercourse; whereas their shape was explained by filling of bottoms with sediments, dynamics of frost weathering, corrosion of water, and biocorrosion (Šušteršič, 1977; Enciklopedija Slovenije, 2001; Frachon, 2004; Gams, 2004; Salomon, 2006; Ford in Williams, 2007).

With geomorphological analyse of pocket valleys in Slovenia and France, we can distinguish some characteristics of their development.

1. Ljubljana Moors

On the southwest rim of Ljubljana Moors two pocket valleys are developed around Ljubljana Springs. Retovje Pocket Valley is 770 m long and has very detritic morphology with three different cirques. At the rim many collapsed dolines are formed, which also changed underground flow of Malo Okence and Veliko Okence spring in the past. We can confirm that for development of this pocket valley joining with collapsed dolines was very important. Močilnik Pocket Valley is 540 m long and has a linear morphology with one cirque and smaller walls around Mali Močilnik Spring. Development of this pocket valley is concentrated around Veliki Močilnik Springs, where cirque is composed from high walls and screes. Development of Močilnik Pocket Valley was also affected by Würmian fluvio-periglacial fan of Bela River which has filled the bottom at the end of the pocket valley.

2. Planina Polje

On the southwest rim of Planinsko Polje two pocket valleys are developed. The first one is Planinski Zatrep Pocket Valley, which is 920 m long and has developed two cirques, one in front of the Planina Cave, and the other called Cvinger at the end of pocket valley. Development of the pocket valley was highly affected by fluvial

inactivity between 80 000 and 50 000 a year, when waters of Unica River were discharging in Malni Pocket Valley. Reason for the lack of flow was probably collapse of cave ceiling. In that time in pocket valley screes were probably developing on slopes. In 30 000 to 10 000 a year the flow has rebuild and the present cirque was developed. Malni Pocket Valley is a linear pocket valley, which is 1200 m long and has only one cirque developed. According to present discharge of Malenščica Spring and the shape of the valley we can assume that the main effect on the pocket valley development was an outflow of Unica River between 80 000 and 50 000 a year. When Unica River started to flow in nowadays direction, waters from Javorniki and Cerknica Polje filled the former channels with gravel from Unška Koliševka Collapsed Doline which modified the outflow of Malenščica Spring. The former surface of pocket valley was later covered with loamy material from Holocene high floods on Planina Polje to a level of 495 m.

3. Krka River Basin

In the Krka River Basin three pocket valleys are developed. Globočec Pocket Valley is developed in river terrace of Krka River around Zagradec. The valley is 1130 m long and has a linear form with one main and two smaller cirques. Above the present cirque an older cirque was identified, which leads us to a conclusion that the pocket valley has probably adapted to lowering and cutting into the own terrace of the Krka River. The bottom of the valley is narrow and supports the theory of increased erosion. Luknja Pocket Valley is developed near the settlement Prečna. The valley is 1140 m long and has detrital shape with two cirques. Around 20-30 m above present bottom of the pocket valley, former cirques with entrances to epiphreatic caves were identified. On this level also some former terraces are preserved, bellow which the river of Prečna has an incised bottom with active slope processes. On the level around 240 m a former cirque was developed. Because the karst surface between the ponors of Temenica River and the Prečna Spring is developed on a level around 250 m, we can assume that the Temenica River had a surface flow in the past that was later transformed in a dry valley and karstified. Because of that, Luknja pocket valley can be determined as an erosional pocket valley. Studena Pocket Valley is developed near the settlement Kostanjevica na Krki. The valley is 870 m long and has a detritic form. The form of Studena Pocket Valley is determined by local fault. The growth of pocket valley is concentrated above Studena Spring and Kostanjevica Cave entrance, where high walls and screes are developed.

4. Vacluse Mountains

In the southwest part of Vacluse Mountains the Fontaine-de-Vaocluse Pocket Valley is developed. The valley is 770 m long and has a linear form with one cirque. The genesis of pocket valley is connected with Messinian salinity crisis. Before Messinian crisis the main outflow of Vaocluse Mountains area was through Aven de Valescure Spring. During the Messinian crisis water level of Mediterranean Sea dropped, and Rhone Valley incised 1300 m below nowadays sea level which also affected karst underground flows, consequently epiphreatic conditions in the karst system were established. The channel of Vaocluse Cave was modified in vadose conditions, which was confirmed with the remnants of wall karren that are, in respect of the elevation of present water table at the spring of Fontaine-de-Vaocluse, in the depth of 254 m. Pliocene transgression led to a deposition of sediments in incised valleys and water level raised in karst system. The spring of Fontaine-de-Vaocluse was established and the pocket valley started to grow. The growth of pocket valley seems to be moderate

after Pliocene transgression, which can be explained with discovery of lithophagas level above the spring level in present hydrological conditions.

5. Jura Mountains

On the plateau of Lons-le-Saunier, in the eastern part of Jura Mountains, four large pocket valleys have developed. The northernmost is the Cuisance Pocket Valley with 9860 m, to the south is Glantine Pocket Valley with 3580 m, further south is the longest Seille Pocket Valley with 24 350 m and the southernmost is Vallière Pocket Valley with 10 810 m. The development of pocket valleys is highly affected by geological structure. Frachon (2004) suggested that the origin of pocket valley was in surface flows, which later moved underground during karstification of plateau. Detritical form of pocket valleys could partly support his theory but in Pleistocene the surface morphology of the Jura Mountains was highly influenced by glacial erosion. Pocket valleys were sometimes deepened and widened with glaciers or only affected by proglacial flows. The presence of glacial geomorphic processes also resulted in many terraces in bottoms of the valleys.

6. Plateau of Causse de Gramat

On the northern part of Causse de Gramat Plateau thirteen linear pocket valleys has developed. The length of linear pocket valleys varies from 940 m to 3370 m. The development of pocket valleys is connected with erosion of molasses on plateau in time of Pyrenean orogenesis. The surface of plateau slowly karstified and the surface watercourses started to seep into the karst system. Previous erosional gullies were transformed into pocket valleys with typical karst springs. Above the rims of pocket valleys a lot of dry valleys can still be distinguished.

7. The Alps of High Provence

In the Alps of High Provence the Coulomp Pocket Valley was examined. The pocket valley is situated on the southern slope of Grand Coyer Massif. It has a linear form and is 470 m long. Its development is connected with the lithological structure and hydrological changes in the past. The upper part of Chamois Cave once presented a cave system with ponors in northern flank of mountains and springs at the southern slopes. Later deep valleys incised on both sides of the mountain and changed the hydrological conditions in the cave system. The level of water table in the spring dropped and deepened the pocket valley. In present conditions clastic material accumulates beneath the slopes of the pocket valley at the time of hydrological inactivity and is being eroded in flash flood events when the upper springs in the pocket valley are hydrologically active.

Based on the morphology and genesis of studied pocket valleys a typization was carried out. According to the morphology (1) linear and (2) detritic pocket valleys were defined. According to their genesis (1) erosional, (2) epiphreatic, (3) phreatic, and (4) glacial pocket valleys were defined. Linear pocket valleys are represented by one valley with one cirque above the main spring. Furthermore, the growth of linear pocket valleys is concentrated in only one direction. Typical examples are the pocket valleys Fontaine-de-Vaucluse, Causse de Gramat, Močilnik, Malni, and Globočec. Detritic pocket valleys have one or more valleys, where multiple cirques and spring are developed and the growth of pocket valleys is dispersed in multiple directions. Typical examples are the pocket valleys Cuisance, Glantine, Seille, Vallière, Retovje, Planinski zatrep, Luknja, and Studena. Erosional pocket valleys developed with erosional cutting of surface watercourses, which moved during karstification into the underground. Typical examples are pocket valleys in Causse de Gramat and Luknja Pocket

Valley. In the hinterland of epiphreatic pocket valleys, which have uniform slopes, epiphreatic cave system developed. Typical examples are pocket valleys Cuisance, Glantine, Seille, Vallière, Coulomp, Planinski zatrep, Malni, and Studena Pocket Valley. Phreatic pocket valleys have phreatic cave systems developed in the hinterland of pocket valleys and uneven slopes. Often these types of pocket valleys are joining with other landforms such as dolines and collapse dolines. Typical examples are pocket valleys Fontaine-de-Vaucluse, Retovje, Močilnik, and Globočec Pocket Valley. Glacial pocket valleys developed with erosional cutting of surface watercourses, in the area of epiphreatic or phreatic cave system, but their morphology was later highly affected by glacial erosion. Typical examples of pocket valleys are Cuisance, Glantine, Seille, and Vallière Pocket Valley in the Jura Mountains.

According to main characteristics of the most significant pocket valleys in Slovenia and France, which morphogenesis was studied in detail, we can either deny or confirm the selected hypotheses:

- **Hypothesis 1: Pocket valleys have polygenetic origins.** Hypothesis is confirmed.
- **Hypothesis 2: Pocket valleys are developed with cave roof collapse.** Hypothesis is denied.
- **Hypothesis 3: The organization of cave systems in the rim of pocket valleys is affecting their morphology.** Hypothesis is confirmed.

This thesis presents the results of the first scientific geomorphological study of pocket valleys, where the morphogenesis of multiple pocket valleys in different karst areas of Slovenia and France was examined. The lack of geomorphological studies on this field of karstology is one of the reasons for the shortage of widely accepted definition of pocket valleys. The results conducted with the study of literature and field work present the basis for further study on this topic. Because the geomorphological characteristics of pocket valleys are also revealing some general characteristics of the regional karst areas it is recommendable to focus on further detailed geomorphological analyses of pocket valleys in future.

7. VIRI IN LITERATURA

- d'Antoni-Nobécourt, J.-C., 2011. Grotte des Chamois. Camp international. Spéléo Magazine, 75, str. 14-17.
- d'Antoni-Nobécourt, J.-C., Audra, P., 2009. Explorations en cours dans le karst du Grand Coyer (Alpes-de-Haute-Provence). V: Actes de la 19^e Rencontre d'Octobre, 2009. Saint-Laurent-en-Royans, Spéléo-Club de Paris, str. 8-16.
- Audra, P., Mocochain, L., Bigot, J.-Y., d'Antoni-Nobécourt, J.-C., 2009. The Grand Coyer karst, exploration at the Coulomp spring (Alpes-de-Haute-Provence, France). V: Proceedings of 15th International Congress of Speleology. Kerville, Union Internationale de Spéléologie, str. 1755-1759.
- Audra, P., Mocochain, L., Camus, H., Gilli, É., Clauzon, G., Bigot, J.-Y., 2004. The effect of the Messinian Deep Stage on karst development around the Mediterranean Sea. Examples from Southern France. Geodinamica Acta, 17, 6, str. 27-38.
- Audra, P., 2011. Hidrološke in speleološke značilnosti v masivu Grand Coyer (osebni vir, 26.11.2011). Nica.
- Astruc, J.-G., 2003. Géologie en Quercy.
URL: <http://www.quercy.net/geologie/index.html> (Citirano 27.3.2012).
- Astruc, J.-G., 2010. Les karsts du Bassin aquitain. Karstologia Mémoires, 19, str. 322-323.
- Astruc, J.-G., Bruxelles, L., 2010. Causses du Quercy, une longue karstification. Karstologia Mémoires, 19, str. 155-156.
- Bertrand, L., 1914. Rapport géologique sur les eaux de la source du Coulomp. Nice, Cagnoli & Giletta, 32 str.
- Bienfait, P., 1991. Elements sur la karstification et l'évolution paleogéographique du Jura. Karstologia, 17, str. 19-30.
- Breznik, M., 1961. Akumulacija na Cerkniskem in Planinskem polju. Geologija, 7, str. 119-149.
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières. 2012. InfoTerre.
URL: <http://infoterre.brgm.fr> (Citirano 9.5.2012).
- Buser, S., 1974. Tolmač osnovne geološke karte za list Ribnica. Ljubljana, Geološki zavod, 60 str.
- Campy, M., 1982. Le Quaternaire Franc-Comtois. Essai chronologique et paléoclimatique. Thèse. Besançon, Université de Franche-Comté, Faculté des sciences et des techniques, 578 str.
- Couturaud, A., Puig, J.-M., 1992. Traçages en bordure du système karstique de Vaucluse. Karstologia, 23, str. 23-36.
- Čar, J., Gospodarič, R., 1983. O geologiji krása med Postojno, Planino in Cerknico. Acta carsologica, 12, str. 91-106.

- Enciklopedija Slovenije. Zv. 15. 2001. Ljubljana, Mladinska knjiga, 416 str.
- Encyclopedia of caves and karst science. 2004. Gunn, J. (ur.). New York, Fitzroy Dearborn, 1970 str.
- Encyclopedia of geomorphology. 2004. Goudie, A. S. (ur.). London, Routledge, 1156 str.
- Ford, D., Williams, P., 2007. Karst Hydrogeology and Geomorphology. 2. ed. Chichester, John Willes & Sons, 562 str.
- Frachon, J.-C., 2004. Les reculées du Jura lédonien. Étude géomorphologique. Maîtrise. 2. ed. Colonne, Spéléo-Club du Jura, 135 str.
- Frachon, J.-C., 2005. Jura Spéléo.
URL: <http://www.juraspeleo.com/> (Citirano 18.5.2012).
- Frelj, M., 2001. Geomorfološka študija Lučkega dola. Diplomsko delo. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 117 str.
- Gams, I., Kunaver, J., Radinja, D., 1973. Slovenska kraška terminologija. Ljubljana, Katedra za fizično geografijo Oddelek za geografijo Filozofske fakultete, 76 str.
- Gams, I., 1980. Poplave na Planinskem polju. Geografski zbornik, 20, str. 5-34.
- Gams, I., 2004. Kras v Sloveniji v prostoru in času. 2. izd. Ljubljana, Založba ZRC, 515 str.
- Geografski terminološki slovar. 2005. Kladnik, D., Lovrenčak, F., Orožen Adamič, M. (ur.). Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika, ZRC SAZU, 451 str.
- Geološka karta Republike Francije. L 555, Poligny. 1981a. 1:50.000. Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- Geološka karta Republike Francije. Tolmač za list Poligny. 1981b. 1:50.000. Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 33 str.
- Geološka karta Republike Francije. L 556, Salins-les-Bains. 1967a. 1:50.000. Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- Geološka karta Republike Francije. Tolmač za list Salins-les-Bains. 1967b. 1:50.000. Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 41 str.
- Geološka karta Republike Francije. L 581, Lons-le-Saunier. 1993a. 1:50.000. Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- Geološka karta Republike Francije. Tolmač za list Lons-le-Saunier. 1993b. 1:50.000. Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 13 str.
- Geološka karta Republike Francije. L 809, Souillac. 1996a. 1:50.000. Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- Geološka karta Republike Francije. Tolmač za list Souillac. 1996b. 1:50.000. Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 77 str.

- Geološka karta Republike Francije. L 945, Entrevaux. 1980a. 1:50.000. Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- Geološka karta Republike Francije. Tolmač za list Entrevaux. 1980b. 1:50.000. Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 21 str.
- Geološka karta Republike Francije. L 967, Cavaillon. 1989a. 1:50.000. Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- Geološka karta Republike Francije. Tolmač za list Cavaillon. 1989b. 1:50.000. Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 13 str.
- Geološki terminološki slovar. 2006. Pavšič, J. (ur.). Ljubljana, ZRC SAZU, 331 str.
- Gilli, É., Audra, P., 2004. Les lithopages pliocènes de la fontaine de Vaucluse (Vaucluse, France). Un argument pour une phase messinienne dans la genèse du plus grand karst noyé. *Comptes Rendus Geoscience*, 336, 16. ScienceDirect. URL: <http://www.sciencedirect.com> (Citirano 7.11.2011).
- Goepfert, Y., 2008. Fontaine de Vaucluse. Histoire de la Fontaine. 2. ed. Le Cannet, Editions Aio, 36 str.
- Gospodarič, R., 1976. Razvoj jam med Pivško kotlino in Planinskim poljem v kvartarju. *Acta carsologica*, 7, str. 5-139.
- Grottes de Presque. URL: <http://www.grottesdespresque.com> (Citirano 18.4.2012).
- Habič, P., Gospodarič, R., Habe, F., Kranjc, A., Šušteršič, F., 1976. Osnovna speleološka karta Slovenije. *Naše jame*, 18, str. 55-62.
- Habič, P., 1988. Tektonska pogojenost kraškega reliefa zahodne Suha krajine. *Acta carsologica*, 17, str. 33-64.
- Habič, P., 1989. Kraška bifurkacija Pivke na jadransko črnemorskem razvodju. *Acta carsologica*, 18, str. 233-264.
- Habič, P., 1996. Vrhniški izviri in njihovo kraško zaledje. *Vrhniški razgledi*, str. 43-74.
- Hidrološki letopis Slovenije 2009. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2012. URL: http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/HL09%20III.A.Povr%C5%A1inske%20vode_Surface%20Waters.pdf (Citirano 15.6.2012).
- Hidrološko poročilo o povodnji v dneh od 17. do 21. septembra 2010. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2010. URL: <http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Poplave%2017.%20-%2021.%20september%202010.pdf> (Citirano 15.6.2012).
- Hugget, R. J., 2007. *Fundamentals of geomorphology*. 2. ed. London, Routledge, 458 str.
- Kataster jam JZS. 2012. Ljubljana, Jamarska zveza Slovenije.
- Kogovšek, J., Petrič, M., 1998. Značilnosti pretakanja voda v kraškem zaledju Temenice. *Acta carsologica*, 27, 2, str. 221-233.

- Kogovšek, J., Petrič, M., 2006. Tracer test on the Mala gora landfill near Ribnica in south-eastern Slovenia. *Acta carsologica*, 35, 2, str. 91-101.
- Kolbezen, M., Pristov, J., 1998. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, 98 str.
- Kovačič, G., 2011. Kraški izvir Malenščica in njegovo zaledje. Hidrološka študija s poudarkom na analizi časovnih vrst. Koper, Univerza na Primorskem, Znanstveno-raziskovalno središče Koper, 408 str.
- Kranjc, A., 1990. Dolenjski kraški svet. Novo mesto, Dolenjska založba, 240 str.
- Melik, A., 1928. Pliocensko porečje Ljubljanice. *Geografski vestnik*, 4, str. 69-88.
- Mihevc, A., 1991. Morfološke značilnosti ponornega kontaktnega krasa. Izbrani primeri s slovenskega krasa. Magistrska naloga. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 206 str.
- Miserez, J.-J., 1973. *Geochimie des eaux du karst jurassien. Contribution Physico-Chimique à l'étude de altérations.* Thèse. Neuchâtel, Université de Neuchâtel, Faculté des sciences, 319 str.
- Mudry, J., Puig J.-M., 1991. Le karst de la Fontaine de Vaucluse. *Karstologia*, 18, str. 29-38.
- Novak, D., 1970. Hidrološke značilnosti osrednje Dolenjske. *Naše jame*, 11, str. 17-24.
- Novak, D., 1985. Izvir Globočec in njegovo zaledje. *Naše jame*, 27, str. 5-9.
- Novak, D., 2001. Kostanjeviška jama in njena okolica. *Bilten Jamarskega kluba Železničar*, 22, str. 26-30.
- Osnovna geološka karta SFRJ. L33 – 77, Postojna. 1963. 1:100.000. Beograd, Zvezni geološki zavod.
- Osnovna geološka karta SFRJ. L33 – 78, Ribnica. 1968. 1:100.000. Beograd, Zvezni geološki zavod.
- Osnovna geološka karta SFRJ. L33 – 79, Novo mesto. 1975. 1:100.000. Beograd, Zvezni geološki zavod.
- Pleničar, M., 1963. Tolmač osnovne geološke karte za list Postojna. Ljubljana, Geološki zavod Ljubljana, 53 str.
- Pleničar, M., Premru, U., 1977. Tolmač osnovne geološke karte za list Novo mesto. Ljubljana, Geološki zavod Ljubljana, 61 str.
- Ramovš, A., 1996. Pregled zemeljskih plasti in okamenelega življenja na ozemlju vrhniške občine. *Vrhniški razgledi*, str. 5-31.
- Ravnik, D., 1976. Kameninska podlaga Planinskega polja. *Geologija*, 19, str. 291-315.
- Reilé, P., 2010. Le karst Franc-Comtois du massif du Jura. *Karstologia Mémoires*, 19, str. 176-177.

- Republika Slovenija. Temeljni topografski načrt. Kostanjevica-25. 1971. 1:5.000. Ljubljana, Republiška geodetska uprava.
- Republika Slovenija. Temeljni topografski načrt. Kostanjevica-26. 1971. 1:5.000. Ljubljana, Republiška geodetska uprava.
- Republika Slovenija. Temeljni topografski načrt. Novo mesto-34. 1993. 1:5.000. Ljubljana, Republiška geodetska uprava.
- Republika Slovenija. Temeljni topografski načrt. Postojna-25. 1978. 1:5.000. Ljubljana, Republiška geodetska uprava.
- Republika Slovenija. Temeljni topografski načrt. Postojna-35. 1971. 1:5.000. Ljubljana, Republiška geodetska uprava.
- Republika Slovenija. Temeljni topografski načrt. Vrhnika-36. 1973. 1:5.000. Ljubljana, Republiška geodetska uprava.
- Republika Slovenija. Temeljni topografski načrt. Vrhnika-37. 1974. 1:5.000. Ljubljana, Republiška geodetska uprava.
- Republika Slovenija. Temeljni topografski načrt. Žužemberk-14. 1980. 1:5.000. Ljubljana, Republiška geodetska uprava.
- Republika Slovenija. Temeljni topografski načrt. Žužemberk-15. 1973. 1:5.000. Ljubljana, Republiška geodetska uprava.
- Republika Slovenija. Temeljni topografski načrt. Žužemberk-24. 1980. 1:5.000. Ljubljana, Republiška geodetska uprava.
- Republika Slovenija. Temeljni topografski načrt. Žužemberk-25. 1980. 1:5.000. Ljubljana, Republiška geodetska uprava.
- Salomon, J.-N., 2000. Le causse de Gramat et ses alentours. Les atouts du paysage karstique. *Karstologia*, 35, str. 1-12.
- Salomon, J.-N., 2006. Précis de Karstologie. 2. ed. Bordeaux, Presses Universitaires de Bordeaux, 294 str.
- Slovar slovenskega knjižnega jezika. 1998. Ljubljana, DZS, 1714 str.
- Slovenski etimološki slovar. 1997. Snoj, M., Ljubljana, Založba Mladinska knjiga, 900 str.
- Sommaruga, A., 1997. Geology of the Central Jura and the Molasse basin. New insight into an evaporite-based foreland fold and thrust belt. Doktorsko delo. Neuchâtel, Université de Neuchâtel, Faculté des sciences, 195 str.
- Stepišnik, U., 2006. Udornice na slovenskem krasu. Thèse. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 192 str.
- Stepišnik, U., 2006. Ilovnate zapolnitve v udornicah v zaledju izvirov Ljubljanice. *Dela*, 26, str. 75-89.

- Stepišnik, U., 2007. Osnove geografije krasa. Študijsko gradivo. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 111 str.
- Stepišnik, U., Ferk, M., Gostinčar, P., Černuta, L., 2012. Holocene floods on the Planina Polje, Classical Dinaric Karst, Slovenia. *Acta carsologica*, 41, 1, str. 5-13.
- Šifrer, M., 1983. Nova dognanja o geomorfološkem razvoju Ljubljanskega barja. *Geografski zbornik*, 23, str. 5-54.
- Šušteršič, F., 1977. Geomorfološki razvoj zatrepnih dolin na Planinskem polju. Postojna, Inštitut za raziskovanje krasa, ZRC SAZU, 43 str.
- Šušteršič, F., Šušteršič, S., Stepišnik, U., 2002. Mladokvartarna dinamika Planinske jame. *Naše jame*, 44, str. 25-54.
- Topografska karta Republike Francije. L 2136 ET, Rocamandour, 2007. 1:25.000. Saint-Mandé, Institut national de l'information géographique et forestière.
- Topografska karta Republike Francije. L 2236 O, St-Céré, 2011. 1:25.000. Saint-Mandé, Institut national de l'information géographique et forestière.
- Topografska karta Republike Francije. L 3142 OT, Cavaillon, 2007. 1:25.000. Saint-Mandé, Institut national de l'information géographique et forestière.
- Topografska karta Republike Francije. L 3325 OT, Arbois Salins les Bains, 2008. 1:25.000. Saint-Mandé, Institut national de l'information géographique et forestière.
- Topografska karta Republike Francije. L 3226 ET, Lons le Saunier, 2008. 1:25.000. Saint-Mandé, Institut national de l'information géographique et forestière.
- Topografska karta Republike Francije. L 3541 OT, Annot / St-André-les-Alpes, 2012. 1:25.000. Saint-Mandé, Institut national de l'information géographique et forestière.
- Underground water tracing. Investigations in Slovenia 1972-1975. 1976. Gospodarič, R., Habič, P., (ur.). Postojna, Inštitut za raziskovanje krasa, ZRC SAZU, 309 str.
- Vodna bilanca Slovenije 1971-2000. 2008. Frantar, P., (ur.), Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, 119 str.

8. SEZNAM FOTOGRAFIJ

Fotografija 1: Meritve pretoka reke Coulomp v Alpah s pomočjo fluoresceina.	2
Fotografija 2: Zatrep Veliko Okence.	12
Fotografija 3: Zatrep Malo Okence.	13
Fotografija 4: Izviri in zatrep Velikega Močilnika.	16
Fotografija 5: Vhodni del Planinske jame.	20
Fotografija 6: Ostenje v Planinskem zatrepu nad izviro Unice.	21
Fotografija 7: Osrednji del zatrepne doline Malni z ilovnato naplavino v dnu.	24
Fotografija 8: Ježa terase nad srednjim izviro.	25
Fotografija 9: Uravnano kraško površje nad dolino reke Krke v okolici Zagradca.	28
Fotografija 10: Razširjeno dno v zatrepu Globočec z zajetjem in črpališčem.	30
Fotografija 11: Ilovnat sediment v nekdanjem zatrepu nad današnjim izviro.	31
Fotografija 12: Mehansko preperevanje apnenca in dolomita v glavnem zatrepu.	33
Fotografija 13: Izvir Prečne v zatrepni dolini Luknja.	34
Fotografija 14: Stranski zatrep v zatrepni dolini Luknja.	35
Fotografija 15: Udornica v nekdanjem zatrepu za Lukenjskim gradom.	36
Fotografija 16: Ilovnat sediment v nekdanjem zatrepu na nadmorski višini 240 m.	36
Fotografija 17: Izvir Studene.	38
Fotografija 18: Ostenje nad vhodom v Kostanjeviško jamo.	39
Fotografija 19: Iztek zatrepne doline Studena.	40
Fotografija 20: Izvir Fontaine-de-Vaucluse.	45
Fotografija 21: Vokliški izvir Fontaine-de-Vaucluse je bil raziskan vse do globine 308 m.	45
Fotografija 22: Vzhodno pobočje zatrepne doline Fontaine-de-Vaucluse.	46
Fotografija 23: Vzhodno pobočje zatrepne doline Fontaine-de-Vaucluse z dolino reke Rone v ozadju.	47
Fotografija 24: Stenski žlebiči v izviru Fontaine-de-Vaucluse v globini 254 m.	47
Fotografija 25: Slapovi »Cascade des Tuffs« na lehnjakovi terasi na nadmorski višini 360 m.	53
Fotografija 26: Ostenje v zahodnem delu zatropa Fer à Cheval.	54
Fotografija 27: Zatrep Reculée des Planches.	55
Fotografija 28: Plasti lehnjaka v ježi terase.	57
Fotografija 29: Zatrep Glantine.	59
Fotografija 30: Severni erozijski jarek pred iztekom zatrepne doline Seille.	63
Fotografija 31: Slapovi in lehnjakova terasa v zatrepni dolini Dard.	64
Fotografija 32: Zatrepna dolina Seille Nord med sotočjem in naseljem Blois-sur-Seille.	65
Fotografija 33: Glavni zatrep Seille Nord.	66
Fotografija 34: Podor ob izteku zatrepne doline Dard.	67

Fotografija 35: Ledeniško gradivo v terasi med naseljem Nevy-sur-Seille in reko Seille.	68
Fotografija 36: Zatrejna dolina Vallière z zatrepom Rochechien v ozadju.	72
Fotografija 37: Zatrep Rochechien.	73
Fotografija 38: Rast lehnjakove kope, ki stabilizira melišče v zatrepu Rochechien.	74
Fotografija 39: Slap v erozijskem jarku Autoire.	79
Fotografija 40: Kamnolom v masivnih oolitnih apnencih na planoti Gramat, jugovzhodno od naselja Carennac.	80
Fotografija 41: Zatrejna dolina v Gramatu, zahodno od mesta St.-Céré.	81
Fotografija 42: Zatrejna dolina nad reko Dordogne, zahodno od naselja Gintrac.	81
Fotografija 43: Erozijski jarek Autoire.	82
Fotografija 44: Masiv Grand Coyer.	84
Fotografija 45: Gora Montagne de Beaussebérard v zaledju gore Montagne d'Argenton.	85
Fotografija 46: Zatrejna dolina Coulomp.	86
Fotografija 47: Šestdeset metrov visok slap reke Coulomp.	87
Fotografija 48: Melišče na zahodnem pobočju zatrepne doline Coulomp.	88
Fotografija 49: Vhod v jamski sistem La Grotte des Chamois se odpira v ostenju zatrepa.	88
Fotografija 50: Oblikovanost rova Vallete Highway, s prodniki v dnu.	89
Fotografija 51: Podzemna reka Coulomp.	90

9. SEZNAM KART

Karta 1: Območja raziskav zatrepnih dolin v Sloveniji.	10
Karta 2: Geomorfološka karta zatrepne doline Retovje.	15
Karta 3: Geomorfološka karta zatrepne doline Močilnik.	18
Karta 4: Geomorfološka karta Planinskega zatrepa.	23
Karta 5: Geomorfološka karta zatrepne doline Malni.	27
Karta 6: Geomorfološka karta zatrepne doline Globočec.	32
Karta 7: Geomorfološka karta zatrepne doline Luknja.	37
Karta 8: Geomorfološka karta zatrepne doline Studena.	41
Karta 9: Območja raziskav zatrepnih dolin v Franciji.	42
Karta 10: Geomorfološka karta zatrepne doline Fontaine-de-Vaucluse.	49
Karta 11: Geomorfološka karta zatrepne doline Cuisance.	58
Karta 12: Geomorfološka karta zatrepne doline Glantine.	62
Karta 13: Geomorfološka karta zatrepne doline Seille.	71
Karta 14: Geomorfološka karta zatrepne doline Vallière.	76
Karta 15: Geomorfološka karta zatrepnih dolin v Gramatu.	83
Karta 16: Geomorfološka karta zatrepne doline Coulomp.	90

10. SEZNAM SKIC





Skica 1: Shematični prikaz nastanka zatrepnih dolin v Francoski Juri.	4
Skica 2: Zatrepna dolina Malham Cove v Angliji.	5
Skica 3: Shematski prikaz zatrepne doline.	7
Skica 4: Podolžni profil zatrepne doline Retovje in njenega zaledja.	14
Skica 5: Podolžni profil zatrepne doline Močilnik in njenega zaledja.	17
Skica 6: Geoelektrični profil čez osrednji del zatrepne doline Malni.	26
Skica 7: Geološka zgradba masiva Monts de Vaucluse.	43
Skica 8: Razvoj površja v času mesinske krize slanosti in pliocenske transgresije.	44
Skica 9: Shematični prikaz razvoja izvira Fontaine-de-Vaucluse.	48
Skica 10: Največji obseg poledenitve v rissu in würmu na območju planote Lons-le-Saunier.	51
Skica 11: Geološki profil planote Lons-le-Saunier.	52
Skica 12: Prečna profila zatrepne doline Cuisance (A) v naselju Mesnay in (B) JV od naselja Planches-près-Arbois.	56
Skica 13: Podolžni profil zatrepne doline Cuisance.	57
Skica 14: Prečna profila zatrepne doline Glantine (A) nad in (B) pod naseljem Vaux-sur-Poligny.	60
Skica 15: Podolžni profil zatrepne doline Cuisance.	61
Skica 16: Prečna profila (A) zatrepne doline Seille v naselju Nevy-sur-Seille in (B) zatrepne doline Longebief.	69
Skica 17: Prečna profila (A) zatrepne doline Seille Nord in (B) zatrepne doline Dard.	69
Skica 18: Podolžna profila zatrepnih dolin (A) Seille Nord in (B) Seille Sud.	70
Skica 19: Prečna profila zatrepne doline Vallière pod naseljema (A) Conliège in (B) Revigny.	75
Skica 20: Podolžni profil zatrepne doline Vallière.	75
Skica 21: Geološki profil med Centralnim masivom in Atlantskim oceanom.	77
Skica 22: Razvoj površja v Gramatu med kreda in eocenom.	78
Skica 23: Podolžni profil jamskega sistema La Grotte des Chamois.	85

11. PRILOGE

PRILOGA 1 – Uporabljeni znaki pri geomorfološkem kartiranju

Uporabljeni znaki pri geomorfološkem kartiranju

Vodovje

-  Izvir
-  Ponor
-  Stalni vodotok
-  Občasni vodotok

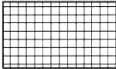
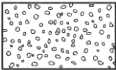

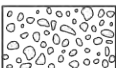


Površinske oblike

-  Blag pregib
-  Oster pregib
-  Ježa terase
-  Erozijski jarek
-  Suha dolina
-  Vršaj
-  Udornica
-  Vrtača
-  Jama
-  Brezno
-  Kopasti vrh

Pobočja

-  Stena
-  Aktivno pobočje
-  Uravnoteženo pobočje
-  Dno
-  Melišče

Sedimenti

-  Lehnjak
-  Prod
-  Breča
-  Ledeniško gradivo
-  Podorni material
-  Drobnozrnat sediment

Ostali elementi

0 200 m 1 km



PRILOGA 2 – Seznam obravnavanih zatrepnih dolin v Sloveniji in Franciji

	Ime zatrepne doline	Območje	Dolžina	WGS 84 (X)	WGS 84 (Y)	N.m.v.
1.	Zatrepna dolina Retovje	Območje izvirov Ljubljanice	770 m	45°56'59.90"N	14°17'45.28"E	298 m
2.	Zatrepna dolina Močilnik	Območje izvirov Ljubljanice	540 m	45°57'13.72"N	14°17'31.88"E	295 m
3.	Planinski zatrep	Območje Planinskega polja	920 m	45°49'11.98"N	14°14'44.57"E	520 m
4.	Zatrepna dolina Malhi	Območje Planinskega polja	1200 m	45°49'04.68"N	14°15'35.48"E	520 m
5.	Zatrepna dolina Globočec	Porečje reke Krke	1130 m	45°51'23.42"N	14°49'11.90"E	248 m
6.	Zatrepna dolina Luknja	Porečje reke Krke	1140 m	45°49'04.33"N	15°05'49.85"E	173 m
7.	Zatrepna dolina Studena	Porečje reke Krke	870 m	45°50'19.17"N	15°26'02.89"E	156 m
	Ime zatrepne doline	Območje	Dolžina	WGS 84 (X)	WGS 84 (Y)	N.m.v.
1.	Zatrepna dolina Fontaine-de-Vaucluse	Monts de Vaucluse	770 m	43°55'05.42"N	05°07'57.84"E	105 m
2.	Zatrepna dolina Cuisance	Planota Lons-le-Saunier	9860 m	46°52'09.87"N	05°48'27.92"E	370 m
3.	Zatrepna dolina Glantine	Planota Lons-le-Saunier	3580 m	46°49'04.84"N	05°44'09.93"E	440 m
4.	Zatrepna dolina Seille	Planota Lons-le-Saunier	24350 m	46°41'21.15"N	05°38'19.32"E	410 m
5.	Zatrepna dolina Vallière	Planota Lons-le-Saunier	10810 m	46°37'24.31"N	05°36'27.95"E	400 m
6.	Zatrepna dolina 1 v Gramatu	Causse de Gramat	1450 m	44°50'49.77"N	01°52'08.98"E	275 m
7.	Zatrepna dolina 2 v Gramatu	Causse de Gramat	2090 m	44°50'47.39"N	01°51'37.84"E	254 m
8.	Zatrepna dolina 3 v Gramatu	Causse de Gramat	2540 m	44°50'57.39"N	01°50'57.56"E	297 m
9.	Zatrepna dolina 4 v Gramatu	Causse de Gramat	3370 m	44°51'02.68"N	01°50'41.90"E	257 m
10.	Zatrepna dolina 5 v Gramatu	Causse de Gramat	3140 m	44°51'52.36"N	01°48'46.59"E	275 m
11.	Zatrepna dolina 6 v Gramatu	Causse de Gramat	2540 m	44°52'34.65"N	01°47'32.62"E	298 m
12.	Zatrepna dolina 7 v Gramatu	Causse de Gramat	2630 m	44°52'55.96"N	01°46'59.80"E	293 m
13.	Zatrepna dolina 8 v Gramatu	Causse de Gramat	940 m	44°53'09.37"N	01°46'37.92"E	300 m
14.	Zatrepna dolina 9 v Gramatu	Causse de Gramat	940 m	44°53'26.97"N	01°45'38.03"E	233 m
15.	Zatrepna dolina 10 v Gramatu	Causse de Gramat	1880 m	44°53'35.42"N	01°44'57.23"E	269 m
16.	Zatrepna dolina 11 v Gramatu	Causse de Gramat	2770 m	44°54'07.06"N	01°44'02.17"E	275 m
17.	Zatrepna dolina 12 v Gramatu	Causse de Gramat	1290 m	44°54'37.00"N	01°43'23.00"E	264 m
18.	Zatrepna dolina 13 v Gramatu	Causse de Gramat	1090 m	44°54'54.90"N	01°42'59.34"E	252 m
19.	Zatrepna dolina Coulomp	Masiv Grand Coyer	470 m	44°03'05.49"N	06°41'55.64"E	1306 m