

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA HUMANISTIČNE ŠTUDIJE

DOKTORSKA DISERTACIJA

**ONESNAŽENOST KRAŠKIH JAM
V IZBRANIH SLOVENSKIH POKRAJINAH:
PREUČITEV VPLIVNIH PROSTORSKIH DEJAVNIKOV
TER NAČRT PREDNOSTNE SANACIJE**

JURE TIČAR

Koper, 2021

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA HUMANISTIČNE ŠTUDIJE

DOKTORSKA DISERTACIJA

**ONESNAŽENOST KRAŠKIH JAM
V IZBRANIH SLOVENSKIH POKRAJINAH:
PREUČITEV VPLIVNIH PROSTORSKIH DEJAVNIKOV
TER NAČRT PREDNOSTNE SANACIJE**

JURE TIČAR

Koper, 2021

Mentor: doc. dr. Blaž Komac
Somentor: izr. prof. dr. Matija Zorn
Somentor: izr. prof. dr. Gregor Kovačič

Zahvala

Iskreno, hvala!

(vsem, ki ste ujetniki ali gospodarji svojega časa in ste ga navkljub temu uspeli najti tudi zame)

Doktorski študij prinaša toliko preizkušenj in vprašanj kot nič drugega, čeprav je le vstopna točka v svet, ki mu v vsem kalejdoskopu prvin pravimo znanost. Na tem mestu si pod lasten uspeh štejem, da sem obstranski in zanemarjeni temi, ki se v vsem slogu enači z reko »daleč od oči, daleč od srca«, posvetil pozornost in jo naredil pomembno, povezljivo in predvsem odprl obzorja, h katerim se bom lahko zatekal še celotno kariero in iz katere bodo črpali tudi drugi. A vseeno ohranjam pogled na svet, ki mu je Einstein postavil ogledalo in ga sprejel v svoji dvojnosti v znamenitem reku: »Domišljija je pomembnejša od znanja. Znanje je omejeno. Domišljija pa obdaja ves svet.«

Najpomembnejše zame je to, da sem se v tem obdobju naučil sprejemati in imeti rad samega sebe. Vse izvira od tu. Na svet zdaj gledam z odprtimi očmi.

Zaradi tega je ta doktorat tudi del tebe, ki nosiš svojo luč in mi pustiš žareti v njenem odsevu.

Povzetek

Onesnaženost kraških jam v izbranih slovenskih pokrajinah: preučitev vplivnih prostorskih dejavnikov ter načrt prednostne sanacije

Kraške jame so v Sloveniji naravne vrednote državnega pomena in so v lasti države ter zavarovane z Zakonom o varstvu podzemnih jam. V preteklosti so bile jame zaradi neorganiziranega komunalnega odvoza ter splošnega družbenega razvoja in posledičnega povečanja količine odpadkov uporabljene kot priročen kraj za odlaganje odpadkov. Onesnaževanje jam se še vedno nadaljuje.

V Sloveniji so onesnaženost jam v preteklosti preučeni le na manjših sklenjenih območjih, v tujini pa jo izpostavljajo zgolj pri preučevanju okoljskih pritiskov na kraško okolje. Naša raziskava se osredotoča na onesnaženost jam na širšem vzorcu, na katerem smo preučili stanje v 17-ih izbranih slovenskih pokrajinah. Oprli smo se na podatke Katastra jam, kjer smo iz zapisnikov pridobili podrobne podatke o stanju 6965 jam ter jih dopolnili s prostorskimi podatki. Z raziskavo odgovarjamo na vprašanja, kakšna je razširjenost onesnaženosti jam v Sloveniji ter kakšna je povezanost med onesnaženostjo jam ter vplivnimi prostorskimi dejavniki.

Z uveljavitvijo nove metodologije za obdelavo arhivskih podatkov smo pridobili sedem glavnih kategorij podatkov o onesnaženosti jam. Podatke smo obdelali z geografskimi informacijskimi sistemi, nato pa smo v raziskavo uvedli še statistične metode. Pri tem smo za opis onesnaženosti v posameznih pokrajinah uporabili opisno statistiko. Ugotovili smo, da je na ravni izbranega vzorca onesnaženih 1390 oziroma 20,0 % jam. Z metodo ekstrapolacije smo na ravni vzorca 12.588 registriranih jam, ugotovili, da je v Sloveniji onesnaženih vsaj 2512 jam. Onesnaženost jam se med pokrajinami močno razlikuje in obsega med 6,3 % ter 57,5 % vseh jam.

Na temelju opisne statistike smo izločili 13 najpomembnejših vplivnih dejavnikov, ki smo jih nato ovrednotili na ravni kvartilov ter z uporabo Cramerjevega koeficienta korelacije. Ugotovili smo, da na onesnaženost jam v Sloveniji najbolj vplivajo število prebivalcev v okolici jame, oddaljenost jame od najbližjega objekta, nadmorska višina vhoda, oddaljenost jame od najbližje ceste ter poškodovanost jame.

Na temelju strojnega učenja in rudarjenja podatkov smo z metodo odločitvenih dreves v programu *Weka* izdelali model za napovedovanje onesnaženosti jam. Vanj smo vključili

osem najpomembnejših vplivnih dejavnikov. Zanesljivost modela dosega 79,3 %, in sicer pri čistih jamah 95,1 % ter pri onesnaženih 21,0 %. Najpomembnejši dejavniki, ki jih je izpostavil model, so število prebivalcev v okolici jame, oddaljenost jame od objekta ter tip vhoda.

Pri izdelavi modela za prednostno sanacijo onesnaženih jam smo pomen 15 vplivnih dejavnikov ovrednotili in hierarhično razvrstili z metodo analitičnega hierarhičnega procesa. Z modelom za prednostno sanacijo onesnaženih jam smo odločevalcem omogočili sistematično reševanje najtežjih obremenitev okolja zaradi odlagališč odpadkov v kraških jamah.

Ključne besede: geografija, varstvo narave, krasoslovje, kraške jame, onesnaženost jam, geografski informacijski sistem, analitični hierarhični proces, rudarjenje podatkov, Slovenija

Abstract

Pollution of karst caves in selected Slovenian regions: an examination of the spatial influential factors and establishment of the priority remediation plan

Karst caves in Slovenia are defined as natural values of national importance and are owned by the state and protected by the Cave Protection Act. In the past, the lack of municipal waste management and general economic development led to an increase in the amount of waste, and caves were used as a convenient place for waste disposal. The pollution of caves is currently continuing.

In Slovenia, cave pollution has been partly studied at the local level, while foreign literature refers to cave pollution only in studies of the pressures on the karst environment. Our research focuses on cave pollution on a regional scale, where we studied the condition of caves in 17 selected Slovenian regions. For this purpose, we relied on data from the Cave Registry, where we obtained detailed information on the condition of 6965 caves and supplemented it with spatial data. The study answers the question about the prevalence of cave pollution in Slovenia and the relationship between cave pollution and related influential spatial factors.

By adopting the new methodology for processing archival data, we initially obtained seven main categories of cave pollution data. Geographic information systems were used to process the data, and later we applied statistical methods. Descriptive statistics were used to describe pollution in each region. We found that in the selected sample of caves, 1390 caves or 20.0 % of caves were polluted. Extrapolation of the results to the level of 12,588 registered caves suggests that at least 2512 caves in Slovenia may be polluted. With a share of 6.3 % to 57.5 % of all caves, cave pollution varies greatly between regions.

Descriptive statistics were used to describe pollution in each region, and results were analysed at the quartile level to determine the influence of factors using the Cramer correlation coefficient. We found that cave pollution in Slovenia is most influenced by the number of inhabitants in the vicinity of the cave, the distance of the cave from the nearest building, the altitude of the cave entrance, the distance of the cave from the nearest road and the damage to the cave.

Based on machine learning and data mining, we developed a model to predict cave pollution using the decision tree method in the program Weka. We included the eight most important influencing factors. The reliability of the model reached 79.3 %, with 95.1 % for clean caves and 21.0 % for polluted caves. The most important factors highlighted by the model are: 1) the number of inhabitants in the vicinity of the cave, 2) the distance of the cave from the nearest building, and 3) the type of entrance.

In constructing a model for priority remediation of polluted caves, we evaluated the importance of the 15 factors included and classified them hierarchically using the analytical hierarchical process method. With this model, we enable decision-makers to systematically solve the most difficult environmental pollution caused by waste dumps in karst caves.

Keywords: geography, environmental protection, karstology, karst caves, cave pollution, geographic information system, analytic hierarchic process, data mining, Slovenia



IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani študent JURE TIČAR izjavljam, da sem avtor

- ☐ zaključnega seminarskega dela
- ☐ diplomskega dela
- ☐ magistrskega dela
- ☒ doktorske disertacije

z naslovom:

ONESNAŽENOST KRAŠKIH JAM V IZBRANIH SLOVENSKIH POKRAJINAH:
PREUČITEV VPLIVNIH PROSTORSKIH DEJAVNIKOV IN NAČRT
PREDNOSTNE SANACIJE

ter zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev/-ic, ki jih uporabljam v delu, navedena oz. citirana v skladu s fakultetnimi navodili;
- sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo avtorskih del, ki so v celoti prenesena v predloženo delo in sem to tudi jasno zapisal v predloženem delu;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del kot mojih lastnih – kaznivo po zakonu (Zakon o avtorstvu in sorodnih pravicah, Ur. l. RS št. 16/07 – UPB3 in spremembe);
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in za moj status na UP FHŠ;
- je elektronska oblika identična s tiskano obliko dela (velja za dela, za katera je elektronska oblika posebej zahtevana).

V Kopru, dne 30. 1. 2021

Podpis avtorja: _____

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Namen doktorske disertacije	3
1.2	Cilji doktorske disertacije	3
1.3	Raziskovalna vprašanja doktorske disertacije	4
2	TEORETSKA IZHODIŠČA	5
2.1	Antropocen.....	5
2.2	Vodni viri na Zemlji in pomen kraške podzemne vode.....	6
2.3	Kraški geomorfni sistem in njegova ranljivost za onesnaženje	8
2.4	Preučevanje onesnaženosti kraških jam.....	13
2.5	Zakonski okviri varovanja kraških območij	18
2.6	Kras v Sloveniji	23
2.7	Raba in onesnaževanje jam v Sloveniji	25
3	METODE DELA IN PODATKI.....	30
3.1	Pridobivanje in urejanje podatkov	32
3.2	Metodologija za obdelavo arhivskih podatkov o onesnaženosti kraških jam..	38
3.3	Primerjava podatkov z ostalimi raziskavami onesnaženosti jam v Sloveniji ..	56
3.4	Prostorski podatki	58
3.5	Analiza arhivskih in prostorskih podatkov z geografskimi informacijskimi sistemi	68
3.6	Statistična analiza arhivskih in prostorskih podatkov.....	69
4	ONESNAŽENOST KRAŠKIH JAM V IZBRANIH SLOVENSKIH POKRAJINAH 72	
4.1	Julijske Alpe	72
4.2	Ložniško in Hudinjsko gričevje	77

4.3	Posavsko hribovje	81
4.4	Savska ravan	85
4.5	Vipavska dolina	89
4.6	Koprska brda.....	93
4.7	Kras.....	97
4.8	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje.....	102
4.9	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	108
4.10	Krimsko hribovje in Menišija	113
4.11	Suha krajina in Dobropolje	118
4.12	Pivško podolje in Vremščica	123
4.13	Ribniško-Kočevsko podolje.....	128
4.14	Dolenjsko podolje	133
4.15	Bela krajina	137
4.16	Srednjesotelsko gričevje	142
4.17	Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje	145
4.18	Prenos vrednosti onesnaženosti jam na raven Slovenije	150
5	PREGLED ONESNAŽENOSTI JAM V IZBRANIH POKRAJINAH GLEDE NA DEJAVNIKE.....	153
5.1	Arhivski podatki	153
5.2	Prostorski podatki	169
6	POVEZANOST IZBRANIH VPLIVNIH DEJAVNIKOV S STANJEM JAM IN STOPNJO ONESNAŽENOSTI JAM	197
6.1	Nadmorska višina vhoda.....	198
6.2	Poškodovanost jame	199
6.3	Tip vhoda	200
6.4	Velikost vhoda	200

6.5	Naklon površja v okolici jame	202
6.6	Položaj jame glede na cesto	203
6.7	Oddaljenost jame od najbližje ceste.....	204
6.8	Višinska razlika med jamo in cesto	205
6.9	Oddaljenost jame od najbližjega objekta	206
6.10	Število prebivalcev v okolici jame.....	208
6.11	Zmogljivost odpadkov v občini	209
6.12	Oddaljenost jame od najbližjega divjega odlagališča	211
6.13	Število divjih odlagališč v okolici jame.....	213
6.14	Vplivni dejavniki na stanje jam	214
6.15	Vplivni dejavniki in stopnja onesnaženosti jam	215
7	MODEL ZA NAPOVEDOVANJE ONESNAŽENOSTI JAM.....	217
7.1	Izdelava modela NOJ	217
7.2	Rezultati modela NOJ	218
8	MODEL ZA PREDNOSTNO SANACIJO ONESNAŽENIH JAM	222
8.1	Izdelava modela PRESOJ	222
8.2	Rezultati modela PRESOJ	223
9	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	243
10	VIRI IN LITERATURA.....	256
11	GRAFIČNE PRILOGE	273
11.1	Seznam slik.....	273
11.2	Seznam preglednic	279

1 UVOD

Onesnaženost jam je pomemben kazalnik odnosa družbe do narave in sovпада s splošnim družbenim razvojem v antropocenu, še posebej v obdobju tako imenovanega »velikega pospeška« po 2. svetovni vojni. V jamah kot nizkoenergijskem okolju, kjer je pretok energije in snovi majhen, vsako namerno spreminjanje okolja, še posebej z onesnaževanjem, povzroča dolgotrajne in vidne učinke. Človeštvo največ pitne vode pridobi prav iz podzemnih voda, kraški vodonosniki pa zagotavljajo vodo za petino do četrtno svetovnega prebivalstva (Ford in Williams 2007, 1). Zaradi slabih samočistilnih sposobnosti so učinki onesnaženja še posebej izraziti v kraških vodonosnikih. Onesnaženje prvenstveno vpliva na poslabšanje stanja raznovrstnega in ranljivega podzemnega življenjskega okolja, obenem pa s poslabšanjem kakovosti podzemne pitne vode vpliva tudi na zdravje prebivalstva. Kraške jame omogočajo človeku neposreden vstop v kraški geomorfni sistem, vsako onesnaženje podzemnega okolja pa se s hitrim odtokom onesnažil prenese do podzemne vode in izvirov.

Kraške jame sicer pred onesnaževanjem varujejo številni zakoni, v Sloveniji neposredno Zakon o varstvu podzemnih jam, ki je stopil v veljavo leta 2004. Zakon kraške jame opredeljuje kot naravne vrednote državnega pomena in javno dobro ter uveljavlja lastništvo države nad njimi. Čeprav nalaga tudi spremljanje stanja jam in sanacijo onesnaženj, je uveljavitev teh določil v praksi skromna.

Slovenski Kataster jam (2018) je v svetovnem merilu edinstvena zbirka arhivskega gradiva, ki združuje podatke Katastra jam Jamarske zveze Slovenije in Katastra jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU. Do leta 2018 je Kataster jam vseboval podatke o 12.588 jamah. Podrobnejše podatke o njih najdemo v različnih zapisnikih, ki jih jamarji oddajajo ob raziskavah ali ponovnih obiskih jam. Zaradi sistematičnega zbiranja podatkov ima Kataster jam izjemno vrednost. Gradivo ni digitalizirano, je podatke o stanju jam mogoče pridobiti le s fizičnim pregledovanjem zapisnikov. Opredelitev stanja jam je v Katastru jam pomanjkljivo sistematizirana, saj obsega zgolj 18 različnih kategorij stanj jam, brez podrobnejših informacij, ki bi opredeljevale stopnjo njihove onesnaženosti.

S preučevanjem onesnaženosti jam so se že ukvarjali različni avtorji, vendar so bile raziskave v večji meri omejene na enostavne popise onesnaženosti jam na manjših

sklenjenih območjih. Habe (1982, 39) je ugotovil, da je bilo na dolenskem krasu onesnaženih 11,3 % jam. Hudoklin (1987, 30) je opredelil, da je bilo v občinah Novo mesto in Trebnje onesnaženih 57 jam. Drame (1989, 50) je ugotovil, da je bilo v občini Cerknica onesnaženih ali uničenih 19,5 % jam. Klepec (1989, 53) je opredelil, da je bilo v Beli krajini onesnaženih 19,7 % jam. Hudoklin (1995, 224) je ugotovil, da je bilo v občinah Novo mesto, Črnomelj, Trebnje in Metlika onesnaženih 25,5 % jam. Leta 2001 so v Mestni občini Novo mesto evidentirali 34,9 % onesnaženih jam (Hudoklin 2002, 75). V zaledju Celjske kotline so ugotovili, da je onesnaženih vsaj 39 % jam (Hribernik 2010; Čekada 2015). V zaledju izvira Krke so onesnaženje odkrili kar v 46 % jam (Gostinčar in Čekada 2016, 61), na območju Krasa pa so v vzorcu 99 naključno izbranih jam odkrili 28-odstotno onesnaženost (Prelovšek 2013). Na Kočevskem so z izločitvijo najprimernejših mest za odlaganje odpadkov v vzorcu 90 jam evidentirali kar 74 % onesnaženih jam (Prelovšek 2015). V prehodnih raziskavah smo na temelju zapisnikov Katastra jam ugotovili, da je v Beli krajini onesnaženih ali uničenih 19,0 % jam (Ribeiro in Tičar 2017, 44) ter da je na Krasu onesnaženih 22,7 % jam (Tičar in Ribeiro 2018, 62). Stanje jam v Sloveniji je tako opredeljeno le v nekaterih pokrajinah, in to na temelju različnih metod popisa ter v različnem časovnem razponu, zaradi česar so ocene onesnaženosti jam v posameznih pokrajinah težko primerljive.

Tako so na ravni Slovenije podatki o onesnaženosti jam navkljub zakonski osnovi o spremljanju stanja jam nezanesljivi in nepopolni. Med onesnažene jame se po podatkih Katastra jam (2018) uvršča 657 jam oziroma 5,2 % vseh. Na temelju rezultatov štirih projektov je Čekada (2015) ocenil, da je med 517 jamami kar dobra tretjina (35 %) onesnaženih. Ob upoštevanju metode linearne ekstrapolacije bi bilo v Sloveniji onesnaženih kar 2700 jam. Ministrstvo za okolje in prostor (2015, 74) ocenjuje, da je onesnaženih med 15 in 20 % kraških jam v nižjih predelih države, obenem pa razpolaga s podatki o 153 uničenih in 385 onesnaženih jamah (Ministrstvo za okolje in prostor 2017, 18). Do dejavnikov onesnaženosti jam se raziskave niso neposredno opredeljevale, zato lahko opredelitev teh zaznamo pri sorodnih raziskavah nelegalnih odlagališč odpadkov na površju. Pri tem izpostavljamo domače in tuje raziskave, ki so jih izvedli Šebenik (1994), Tasaki in sodelavci (2004), Kontos, Komilis in Halvadakis (2005), Gemitzi in sodelavci (2006), Smrekar (2007), Tasaki in sodelavci (2007), Silvestri in Omri (2008), Biotta in sodelavci (2009), Moeinaddini in sodelavci (2010), Song in sodelavci (2010), Şener in sodelavci (2011), Donevska in sodelavci (2012), Matos in sodelavci (2012),

Zelenović Vasiljević in sodelavci (2012), Jordá-Borrell in sodelavci (2014), Beskese in sodelavci (2015), Matos (2015), Song in sodelavci (2015), Šedová (2016), Breg Valjavec, Zorn in Čarni (2018). Na temelju preteklih raziskav so bili tako izločeni dejavniki, ki so jih kot nepomembne prepoznali ostali avtorji, ter obenem upoštevani tisti, ki bi lahko imeli vpliv na onesnaženost jam v Sloveniji.

Onesnaženost jam je v znanstveni literaturi omejeno preučena in povezana z manjšimi območji. Naša raziskava je pomembna dopolnitev preučevanja okoljskih obremenitev kraških območij, saj predstavlja onesnaženost jam z vidika splošnih, naravnih in družbenih dejavnikov onesnaževanja.

1.1 Namen doktorske disertacije

Namen doktorske disertacije je na temelju podatkov Katastra jam pojasniti razširjenost in stopnjo onesnaženosti jam v različnih pokrajinah Slovenije, in sicer z analizo prostorskih podatkov ter preučiti vpliv naravno- in družbenogeografskih dejavnikov na onesnaženost jam. Na temelju spoznanj iz prvega dela doktorske disertacije sta vzpostavljena model za napovedovanje onesnaženosti jam ter model za prednostno sanacijo onesnaženih jam.

1.2 Cilji doktorske disertacije

Cilji doktorske disertacije so naslednji:

- 1) Vzpostaviti metodologijo za pridobitev arhivskih podatkov o onesnaženosti kraških jam iz zapisnikov Katastra jam ter pridobiti podatke o kraških jamah v izbranih slovenskih pokrajinah.
- 2) Preučiti poglobljene značilnosti onesnaženosti kraških jam v posameznih slovenskih pokrajinah in preučiti razlike med njimi na temelju analize arhivskih podatkov Katastra jam.
- 3) Preučiti poglobljene značilnosti onesnaženosti kraških jam v Sloveniji na temelju statističnih ter GIS analize arhivskih podatkov Katastra jam ter prostorskih podatkov.
- 4) Izdelati in preveriti model za napovedovanje onesnaženosti jam na temelju ključnih dejavnikov onesnaževanja jam.
- 5) Izdelati model za prednostno sanacijo onesnaženih jam na temelju stopnje onesnaženja in vpliva onesnaženosti na preostale prostorske dejavnike.

1.3 Raziskovalna vprašanja doktorske disertacije

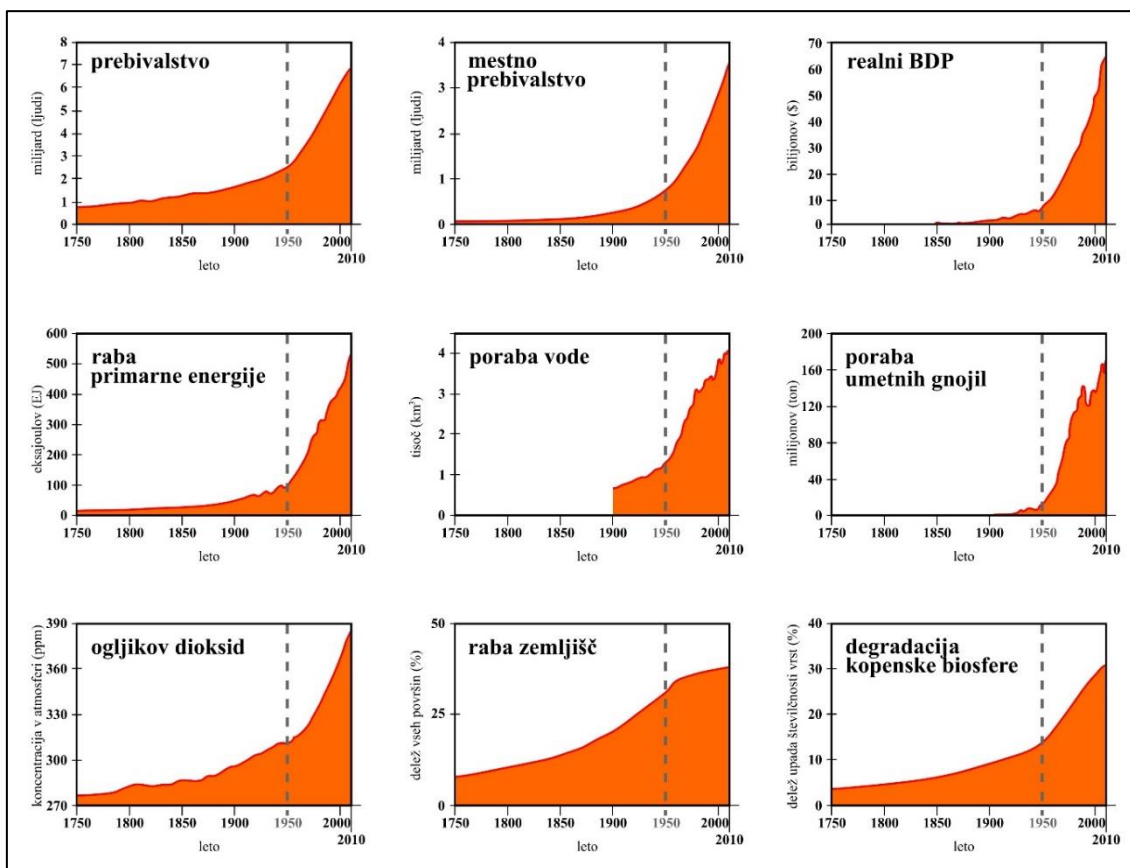
Z doktorsko disertacijo odgovarjamo na naslednja temeljna raziskovalna vprašanja:

- 1) Katere podatke o onesnaženosti kraških jam lahko pridobimo iz zapisnikov Katastra jam?
- 2) Ali in v čem se onesnaženost jam razlikuje med slovenskimi pokrajinami?
- 3) Kolikšna je onesnaženost jam v Sloveniji in kateri naravno- in družbenogeografski dejavniki vplivajo nanjo?
- 4) S kolikšno mero zanesljivosti je ob uporabi sodobnih GIS in statističnih orodij ter na temelju vzpostavljenega modela mogoče napovedati onesnaženost jam?
- 5) Na katerih območjih se pojavljajo zgostitve prednostne sanacije onesnaženih jam?

2 TEORETSKA IZHODIŠČA

2.1 Antropocen

Najnovejše obdobje Zemljine zgodovine, v katerem človekove dejavnosti močno vplivajo na okolje, so poimenovali antropocen. V tem obdobju so razsežnost, raznolikost in trajanje sprememb okolja tako izraziti, da nekateri z nastopom antropocena označujejo konec holocena (Lewis in Maslin 2015, 171; Waters in sodelavci 2016, 137). Z upoštevanjem različnih vidikov človekovega vpliva so antropocen prvič opredelili na začetku tega tisočletja (Crutzen in Stoermer 2000, 17–18; Crutzen 2002), ni pa še sprejet dogovor o njegovem začetku in s tem povezanih vzrokih (Lewis in Maslin 2015, 177). Za opredelitev začetka obdobja so predlagali številna stratigrafska orodja in tehnike, ki jih združujejo v naslednje skupine: 1) pojav in povečana količina antropogenih sedimentov, 2) biotski obrat (ang. *biotic turnover*), 3) geokemične spremembe, 4) podnebne spremembe in 5) katastrofalni dogodki (Waters in sodelavci 2014, 2). Časovni okvirji začetka antropocena se gibljejo od 50.000 let pred sedanostjo do obdobja po 2. svetovni vojni (Lewis in Maslin 2015, 175). Najpogosteje je izpostavljeno obdobje konec 18. stoletja, tj. začetka industrijske revolucije, ko je odtis človeka v okolju prešel krajevno raven, ter obdobje sredi 20. stoletja, tj. po koncu 2. svetovne vojne, ko se je odtis človeka v okolju začel izrazito povečevati (Waters in sodelavci 2014). Obdobje po 2. svetovni vojni opisujejo tudi kot obdobje »velikega pospeška« (slika 1), saj je družbeno-gospodarska razvitost posameznih držav narekovala človekov vpliv na okolje (Steffen in sodelavci 2015). Med najbolj razširjenimi elementi, ki dokazujejo človekov vpliv, je poleg radioaktivnih snovi nedvomno plastika, ki je prepoznana kot eden ključnih elementov za opredelitev antropocena, saj je prisotna na kopnem, v morju, atmosferi in v podzemlju (Zalasiewicz in sodelavci 2016). Prav slednji vidik je najmanj preučen, zato v doktorski disertaciji kraške jame obravnavamo kot izjemno stabilno okolje, kjer je pretok energije in snovi majhen. Vsako spreminjanje tega okolja, še posebej z onesnaževanjem, povzroča dolgotrajen in viden učinek na podzemno življenjsko okolje ter kakovost podzemne vode. Zaradi obstojnosti snovi v podzemlju ter pojavom in povečano količino antropogenih sedimentov je onesnaženost jam, ki jo podrobno preučimo v tem delu, pomemben kazalnik globalnega obdobja antropocena, ki je zaradi njegove konzervativnosti še posebej viden na kraških območjih.



Slika 1: Nekateri izbrani učinki družbenega napredka po 2. svetovni vojni oziroma obdobja antropocena, ki ga poimenujemo obdobje »velikega pospeška« (prirejeno po Steffen in sodelavci 2015).

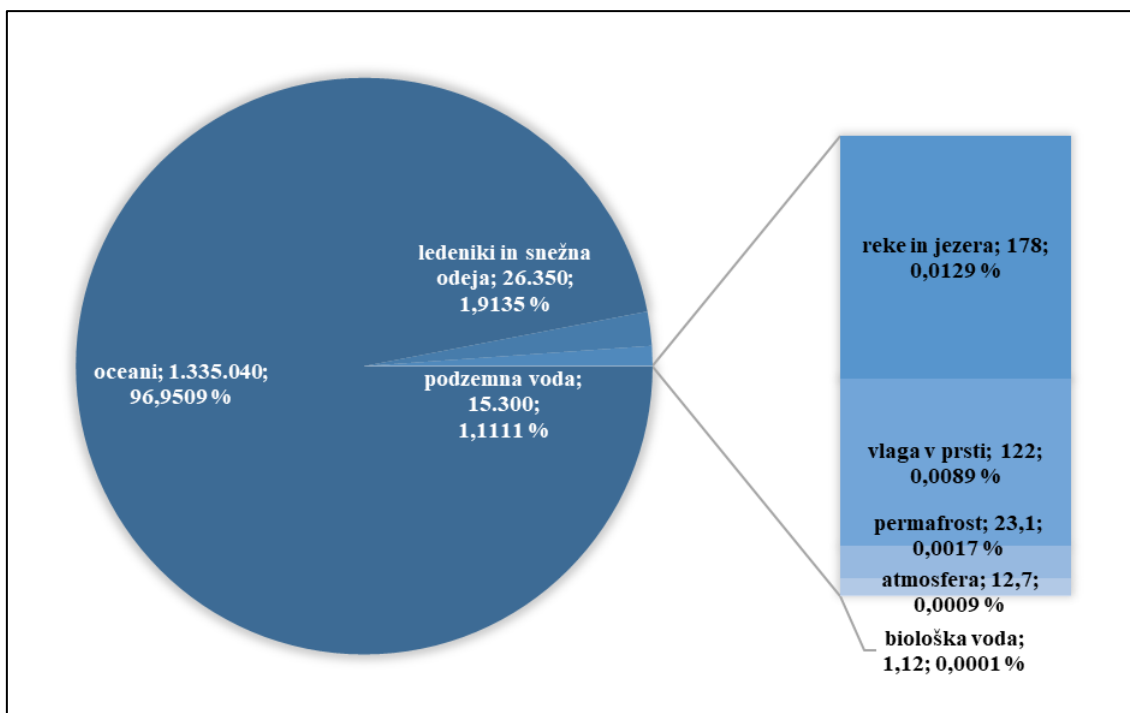
2.2 Vodni viri na Zemlji in pomen kraške podzemne vode

Ob naraščajočem številu prebivalstva v antropocenu in njegovih potrebah po naravnih virih, je zagotavljanje primernih količin kakovostne pitne vode eden izmed temeljnih izzivov za človeštvo. Pitna voda namreč obsega le manjši delež celotne prostornine vode na Zemlji. Največ vode od skupno 1377 milijonov km³ Zemljinih vodnih zalog, je v morjih in oceanih, in sicer kar 1338 milijonov km³ oziroma 96,9 %. Na kopnem je največ vode v ledenikih in snegu, skupaj okrog 26 milijonov km³ oziroma 1,9 % vse vode, ter v podzemni vodi, in sicer okrog 15 milijonov km³ oziroma 1,1 % vse vode. Vse ostale zaloge vode kot so permafrost, jezera, prst, ozračje, mokrišča, reke in živi organizmi, obsegajo skupaj manj kot 0,1 % celotne prostornine vode na Zemlji (slika 2). Prostornina pitne vode na Zemlji je zgolj 35 milijonov km³ oziroma 2,5 % vse vode. Največji delež pitne vode je v ledenikih in snegu, in sicer 68,7 %, vendar je delež ledu in snega v gorah zgolj 0,1 %, ves ostali led in sneg pa obsegajo območja Antarktike, Arktike in

Grenlandije. Tako je največji del pitne vode (30,1 %) pravzaprav dostopen v obliki podzemne vode, ki obsega tudi kraško vodo (Shiklomanov in Sokolov 1983, 80; Shiklomanov 1993, 13; Oki in Kanae 2006, 1069; Davie 2008, 6; Dingman 2015, 68). Neenakomerna razporeditev vodnih zalog, podnebne spremembe, rast prebivalstva ter človekova dejavnost na Zemlji močno povečujejo tako pritiske na vodne vire kot tudi potrebe po čisti pitni vodi (Vörösmarty in sodelavci 2000; Oki in Kanae 2006; Schwarzenbach in sodelavci 2010; Vörösmarty in sodelavci 2010; Hoekstra in Mekonnen 2012). Človeštvo namreč letno uporabi okrog 9087 km³ vode, večino (92 %) za kmetijstvo (Hoekstra in Mekonnen 2012, 3232).

Kraški vodonosniki so izjemno pomembni za zagotavljanje pitne vode (Ford in Williams 2007, 1; Hartmann in Moosdorf 2012, 212; Chen in sodelavci 2017, 772). Podzemna kraška voda je pomembna tudi zaradi izjemnih ekosistemskih funkcij, saj omogoča zelo raznovrstno in podzemnim razmeram prilagojeno življenje (Culver in Pipan 2009, 196; Romero 2009, 183; Gutiérrez in sodelavci 2014, 80).

S pitno vodo iz kraških vodonosnikov se oskrbuje petina do četrtnina svetovnega prebivalstva (Ford in Williams 2007, 1). V nekaterih državah kot je Avstrija, in na območjih kot sta Dinarsko gorstvo in jugozahodna Kitajska, kraški vodonosniki zagotavljajo pitno vodo več kot 50 % prebivalstva (Wu in sodelavci 2009, 2012; Hartmann in sodelavci 2014). V posameznih državah je zaradi razširjenosti kraških območij posledično velik delež pridobljene pitne vode iz kraških vodonosnikov. V posameznih primerih se s kraško vodo v večjem obsegu oskrbujejo milijonska in nekatera glavna mesta (Zwahlen 2003, 8) kot so San Antonio (ZDA), Montpellier (Francija), Marseille (Francija), Rim (Italija), Damask (Sirija), Dunaj (Avstrija), Sarajevo (Bosna in Hercegovina), Tirana (Albanija), Skopje (Makedonija), Podgorica (Črna gora) (Stevanović 2018). Iz kraških vodonosnikov pridobi Slovenija okoli 43 % vse pitne vode, največ v alpskih in dinarskih pokrajinah (Lah 1998, 39; Brečko Grubar in Plut 2001, 240).



Slika 2: Razporeditev vodnih zalog na Zemlji v 1000 km³ (prirejeno po Dingman 2015, 68).

2.3 Kraški geomorfni sistem in njegova ranljivost za onesnaženje

Kras je poseben geomorfni sistem s svojstvenimi površinskimi in podzemnimi oblikami ter hidrologijo v karbonatnih kamninah, med katerimi prevladujeta apnenec in dolomit. Na krasu drugotna (razpoklinska) poroznost skupaj z razmeroma večjo topnostjo kamnin omogoča učinkovito ponikanje vode v kamninsko gmoto (Bögli 1980; Bonacci 1987; Gams 2004; Goldscheider in Drew 2007; Ford in Williams 2007; Palmer 2007). Voda v kras vstopa razpršeno v obliki padavin ali koncentrirano, v obliki vodnih tokov na ponorih oziroma ponikalnicah. Prenikanje vode v kras izoblikuje tri značilne kraške hidrološke cone: 1) nezalito (vadozno) cono, 2) občasno zalito (epifreatično, poplavno) cono in 3) zalito (freatično) cono. V nezaliti coni se voda skozi razpoke pretaka hitro in pretežno v navpični smeri vse do ravni podzemne vode, zato tu nastajajo brezna. V občasno zaliti coni, kjer voda niha med najvišjim in najnižjim vodostajem, se ta glede na padec premika v smeri kraških izvirov ter tako izoblikuje pretežno vodoravne jame (slika 3). V zaliti coni se voda premika pod tlakom in izoblikuje značilne freatične rove, nastale ob freatičnih zankah, ki nastajajo ob nezveznostih med plastmi kamnin ali prelomih (Cvijić 1918, 394; Bögli 1980, 100; Bonacci 1987, 21; Gams 2004, 43; Salomon 2006, 122; Ford in Williams 2007, 107; Palmer 2007, 88).



Slika 3: Križna jama spada med ene izmed najbolj ohranjenih in sonaravno upravljanjih turističnih jam v Sloveniji, vendar jo ogroža dotok onesnažene vode (fotografija: Peter Gedei, 6. 12. 2017).

Karbonatne kamnine s kraškimi vodonosniki so na 7–20 % nepoledenelega Zemljinega površja (Ford in Williams 2007, 5; Hartmann in Moosdorf 2012, 2; Goldscheider in sodelavci 2020, 1664). Vodonosnik je porozen medij (kamnina), ki lahko zadržuje, prevaja in odvaja pomembne količine vode (Stevanović 2015, 48). Kraški vodonosniki se oblikujejo v karbonatnih kamninah, glede na strukturo in hidrodinamične lastnosti jih delimo na omejene, neomejene in zaprte (Bakalowicz 2005). V Evropi karbonatne kamnine obsegajo 21,6 % površja, na površje jih sega 13,8 %. Največji deleži karbonatnih kamnin po državah so na Malti (93,8 %), v Črni gori (80,1 %), Luksemburgu (61,1 %), Bosni in Hercegovini (60,5 %) in Lihtenštajnu (51,1 %). V Sloveniji obsegajo karbonatne kamnine 47 % površja (Gostinčar 2016). Največje absolutne površine karbonatnih kamnin v Evropi so v Rusiji (454.300 km²), Franciji (191.900 km²), Ukrajini (123.400 km²), Španiji (70.600 km²), Italiji (57.400 km²) ter Belorusiji (52.100 km²) (Chen in sodelavci 2017). Dinarski kras (slika 4), ki obsega tudi velik delež krasa Slovenije, je z okoli 60.000 km² površine največje sklenjeno kraško območje v Evropi (Mihevc, Prelovšek in Zupan Hajna 2010, 6).



Slika 4: Zakraselo in ledeniško preoblikovano območje Lovčena v Črni gori
(fotografija: Jure Tičar, 3. 5. 2019).

Razvojno so jame opredeljene kot naravne votline v kamnini, ki jih je oblikovala voda z raztapljanjem. Jame so vse votline, ki so širše od 5 do 15 mm, kar je najmanjša širina za vzpostavitev turbulentnega toka skozi vodonosnik, ki pospeši raztapljanje (Ford in Williams 2007, 209). Z antropocentričnega vidika so jame naravne votline v kamnini, ki so prehodne za človeka (Gams 2004, 112; Ford in Williams 2007, 209; Palmer 2007, 1). Podobno opredelitev imata tudi Jamarska zveza Slovenije in Kataster jam Jamarske zveze Slovenije, prav tako Zakon o varstvu podzemnih jam:

Podzemna jama po tem zakonu (v nadaljnjem besedilu: jama) je na naravni način nastali prostor v kamnini, ki je v zunanji prostor zaključen z navpično projekcijo roba pokritega dela jame, ali brezno z vhodno depresijo od tam, kjer naklon pobočja preseže 30 stopinj in katerega prehodni del je daljši ali globlji od 10 m, ne glede na to, ali je vhod oziroma izhod (v nadaljnjem besedilu: vhod) naraven ali je plod človekovega dela. Jame so votline, razpoke, brezna in podzemni rovi in so lahko suhe ali stalno ali občasno, deloma ali v celoti zalite z vodo. Ne glede na določbo prejšnjega odstavka se lahko zaradi morfoloških, hidroloških, favnističnih ali drugih posebnosti določi za jamo tudi prostor iz prejšnjega odstavka, ki je krajši od 10 m« (Zakon o varstvu podzemnih jam 2004; Jamarska zveza Slovenije 2014).

Z zakrasevanjem, to je s širitvijo rogov zaradi turbulentnega toka, preide razpoklinski vodonosnik v kraški vodonosnik. Ob tem prehodu se rovi hitro razširjajo, povprečno s hitrostjo 2–3 m/1000 let, saj v turbulentnem toku poleg korozije prevladuje tudi erozija (Gams 2004; Palmer 2007). Na temelju različnih načinov pretakanja vode skozi kraški vodonosnik, tj. na primer pronicanja skozi nezalito cono ter toka skozi občasno zalito in

toka pod tlakom v zaliti coni, se oblikujejo različni tipi jam. Ko jame postanejo hidrološko neaktivne, v njih prevladajo procesi spiranja sedimentov, podiranja in rušenja jamskih rovov, zmrzalnega preperevanja, kemičnega preperevanja in odlaganja kemogenih sedimentov (Ford in Williams 2007).

Kraški vodonosniki so človeku dostopni prek jam, posredno pa njihove hidrološke, hidrogeološke in hidrodinamične značilnosti ugotavljamo s preučevanjem kraških izvirov kot izhodnih signalov iz sistema ter padavin in koncentriranih vtokov kot vhodnih signalov v sistem.

Kraški vodonosniki so izjemno občutljivi na onesnaženje predvsem zaradi tanke prsti, točkovnega odtoka v vrtačah in ponorih ter koncentriranja vodnih tokov v epikraški in nezaliti coni (Zwahlen 2004, 2). Kraški izviri so zaradi značilnosti pretakanja voda v kraških vodonosnikih (hitra infiltracija vode zaradi velike prepustnosti, hitro pretakanje podzemnih voda na dolge razdalje, zapleten režim pretakanja voda ipd.) še posebej ranljivi za onesnaževanje (White 2002, 90; Ford in Williams 2007, 449; Ravbar 2007, 21; De Waele in sodelavci 2011, 5). Ranljivost dodatno povečuje zahtevna določitev prispevnega območja kraških vodnih virov, saj se potek razvodnic spreminja v odvisnosti od trenutnih vodnih razmer (Gams 2004; Ford in Williams 2007, 146; Ravbar 2007).

Lastnosti pretakanja voda v krasu pogojujejo hiter dotok onesnažil do podzemne vode in izvirov, ki so lahko s podzemnimi kraškimi tokovi prenesena na velike razdalje. Zmožnost učinkovitega čiščenja in filtracije vode zmanjšuje tudi tanka plast prsti oziroma njena odsotnost. Zaradi hitrega prehoda vode skozi kraške hidrološke cone ter posledično kratke interakcije s kamninsko podlago ter omejenih biotskih dejavnikov kraški vodonosnik ne omogoča zadostnega prečiščevanja, adsorpcije ter kemične in mikrobiološke razgradnje onesnažil (Evropska unija 1995b, 2; Kačaroğlu 1999, 338; Vesper, Loop in White 2003, 1; Goldscheider in Drew 2007, 4; Ravbar 2007, 21; Pronk in sodelavci 2009, 361). Novejše raziskave potrjujejo, da večja debelina nezalite cone vpliva na zmanjšano hitrost in večjo razpršitev pretoka v krasu (Petrič, Kogovšek in Ravbar 2018, 48).



Slika 5: Izvir Krupe v Beli krajini je zaradi nelegalnega odlaganja industrijskih odpadkov v kraškem zaledju onesnažen s polikloriranimi bifenili (PCB) (fotografija: Jure Tičar, 12. 8. 2018).

Varovanje kraškega okolja zahteva posebne pristope in ukrepe predvsem zaradi: 1) notranje ranljivosti (ang. *intrinsic vulnerability*), tj. ranljivosti podzemne vode zaradi geoloških, hidroloških in hidrogeoloških značilnosti območja, ki so neodvisne od značilnosti onesnaževal in razvoja onesnaževanja, ter 2) specifične ranljivosti (ang. *specific vulnerability*), tj. ranljivosti podzemne vode zaradi lastnosti posameznega onesnaževala ali skupine onesnaževal na temelju notranje ranljivosti območja (Veni 1999, 152; Kovačič in Ravbar 2003, 311; Zwahlen 2004, 5).

Kraške vodonosnike onesnažujejo, obremenjujejo ali drugače degradirajo številne dejavnosti kot so kmetijstvo, industrija in promet.

Pogosti načini onesnaževanja so na primer (Kovačič in Ravbar 2005; Ravbar 2006; 2007, 29; De Waele 2009, 245; Gutiérrez in sodelavci 2014, 81):

- iztoki neprečiščenih odpadnih voda iz gospodinjstev in kanalizacijskih sistemov;
- komunalna odlagališča odpadkov;
- nelegalna odlagališča odpadkov na kraškem površju (slika 5) in v kraških jamah;
- uporaba umetnih gnojil, fitofarmacevtskih in drugih kemičnih sredstev v poljedelstvu;
- onesnaževanje, povezano z živinorejo in obdelavo gnojevke;

- prometno omrežje in izlivi nevarnih snovi ob nesrečah;
- industrija z neprečiščenimi odpadnimi vodami;
- vojaška dejavnost z uporabo nevarnih snovi ali z nastajanjem nevarnih odpadkov;
- turizem s povečanjem količine komunalnih odpadkov in odpadnih voda;
- gorske koče in smučarska središča z odpadnimi vodami, odpadki in infrastrukturo;
- delovanje kamnolomov z odstranjevanjem prsti in epikraške cone ter z uporabo nevarnih snovi v obliki eksploziva.

Pri obravnavi onesnaženosti jam je v doktorski disertaciji uporabljen celovit pristop, tako da so v raziskavo vključeni številni naravno- in družbenogeografski dejavniki, ki so povezani z onesnaženostjo jam. Z njihovo pomočjo smo prepoznali poglavitne vzroke za pojavljanje onesnaženosti jam in ovrednotili dejavnike, ki vplivajo na sanacijo. Taki pristopi so pogosti v sodobni znanosti in vključujejo različne dejavnike ranljivosti. To so na primer *Karst Disturbance Index* (Van Beynen in Townsend 2005), metoda EPIK (ang. *Epikarst, Protective cover, Infiltration conditions and Karst network development*), metoda PI (ang. *Protective function of the layers above the saturated zone and the Infiltration conditions*), *Simplified Method* ali Slovenski pristop (Ravbar in Goldscheider 2007; 2009). Njihova stopnja zanesljivosti je povečini nizka zaradi nizke kakovosti vhodnih podatkov in njihovega pomanjkljivega prostorskega obsega, kar je v slabo preučenem in zapletenem kraškem sistemu pričakovano (Van Beynen in Townsend 2005, 112; Ravbar in Goldscheider 2007, 406; 2009, 725; Iván in Mádl-Szőnyi 2017; Ribeiro 2017, 117).

2.4 Preučevanje onesnaženosti kraških jam

Onesnaženost jam in njihov vpliv na kakovost podzemne vode ter podzemno življenjsko okolje sta v znanstveni literaturi omejeno preučena in povezana z manjšimi sklenjenimi območji. Mednarodne študije se v največji meri osredotočajo na večja onesnaženja v posameznih jamah in njihov vpliv na kakovost vode ter podzemno življenjsko okolje bodisi zaradi vnosa organskih (Holsinger 1966; Iliffe, Jickells in Brewer 1984; Simon in Buikema 1997; Wood, Gunn in Perkins 2002; Graening in Brown 2003; Jiménez-Sánchez in sodelavci 2008; Wood, Gunn in Rundle 2008) bodisi anorganskih snovi (Halliday 2003; Shi in sodelavci 2009). Posamezne študije se posvečajo varovanju kraških jam pred onesnaževanjem z vzpostavitvijo območij varovanja (Marin in sodelavci 2012). Negativni učinki onesnaženja so pogosto povezani s turistično rabo jame, tako zaradi

vnosa snovi in posledične onesnaženosti kot tudi poškodb jamskega okolja (Dragovich in Grose 1990; Pulido-Bosch in sodelavci 1997; Jeong, Kim in Chang 2003; Hildreth-Werker in Werker 2006; Cerkvnik 2012; Muri, Jovičić in Mihevc 2013; Šebela, Prelovšek in Turk 2013). Do sedaj so onesnaženost jam preučevali predvsem z vidika krajevnega in posebnega onesnaževanja, ne pa z vidika naravnih in družbenih dejavnikov onesnaževanja.

Onesnaženost jam vključujejo nekatere študije ranljivosti kraških območij (De Waele in Follesa 2003; Ivanov in Kirov 2003; Parise in Pascali 2003; Parise, Qiriazzi in Sala 2004; Kovačič in Ravbar 2005; Calò in Parise 2006; Ravbar 2006; Andriani in Walsh 2009; De Waele 2009; Papathanasoglou in Penessi 2015), ki dajejo prednost raznovrstnim dejavnikom onesnaževanja kraških območij.



Slika 6: Raznovrstni kosovni odpadki v Breznu II na Petrovki v Suhi krajini (fotografija: Leopold Bregar, 7. 11. 2019).

Onesnaževala podzemnih vodonosnikov delimo na snovi, ki so topne v vodi (amonijak, nitrati, klorid, sulfati, cianid, organske spojine ipd.), lahke deloma topne organske spojine (bencin, kurilno olje in naftni derivati), težke deloma topne organske spojine (klorove in bromove spojine), kovine (nikelj, krom, cink), patogene snovi (določeni virusi in bakterije) ter trdne snovi kot so komunalni in drugi odpadki (slika 6) (Vesper, Loop in

White 2003, 2). Razpadni čas posameznih snovi in odpadkov v podzemlju ni preučen, razen v primeru raziskav razpada lesa in listja, ki v jamskih sistemih razpadajo dlje kot na površju (Simon in Benfield 2001). Ker namerno odvržen les v jamski sistem dovaja dodatno snov in vire energije ter pomembno vpliva na ekosistem, ga v kraških jamah prištevamo med odpadke.

Ker onesnažene jame uvrščamo med nelegalna odlagališča odpadkov v naravi, se pri preučevanju zgledujemo po sorodnih raziskavah nelegalnih odlagališč odpadkov na površju. Posredno so na pomen dejavnikov, povezanih z odlaganjem odpadkov, pokazale številne raziskave. Kontos, Komilis in Halvadás (2005, 821) za umestitev odlagališč opredeljujejo dejavnike, ki jih delijo v štiri skupine: 1) hidrološki dejavniki (prepustnost podlage, oddaljenost od izvirov), 2) okoljski dejavniki (oddaljenost od površinskih vodnih virov, oddaljenost od ekosistemov, pokrovnost tal), 3) družbeni dejavniki (oddaljenost od urbanih območij, arheološka območja, vidnost oziroma izpostavljenost odlagališč, raba zemljišč) ter 4) tehnični oziroma gospodarski dejavniki (morfološka oblikovanost površja, prevladujoča smer vetra).

Gemitzi in sodelavci (2006, 657) za umestitev odlagališč opredeljujejo dejavnike, ki jih delijo v tri skupine: 1) dejavniki notranje ranljivosti vodonosnikov (tip vodonosnika, hidravlična prevodnost, nivo podtalnice), 2) dejavniki zunanje ranljivosti vodonosnikov (površinski odtok, raba zemljišč, oddaljenost od koncentrirane rabe zemljišč, oddaljenost od večjih rek, oddaljenost od poseljenih območij, zavarovana območja, oddaljenost od avtocest in železnic), ter 3) geološki dejavniki ranljivosti vodonosnikov (geotermalna območja, območja vtoka slane vode v vodonosnik).

Moeinaddini in sodelavci (2010, 916) za umestitev odlagališč opredeljujejo dejavnike, ki jih delijo v tri skupine: 1) dejavniki oddaljenosti (oddaljenost od letališč, oddaljenost od izvirov, oddaljenost od podzemnih voda, oddaljenost od površinskih voda, oddaljenost od cest, oddaljenost od poseljenih območij, oddaljenost od zgodovinskih in turističnih območij, oddaljenost od električnih vodov, oddaljenost od industrijskih območij, oddaljenost od prelomov), 2) dejavniki naravnih značilnosti okolja (temperatura, količina padavin, globina prsti, naklon pobočij, smer in hitrost vetra, prepustnost prsti, 100-letne poplave) ter 3) dejavniki vidnosti (vidnost s cest in železnic, vidnost iz območij poselitve).

Şener in sodelavci (2011, 540) za umestitev odlagališč opredeljujejo dejavnike kot so: usmerjenost površja, oddaljenost od cest, nadmorska višina, naklon površja, raba zemljišč, oddaljenost od geoloških stikov, litologija, globina talne vode, tip vodonosnikov ter oddaljenost od površinskih voda.

Donevska in sodelavci (2012, 125) za umestitev odlagališč opredeljujejo dejavnike, ki jih delijo v dve skupini: 1) okoljski dejavniki (naklon površja, nadmorska višina, oddaljenost od rek, oddaljenost od jezer, oddaljenost od izvirov, raba zemljišč, hidrogeološke značilnosti, oddaljenost od prelomov ter oddaljenost od urbanih in podeželskih območij) ter 2) gospodarski dejavniki (oddaljenost od cest, oddaljenost od gradbenega gradiva, oddaljenost od goste poselitve).

Zelenović Vasiljević in sodelavci (2012, 453) za umestitev odlagališč opredeljujejo dejavnike, ki jih delijo v štiri skupine: 1) geonaravni dejavniki (oblikovanost površja, litostruktura, nivo podtalnice), 2) okoljski dejavniki (zavarovana območja, raba zemljišč, površinske vode), 3) družbeni dejavniki (usmerjenost površja, poselitev in vidnost) ter 4) tehnično-gospodarski dejavniki (naklon površja, prometna infrastruktura, letališča, kamnolomi in peskokopi, energetska infrastruktura ter seizmologija).

Beskese in sodelavci (2015, 3514) za umestitev odlagališč opredeljujejo dejavnike, ki jih delijo v štiri skupine: 1) dejavniki razpoložljivosti zemljišč (oddaljenost lege, omejitve položaja in raba zemljišč), 2) dejavniki značilnost prsti in topografije (sestava prsti, geološke značilnosti in hidrološke značilnosti), 3) podnebni in hidrološki dejavniki (površinske vode, mikropodnebne značilnosti, smer vetra) ter 4) gospodarski dejavniki (bližina gradbenega gradiva, dostopne transportne povezave, cena zemljišč).

Ekološko ranljivost predstavljajo Song in sodelavci v dveh raziskavah. V prvi raziskavi (Song in sodelavci 2010, 468) opredeljujejo dejavnike, ki jih delijo v tri skupine: 1) dejavniki ekološke občutljivosti (naklon površja, tip rastja, pokrovnost rastja, količina padavin, delež izpostavljenih karbonatnih kamnin, pogostost plazov ter pogostost potresov), 2) dejavniki naravnih in družbenih pritiskov (gostota prebivalstva, bruto domači proizvod, delež strmih pobočij, pH vrednosti kislega dežja, pogostost požarov v zadnjih desetih letih) ter 3) dejavniki sposobnosti ekološke obnove (primarna proizvodnost). V drugi raziskavi (Song in sodelavci 2015, 59) opredeljujejo dejavnike, ki jih delijo v tri skupine: 1) dejavniki občutljivosti (erozija prsti, dezertifikacija), 2)

dejavniki odpornosti (raznoverstnost živalskih vrst, primarna proizvodnost, raznoverstnost rastlinskih vrst) ter 3) dejavniki naravno-druženih pritiskov (gostota prebivalstva, BDP, pridelava žit, število gojenih živali, indeks človekove dejavnosti, intenzivnost kislega dežja, požarna ogroženost ter pogostost potresov).

Neposredno sta se do dejavnikov za nastanek nelegalnih odlagališč opredelili raziskavi Tasakija in sodelavcev (2004, 2; 2007, 258), ki sta sprva vključevali 31 geografskih dejavnikov, a sta kot ključne izpostavili sedem dejavnikov: gostota prebivalstva, delež nezaposlenosti, delež bruto domačega proizvoda, oddaljenost od glavnih cest, oddaljenost od cest, oddaljenost od gozdnih robov ter oblikovanost površja. Raziskava Biotta in sodelavcev (2009, 1238) izpostavlja dejavnike kot so: oddaljenost opuščeni kamnolomov, oddaljenost odlagališč odpadkov, oddaljenost industrijskih območij, dostopnost cest, gostota prebivalstva in raba zemljišč. Posamezne študije (Silvestri in Omri 2008; Breg Valjavec, Zorn in Čarni 2018) izpostavljajo pomen rastja za zaznavo nelegalnih odlagališč odpadkov. Jordá-Borrell in sodelavci (2014, 155) opredeljujejo devet dejavnikov: družbeno-gospodarske značilnosti, rabo zemljišč, oddaljenost od občinskih središč, tip odpadkov, ravnanje z odpadki in dostopnost, oddaljenost od avtocest in industrijskih središč, litološke in geomorfološke značilnosti, oddaljenost od cest ter oddaljenost od območij poselitve ter voda. Šedová (2016, 13) opredeljuje osem dejavnikov za nastanek nelegalnih odlagališč: gostota prebivalstva, delež obdelanih zemljišč, oddaljenost od legalnih in nelegalnih odlagališč odpadkov, povprečna plača, delež prebivalstva odvisnih od materialnih dobrin, delež delovno aktivnega prebivalstva brez zaposlitve, delež prebivalstva z zaključeno terciarno izobrazbo in delež prebivalstva s spletno pismenostjo.

Neposredno so se do dejavnike za sanacijo nelegalnih odlagališč navedle zgolj tri raziskave.

Šebenik (1994, 93) za sanacijo nelegalnih odlagališč odpadkov navaja naslednje dejavnike: vodovarstvena območja, zakraselost območja, tip vodonosnika, opuščeni peskokopi, oddaljenost od vodotokov, pogostost poplav ter zavarovana območja.

Smrekar (2007, 56) za sanacijo nelegalnih odlagališč odpadkov navaja naslednje dejavnike: oddaljenost od vodovarstvenega območja 0, povprečna razdalja do gladine podtalnice, dejavnost vodnega vira, lega na vodovarstvenem območju, količina nevarnih

odpadkov, količina odpadkov, sum na obstoječe odpadke pod površjem, stanje odlagališča, vidnost odlagališča ter način priporočljivega posega po presoji popisovalca.

Matos (2015, 114) za sanacijo nelegalnih odlagališč odpadkov navaja naslednje dejavnike: količina in vrsta odpadkov, lego na vodovarstvenem območju, prepustnost podlage, oddaljenost od površinskih voda, pogostost poplav ter zavarovana območja. Pri tem uporablja različne pristope za vsak posamezen dejavnik in ga temu ustrezno obteži, pri čemer metodologija daje večji pomen manjšim nelegalnim odlagališčem odpadkov, ki privabljajo nadaljnje odlaganje odpadkov. Matos in sodelavci (Matos, Oštir in Kranjc 2012) še posebej izpostavljajo pomen bližine cest.

2.5 Zakonski okviri varovanja kraških območij

Navkljub številnim dognanjem s področja krasoslovja in ogroženosti krasa so neposredni varovalni ukrepi upoštevani le v manjšem delu zakonodajnih predpisov in ukrepov, zato ne obstaja celovit pristop do varovanja kraških območij (Evropska unija 1995a, 11; Watson in sodelavci 1997; Zwahlen 2004, 3). Mednarodni okvirji varovanja kraških območij odsevajo predvsem potrebo po varovanju: 1) pitne vode ter 2) biotske raznovrstnosti in življenjskega okolja, iz katerih izhajajo nadaljnji oziroma povezani ukrepi (Organizacija združenih narodov 2010; 2015). Med cilji Organizacije združenih narodov, ki so poudarjeni v Agendi 2030 za trajnostni razvoj, lahko varovanje kraških povežemo s ciljem 6 (Čista voda in sanitarna ureditev: Vsem zagotoviti dostop do vode in sanitarne ureditve ter poskrbeti za trajnostno gospodarjenje z vodnimi viri) in ciljem 15 (Življenje na kopnem: Varovati in obnoviti kopenske ekosisteme ter spodbujati njihovo trajnostno rabo, trajnostno gospodariti z gozdovi, boriti se proti širjenju puščav, preprečiti degradacijo zemljišč in obrniti ta pojav ter preprečiti izgubo biotske raznovrstnosti) (Organizacija združenih narodov 2015, 14). Posredno so za varovanje biotske raznovrstnosti na kraških območjih pomembni tudi cilji programa Organizacije združenih narodov za okolje (UNEP, ang. *United Nations Environment Programme*) v Strateškem načrtu za biotsko raznovrstnost 2011–2020 (UNEP, ang. *United Nations Environment Programme*) (Organizacija združenih narodov 2010).

Številna kraška območja so zavarovana v okviru Unescovega seznama svetovne dediščine (slika 7), dodatna območja v tem okviru pa se v zadnjem obdobju zavarujejo predvsem v Aziji (Williams 2008; Ministry of Housing and Urban-Rural Development, People's

Republic of China 2013; UNESCO 2017). Unesco je izoblikoval tudi številne druge pobude in varovanja kraških območij. Z uvedbo programa Človek in biosfera (MAB, ang. *Man and the Biosphere*) je razglasil Biosferne rezervate, s katerimi so v Sloveniji zavarovana kraška območja Julijskih Alp ter Krasa (Škocjanske jame). Z uvedbo Ramsarske konvencije, s katerimi varujejo pomembna mokrišča, so v Sloveniji zavarovane Škocjanske jame ter Cerkniško jezero. Z namenom zavarovanja najpomembnejših svetovnih geoparkov je v Sloveniji v mrežo Unesco vključen geopark Idrija ter geopark Karavanke (Gunn 2020). Pobude za boljše varovanje kraških območij kot je na primer razglasitev Mednarodnega leta jam in krasa 2021, so pogoste v Mednarodni speleološki zvezi (ang. *International Union of Speleology*), ki ima sedež v Postojni, znotraj katere deluje Komisija za varovanje krasa in jam (Mednarodna speleološka zveza 2015). Zavarovanje kraških območij v Evropi omogočajo posamezni delovni programi kot je IUCN (ang. *International Union for Conservation of Nature*), na primer Evropski delovni program 2017–2020 (Svetovna zveza za varstvo narave 2016). V Evropski uniji problematiko naslavlja osnovna zakonodaja kot je Pogodba o Evropski uniji in Pogodbe o delovanju Evropske unije (2016a), in drugotna zakonodaja v obliki uredb, direktiv in sklepov. Varovanje kraških območij, pitne vode ter biotske raznovrstnosti se tako posredno izvaja prek: 1) Direktive o ohranjanju naravnih habitatov ter prostoživečih živalskih in rastlinskih vrst (1992), 2) Direktive o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi (1998), 3) Direktive o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike (2000), 4) Direktive o okoljski odgovornosti v zvezi s preprečevanjem in sanacijo okoljske škode (2004), 5) Direktive o varstvu podzemne vode pred onesnaževanjem in poslabšanjem (2006), 6) Direktive o odpadkih in razveljavitvi nekaterih direktiv (2008a), 7) Direktive o kazenskopravnem varstvu okolja (2008b), 8) Direktive o presoji vplivov nekaterih javnih in zasebnih projektov na okolje (2012), 9) Evropske strategije o zeleni infrastrukturi (Evropska komisija 2013) in 10) Splošnega okoljskega akcijskega programa Unije do leta 2020 »Dobro živeti ob upoštevanju omejitev našega planeta« (Evropski parlament in Evropski svet 2013).



Slika 7: Škocjanske jame, ki jih je oblikoval ponor Reke, so pomemben del Unesco dediščine že od leta 1986 (fotografija: Jure Tičar, 11. 2. 2018).

Pregled nad izvajanjem zakonodaje Evropske unije s področja varovanja okolja in napredka članic Evropske unije izvaja Evropska agencija za okolje (Evropski parlament in Evropski svet 2016b; Evropska agencija za okolje 2018). Pobude za intenzivnejše varovanje kraških območij so bile podane tudi v Evropski speleološki zvezi (ang. *European Speleological Federation*), znotraj katere deluje Evropska komisija za varstvo jam s sedežem v Luksemburgu, ki je med drugim na Evropsko komisijo leta 2008 naslovila Pisno izjavo o varstvu jam kot kulturne, naravne in okoljske dediščine z namenom celovitejše zaščite kraških območij (Evropska speleološka zveza 2008).

Pomemben del Direktive o ohranjanju naravnih habitatov ter prostoživečih živalskih in rastlinskih vrst (1992) je oblikovanje zavarovanih območij Nature 2000, ki v Sloveniji obsegajo 7678 km². Na temelju IUCN kategorizacije in Zakona o ohranjanju narave (1999) je v Sloveniji vzpostavljenih 6 ravni zavarovanih območij, in sicer: 1 narodni park, 3 regijski parki, 44 krajinskih parkov, 1 strogi naravni rezervat, 56 naravnih rezervatov in 1164 naravnih spomenikov, ki skupaj obsegajo okoli 2700 km² površja. Zakon o ohranjanju narave (1999) posebej izpostavlja tudi ekološko pomembna območja, ki

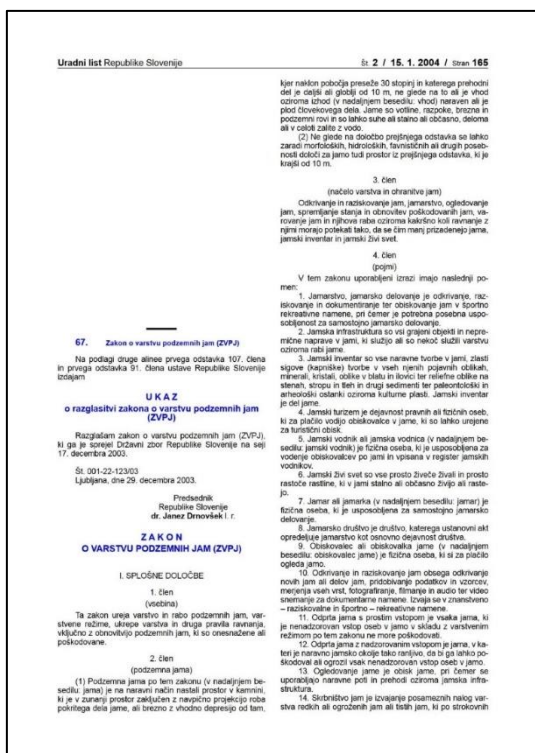
omogočajo povezavo habitatov redkih in ogroženih vrst (Smrekar, Polajnar Horvar in Ribero 2020, 313).

Prvi poskusi zavarovanja kraških jam v Sloveniji segajo v začetek 20. stoletja s sprejemom takratnega slovenskega naravovarstvenega programa. V znamenitem delu Spomenica (Bevk 1920), ki ga je pripravil takratni Odsek za varstvo prirode in prirodnih spomenikov pri Muzejskem društvu za Slovenijo, je z jamami povezanih več navedb (Bevk 1920, 69–75):

- Podzemeljske jame z interesantno jamsko favno in floro naj se postavijo pod nadzorstvo; vstop vanje naj se dovoli samo v znanstvene svrhe.
- Brezvretenčarji: Razen vseh jamskih hroščev, pajkovcev in mehkužcev, ki so več ali manj vsi znameniti in jih zato ne naštevamo z imeni, naj se varujeta hrošča planinski kozliček (*Rosalia alpina* L.), in orjaški krešič (*Procerus gigas* Creutz). Prepovedano naj bo jih loviti, prodajati in izvažati, kakor se je to doslej godilo in zaradi česar so postali mnogi že prav redki.
- Jame, špilje naj pridejo v državno last in v oskrbo odseku (društvu) za varstvo prirode in prirodnih spomenikov, ki bo vhode najbolj znamenitih zavarovalo in dovoljevalo vstop le v znanstvene svrhe.
- Jamska flora, posebno pa favna, se je v zadnjem času močno izkoriščala v posebno dobičkarske namene, tako da preti mnogim interesantnim in za naše kraje specifičnim tipom raznih vrst popolen pogin. Po živalicah, ki se jih sicer ne dobi nikjer na svetu, so zaslovele naše jame v znanstvenem svetu; dokaz nekulturnosti bi bilo, če ne bi hoteli ali mogli ohraniti teh živalic znanstvu. To pa je mogoče le tedaj, če zabranimo nabiranje v kupčijske svrhe, kar se je žal doslej pogostno dogajalo. Nemoteno so prihajali razni tujci in sistematično ugonabljali našo jamsko favno. Pa tudi nekateri manj naobraženi domačini so izropali marsikako jamo popolnoma in za majhen dobiček prodajali to znanstveno dragoceno blago tujim trgovcem.
- Nadzorstvo in znanstveno vodstvo nad parki in jamami bi imel odbor, ki bi bil v stalni zvezi z Muzejskim društvom, v znanstvenem oziru pa bi bili parki v zvezi z ljubljanskim vseučiliščem ter v svrhe znanstvenih raziskovanj temu, kakor tudi vsem drugim visokim šolam ter znanstvenim institutom, na razpolago. Obenem bi služili za izpopolnjevanje muzejskih zbirk, za dobavljenje potrebnega materiala šolam in posameznim raziskovalcem tudi v inozemstvo.

Naravovarstvene ukrepe je sprožilo tudi uničevanje in ropanje kapnikov za preprodajo. Kraljevina SHS je leta 1922 razglasila »Zakon o varstvu redkih ali za Slovenijo tipičnih in za znanstvo pomembnih živali in rastlin in o varstvu špilj na področju pokrajinske uprave za Slovenijo« (1922, 804–805), ki v svojem 1. členu opredeljuje zgolj prepovedi glede lovljenja, ubijanja in preprodaje nekaterih jamskih živali ter v 6. členu opredeli, da so »naravne jame (špilje) pod nadzorstvom pokrajinske uprave za Slovenijo, gozdarskega oddelka, ter se smejo oskrbovati in ukoriščati le za način, ki ga odobri nadzorstveno oblastvo po zaslišanju Muzejskega društva za Slovenijo«. Kraške jame so imele v Sloveniji v 20. stoletju sicer zagotovljeno majhno mero zaščite skozi različne zakone kot so na primer Zakon o varstvu narave (1970) ter Zakon o naravni in kulturni dediščini

(1981) oziroma varstva zaščiteneh območij kot je na primer Zakon o Triglavskem narodnem parku (1981), vendar se je zakonodajno in pravno bolj natančno opredeljena zaščita kraških jam začela šele z Zakonom o varstvu podzemnih jam (ZVPJ) leta 2004 (slika 8) (Simić 2000b; Prelovšek 2011b, 15). Zakon ureja »varstvo in rabo podzemnih jam, varstvene režime, ukrepe varstva in druga pravila ravnanja, vključno z obnovitvijo podzemnih jam, ki so onesnažene ali poškodovane« ter jame opredeljuje kot naravne vrednote državnega pomena in naravno javno dobro ter uveljavlja lastništvo države nad njimi.



Slika 8: Zakon o varstvu podzemnih jam pomeni neposredno pravno varovanje podzemnih jam v Sloveniji in je zgled za pravno ureditev tudi v drugih državah (vir: Zakon o varstvu podzemnih jam 2004).

V 18. členu zakon izrecno prepoveduje (Zakon o varstvu podzemnih jam 2004):

- v točki 2: onesnaževati stene, strop ali tla jame, zrak v jami ali vode, ki tečejo skozi jama;
- v točki 7: skladiščiti ali odlagati predmete, snovi ali odpadke;
- v točki 8: kuriti ali kaditi;
- v točki 13: kar koli puščati v jami;
- v točki 16: uničevati, poškodovati ali odstranjevati jamski inventar;
- v točki 17: odnašati iz jame jamski inventar, ga spravljati v promet ali izvažati;
- v točki 19: loviti, ubijati, prenašati, zastrupljati, zadrževati v ujetništvu v jami ali namerno vznemirjati in odnašati iz jame živali v vseh razvojnih oblikah, ki živijo v jamah, ali se v njih občasno zadržujejo;

- v točki 22: odkopavati ali prekopavati sedimente, arheološke ali paleontološke plasti ter odnašati, prenašati ali poškodovati paleontološke ali arheološke predmete.

Na zaščito jam pred onesnaženjem vpliva tudi druga zakonodaja. Že Ustava Republike Slovenije (1991) v 5. členu opredeljuje, da država »skrbi za ohranjanje naravnega bogastva in kulturne dediščine ter ustvarja možnosti za skladen civilizacijski in kulturni razvoj Slovenije«, v 70. členu pa, da »zakon določa pogoje, pod katerimi se smejo izkoriščati naravna bogastva«, ter v 70a. členu, da ima »vsakdo pravico do pitne vode«, v 72. členu, da ima »vsakdo v skladu z zakonom pravico do zdravega življenjskega okolja« ter v 73. členu, da je »vsakdo dolžan v skladu z zakonom varovati naravne znamenitosti in redkosti ter kulturne spomenike« (Uradni list RS 1991). Posredno se na zaščito jam pred onesnaženjem nanašajo tudi Zakon o zdravstvenem varstvu in zdravstvenem zavarovanju (1992), Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (1994), Zakon o ohranjanju narave (1999), Zakon o vodah (2002) ter Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Uradni list RS 2002), Zakon o varstvu okolja (2004) ter Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS 2004) in Uredba o odpadkih iz leta 2015 (Uradni list RS 2015). Dejavnosti države določajo tudi strateški dokumenti kot so Strategija ohranjanja biotske raznovrstnosti Slovenije (Ministrstvo za okolje in prostor 2002), predlog Nacionalnega programa varstva okolja 2030 (Ministrstvo za okolje in prostor 2017), Zakon o kritični infrastrukturi (2017) in Resolucija o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije (2019). Vendar neizvajanje zakonodaje in pomanjkljivo povezovanje različnih zakonodajnih ukrepov (Kepa 2001; Ravbar in Šebela 2015) kot je na primer 12. člen Zakona o varstvu podzemnih jam, ki opredeljuje spremljanje stanja jam, vodi do številnih odstopanj pri oceni resnosti problematike onesnaževanja jam v Sloveniji (Čekada 2015; Ministrstvo za okolje in prostor 2015; 2017; Kataster jam 2018).

2.6 Kras v Sloveniji

Kras je s svojimi površinskimi in podzemnimi oblikami pomemben del slovenskega ozemlja (Gams 2004; Zupan Hajna 2004; Komac in Urbanc 2012). Zaradi izjemne raznolikosti in lege so ga preučevali že v drugi polovici 17. stoletja (Valvasor 2009) ter s tem odločilno vplivali na razvoj krasoslovja in speleologije v svetu (Cvijić 1893; Martel 1894; Kranjc 1997; Gams 2004; Ford in Williams 2007; Čuk in Shaw 2015).

Kras v Sloveniji delimo na: 1) alpski kras, 2) dinarski kras in 3) predalpski oziroma osameli kras (Habič 1969; Gams 2004).

Alpski kras obsega gorata območja Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alp ter Karavank in je nastal v apnencih in dolomitih, glavni prelomi pa sledijo smeri vzhod–zahod. Tu so nastali številni kraški podi kotlički, konte, kraške oblike pa so preoblikovale poledenitve (Ferk in sodelavci 2015).

Dinarski kras delimo na 1) visoki dinarski kras, ki obsega predvsem visoke kraške planote (na primer Trnovski gozd, Javorniki, Hrušica in Snežnik), ter 2) nizki dinarski kras, ki obsega predvsem nizke kraške planote in ravnike (na primer Kras, Podgorski kras in Bela krajina). Dinarski kras je nastal v različnih karbonatnih kamninah pretežno mezozojske starosti, z značilnimi prelomi v smeri severozahod–jugovzhod, zanj pa so značilne številne vrtače, kraška polja, udornice, slepe doline, ravniki, planote ter številne jame.

Predalpski oziroma osameli kras obsega območje osrednje Slovenije med Alpami in Dinarskim gorstvom, kjer so območja karbonatnih kamnin (Habič 1969; Gams 2004, 248; Zupan Hajna 2004, 40).

Ena izmed značilnih oblik kraškega geomorfnega sistema so kraške jame. Po podatkih Katastra jam (2018) je bilo v Sloveniji leta 2018 registriranih 12.588 kraških jam. Skupna dolžina vseh je 958.808 m oziroma povprečno 77,5 m na jamo, skupna globina pa 308.180 m oziroma 25,1 m na jamo. Med petimi najdaljšimi jamami so Sistem Migovec (kat. št. 6001) z dolžino 37,2 km, Jamski sistem Postojnska jama (kat. št. 747) z dolžino 24,1 km, Kačna jama (kat. št. 955) z dolžino 15,2 km, Predjamski sistem (kat. št. 734) z dolžino 13,8 km in Črnelško brezno (kat. št. 6040) z dolžino 12,3 km. Med petimi najglobljimi brezni so Čehi 2 (kat. št. 6200) z globino –1505 m, Renejevo brezno (kat. št. 7090) z globino –1322 m, Sistem Mala Boka – BC4 (kat. št. 3200) z globino –1319 m, Črnelško brezno (kat. št. 6040) z globino –1247 m in Vandima (kat. št. 6452) z globino –1182 m.

V doktorski disertaciji smo na temelju značilnega vzorca jam v različnih mezoregijah (v nadaljevanju pokrajinah) (Perko 1998) ter prevladujočih tipov krasa (Gams 2004, 249) preučili 6965 jam oziroma 55,33 % vseh kraških jam v Sloveniji.

2.7 Raba in onesnaževanje jam v Sloveniji

Kraške jame je človek uporabljal skozi celotno zgodovino (Gams 2004; Prelovšek 2011). Številna pomembna jamska arheološka najdišča (na primer Potočka zijalka, Divje babe, Betalov spodmol in Bestažovca) so dokaz, da je človek pri nas že v prazgodovini jame uporabljal kot bivališče, zatočišče ali v verske namene. Primer za slednje sta v Socerbski jami ali Jami na Prevali 2 (Mušji jami). V času spopadov ali vojn so se ljudje umikali vanje, na primer pred turškimi vpadi (slika 9) (na primer Predjamski grad, Krška jama in Podpeška jama), v času 1. in 2. svetovne vojne pa so jih uporabljali za bivališča, skladišča, tiskarne, bolnice. V Sloveniji so iz jam pogosto pridobivali surovine kot sta železova ruda in led, ki so ga izkopavali in prodajali za hlajenje živil. Izrazita je bila tudi navezanost prebivalstva na kraške izvire in jame, v katerih so domačini dostopali do pitne vode (na primer v Beli krajini). Jame so v Sloveniji sicer najbolj prepoznane po turistični uporabi, saj se je jamski turizem začel že pred letom 1633, ko so zabeleženi prvi obiski jame Vilenica, ter s kasnejšim razvojem v 19. in 20. stoletju predvsem v Postojnski jami in Škocjanskih jamah (Gams 2004; Zorn in sodelavci 2009).

V Sloveniji človek na jame najbolj vpliva z onesnaževanjem, še posebej v 20. stoletju (Gams 2004, 238; Prelovšek 2011, 13), ko so bile številne uporabljene za odlaganje odpadkov in odvajanju odplak.

Najstarejši znani zapisi o onesnaženosti jam so v Slavi vojvodine Kranjske s konca 17. stoletja. Valvasor (2009, 244) opisuje onesnaženje Lučke jame (kat. št. 150) na Dolenjskem:

Jama Uluzchach, V Lučah, je blizu Ilove gore. Pred ne veliko leti, ko je v vaseh v okolici prišla bolezen nad živino in je na veliko poginjala, so to crkovino metali v jamo. Pozneje pa je v istem letu neki moški nenamerno padel v jamo; temu so v jamo spustili vrv in luč in nato si je spodaj vse natančno ogledal, vendar ni našel niti ene kosti in nobene sledi kakšnega mrčesa ali nesnage. In kam je potem izginila vsa ta crkovina, bi se človek lahko vprašal. V primeru, da bi na naraven način spodaj tako hitro razpadla ali bi jo kaj požrlo z vsemi kostmi vred, bi pač morala biti na dnu bodisi izredno apnena tla, na katerih bi to ležalo in bi tla v nekaj dneh vse pogoltnila, ali pa bi morala biti v jami izredno močna topla vlaga, ki bi podpirala gnitje in povzročila, da bi crkovina hitro razpadla in zgnila.



Slika 9: Turško jamo v Gojdašnici pri Žirovnici je krajevno prebivalstvo uporabljalo za zavetišče v času turških vpadov na slovensko ozemlje (fotografija: Jure Tičar, 5. 1. 2020).

V istem delu zasledimo tudi zapis o jamah, ki naj bi po ljudskem izročilu tvorile nevihte in jih poimenujejo hudourne jame. Da bi omilili njihov vpliv, so tu prirejali verske obrede, v katere je bilo vključeno odmetavanje stvari v jamo, in sicer (Valvasor 2009, 541):

Nato se enkrat pokadi luknjo in jo poškropi z blagoslovljeno vodo; ljudje, ki so pri tem prisotni, pa zmolijo več očenašev. Nato poleg luknje postavijo visok mlaj s križem na vrhu. Potem pa ljudje začnejo metati v jamo koščke lesa, kamne in vse, kar jim pride pod roke, in tega zmečejo toliko, da bi si kdo lahko mislil, da bodo luknjo do vrha napolnili, zlasti če mečejo vanjo cela drevesa in podobno (kar vsi izredno marljivo nosijo na kup)«.

Valvasor (2009, 525) omenja tudi poškodbe jame v obliki podpisov v Predjamskem sistemu (kat. št. 734), in sicer: »Kdor gre čisto do konca jame, običajno tam napiše svoje ime, in čeprav je tam samo navadna skala, se ljudje le podpišejo ali pa naredi vsak neko poljubno znamenje, kar mu pač daje njegova domišljija.«

V Katastru jam je najstarejši zapis o onesnaženosti jame »Rossloch pri Tiefentalu« Pavla Kunaverja iz leta 1912 (Habe 1982, 39; Simić 2000b, 53). Jama je na Kočevskem v bližini stare kočevske vasi Vrbovec (nem. *Tiefental*), med Kočevjem in Strugami. Ime

Rossloch nakazuje, da gre za »Konjsko jamo«, poimenovanje in položaj pa ustreza Breznu pod Vrbovcem (kat. št. 12.347) na jugovzhodnem robu vasi Vrbovec, ki je po podatkih Katastra jam onesnaženo (Kataster jam 2018).

Intenzivnejša preučevanja dolenskega krasa so pripeljala do spoznanj, da so številne jame onesnažene, kar je leta 1913 spodbudilo zapis v *Laibacher Zeitung* z naslovom »Proti onesnaževanju kraških jam« (nem. *Gegen die Verunreinigung der Karsthöhlen*), ki se glasi:

V naši deželi vlada v kraških predelih delno navada, uporabljati kraška brezna in jame za neke vrste odlagališča za vse mogoče odpadke in za odmetavanje živalskih kadavrov. Sedaj pa je c. k. deželna vlada zato, ker je tako postopek ne le iz veterinarsko policijskega vidika nedopusten, ampak tudi nevaren za onesnaževanje talnih voda v podzemlju, izdala poziv vsem okrajnim glavarstvom, naj bodo ta pozorna na vsak pojav onesnaževanja jam in prepovedo odmetavati odpadke v jame (Laibacher Zeitung 1913, 67; Habe 1982, 39).

Problem onesnaževanja jam se je še posebej zaostril po 2. svetovni vojni, ko se je zaradi gospodarskega razvoja izjemno povečala količina odpadkov. Ob izostanku urejenega komunalnega odvoza je prebivalstvo na kraških območjih izkoriščalo jame in brezna za odlagališča odpadkov (Prelovšek 2011, 13).

Čiščenje jam je bilo v preteklosti odvisno predvsem od volje in okoljske ozaveščenosti posameznikov v jamarskih društvih, ki so organizirala čistilne akcije. Z izjemo posameznih čistilnih akcij kot je bila v jami Brimšca leta 1972, Badovinčevi jami leta 1993 in Mihovski jami leta 1994, se je organizirano čiščenje jam v Sloveniji začelo v drugi polovici 90. let preteklega stoletja. Dejavnosti so občasno podprle krajevne skupnosti, med letoma 1998 in 2002 je organizirano čiščenje kraških jam spodbudil t. i. Heliosov sklad, v sklopu katerega so sodelovali podjetje Helios, Ministrstvo za okolje in prostor ter jamarska društva. Največje čiščenje nelegalnih odlagališč odpadkov v kraških jamah je bilo izvedeno leta 2010 v okviru projekta »Očistimo Slovenijo v enem dnevu«, ko je bilo očiščenih 24 jam (Simić 2000a, 156; Prelovšek 2011, 103).

Prve ocene onesnaženosti jam v Sloveniji so nastale v začetku 80. let preteklega stoletja. Habe (1982, 39) je ugotovil, da je bilo na dolenskem krasu od 513 jam onesnaženih 58 jam oziroma 11,3 %. Hudoklin (1987, 30) je ugotovil, da je bilo v takratnih občinah Novo mesto in Trebnje onesnaženih 57 jam. Drame (1989, 50) je ugotovil, da je bilo v občini Cerknica onesnaženih ali uničenih 90 od 461 jam oziroma 19,5 %. Klepec (1989, 53) je ugotovil, da je bilo v Beli krajini onesnaženih 45 od 229 jam oziroma 19,7 %. Hudoklin

(1995, 224) je ugotovil, da je bilo v takratnih občinah Novo mesto, Črnomelj, Trebnje in Metlika onesnaženih 171 od 670 jam oziroma 25,5 %.



Slika 10: Čiščenje jame Müllerloch (kat. št. 2429) v okviru projekta LIFE Kočevsko (fotografija: Tomaž Grdin, 1. 4. 2017).

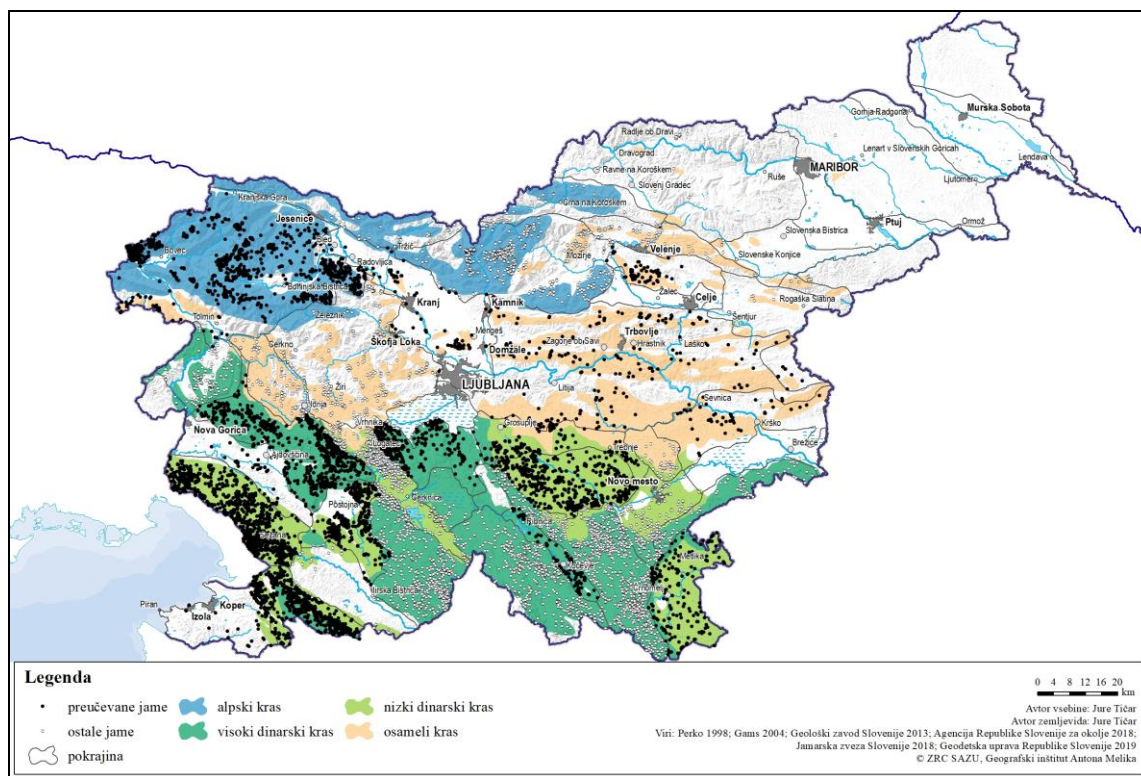
Prva pomembnejša primerjava rezultatov posameznih raziskav je bila izdelana leta 2001, ko so v Mestni občini Novo mesto evidentirali 50 onesnaženih jam od skupno 143 oziroma 34,9 %. Ugotovili so, da je bilo leta 1982 tu zgolj 10 onesnaženih jam, leta 1987 jih je bilo 13, leta 1995 pa že 30 (Hudoklin 2002, 75). V okviru evropskega projekta »Varstvo kraških jam in virov pitne vode«, ki so ga jamarji izvedli v zaledju Celjske kotline, so pregledali 209 jam, izmed katerih jih je bilo vsaj 39 % onesnaženih (Hribernik 2010; Čekada 2015). V okviru terenskega pregleda jam v hidrogeološkem zaledju izvira Krke leta 2011, ki ga je po naročilu Agencije Republike Slovenije za okolje izvedla Jamarska zveza Slovenije, so onesnaženje odkrili v kar 46 % (Gostinčar in Čekada 2016, 61). Podoben terenski pregled je na območju Krasa izvedel tudi Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU v sodelovanju s krajevnimi jamarskimi društvi v okviru projekta »Projekt 99«, kjer so v vzorcu 99 naključno izbranih jam odkrili 28-odstotno onesnaženost (Prelovšek 2013). Na temelju rezultatov štirih zgoraj omenjenih projektov

je Čekada (2015) ocenil, da je izmed 517 jam kar dobra tretjina (35 %) onesnaženih. Ob upoštevanju metode linearne ekstrapolacije bi bilo v Sloveniji onesnaženih kar 2700 jam.

Terenski popis onesnaženosti jam so izvedli tudi v okviru projekta LIFE Kočevsko (slika 10), kjer so evidentirali onesnaženost v kar 67 od 90 jam oziroma v 74 %. Izbor jam v popisu je sicer predhodno upošteval znane dejavnike, ki so vplivali na večji delež onesnaženih jam v vzorcu (Prelovšek 2015). Naše predhodne raziskave na temelju zapisnikov v Katastru jam so pokazale, da je v Beli krajini onesnaženih ali uničenih 118 od 622 jam oziroma 19,0 % (Ribeiro in Tičar 2017, 44) ter da je na Krasu onesnaženih 245 od 1077 jam oziroma 22,7 % (Tičar in Ribeiro 2018, 62). Med onesnažene jame se sicer po podatkih Katastra jam (2018) uvršča 657 jam oziroma 5,2 % vseh. Ministrstvo za okolje in prostor (2015, 74) ocenjuje, da je onesnaženih med 15 in 20 % kraških jam v nižjih predelih države, obenem pa razpolaga s podatki o 153 uničenih in 385 onesnaženih jamah (Ministrstvo za okolje in prostor 2017, 18).

3 METODE DELA IN PODATKI

Območje preučevanja smo opredelili na temelju razpoložljivih podatkov o registriranih jamah v Sloveniji (Kataster jam 2018) ter naravnogeografske regionalizacije Slovenije (Perko 1998). V raziskavo so vključene kraške jame, ki so zastopane v vseh štirih makroregijah (alpski svet, sredozemski svet, dinarski svet in panonski svet). Na nižji prostorski ravni je bilo v raziskavo vključenih osem od devetih submakroregij, tj. brez submakroregije panonske ravnine, kjer sta registrirani zgolj dve kraški jami. Pri izbiri vključitve najnižjih enot regionalizacije, tj. mezoregij (v nadaljevanju pokrajin), smo poleg njihove prostorske različnosti upoštevali tudi zastopanost prevladujočih tipov krasa (Gams 2004, 249) ter število in gostoto jam (slika 11). Ob upoštevanju raznovrstnosti vzorca jam smo v raziskavo vključili 17 pokrajin, in sicer: 1) Julijske Alpe, 2) Ložniško in Hudinjsko gričevje, 3) Posavsko hribovje, 4) Savska ravan, 5) Vipavska dolina, 6) Koprška brda, 7) Kras, 8) Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje, 9) Trnovski gozd, Nanos in Hrušica, 10) Krmsko hribovje in Menišija, 11) Suha krajina in Dobropolje, 12) Pivško podolje in Vremščica, 13) Ribniško-Kočevsko podolje, 14) Dolenjsko podolje, 15) Bela krajina, 16) Srednjesotelsko gričevje in 17) Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje (preglednica 1).



Slika 11: Preučevane kraške jame v izbranih pokrajinah in tipih krasa.

Največ kraških jam zajetih v raziskavo je v pokrajini Julijske Alpe (1959 jam oziroma 15,56 % vseh ali 28,13 % izbranih jam), ki je obenem edina pokrajina, v kateri prevladuje alpski kras. Najmanj kraških jam je v pokrajini Srednjesotelsko gričevje (10 jam oziroma 0,08 % vseh ali 0,14 % izbranih jam), ki je ena izmed petih pokrajin, s prevlado osamelega krasa. Povprečno število kraških jam v pokrajinah je 410 jam. Pokrajine z večjim številom jam ponujajo bolj zanesljivo oceno onesnaženosti jam. Najvišja gostota kraških jam, 3,43 jam/km², je v pokrajini Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje, najnižja gostota, 0,10 jam/km² pa v pokrajini Srednjesotelsko gričevje. Povprečna gostota kraških jam v izbranih pokrajinah je 0,81 jam/km². Gostota jam je povezana s številom jam na posameznem območju, velikostjo območja ter stopnjo raziskanosti tega območja.

makro-regija	sub-makroregija	pokrajina	tip krasa	število jam	gostota jam (jam/km ²)	delež vseh jam (%)	delež preučeni- nih jam (%)
alpski svet	alpska visokogorja	Julijske Alpe	alpski kras	1959	1,27	15,56	28,13
	alpska hribovja	Ložniško in Hudinjsko gričevje	osameli kras	73	0,30	0,58	1,05
		Posavsko hribovje	osameli kras	229	0,12	1,82	3,29
	alpske ravnine	Savska ravan	osameli kras	108	0,16	0,86	1,55
sredozemski svet	sredozemska gričevja	Vipavska dolina	nizki dinarski kras	63	0,20	0,50	0,90
		Koprška brda	nizki dinarski kras	62	0,19	0,49	0,89
	sredozemske kraške planote	Kras	nizki dinarski kras	1077	2,51	8,56	15,46
		Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	nizki dinarski kras	837	3,43	6,65	12,02
		Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	visoki dinarski kras	702	1,38	5,58	10,08
dinarski svet	dinarske planote	Krimsko hribovje in Menišija	visoki dinarski kras	354	1,18	2,81	5,08
		Suha krajina in Dobropolje	nizki dinarski kras	515	1,21	4,09	7,39

	dinarska podolja ravniki	in	Pivško podolje in Vremščica	nizki dinarski kras	458	1,54	3,64	6,58
			Ribniško- Kočevsko podolje	visoki dinarski kras	134	1,19	1,06	1,92
			Dolenjsko podolje	nizki dinarski kras	150	0,47	1,19	2,15
			Bela krajina	nizki dinarski kras	186	0,48	1,48	2,67
	panon- ski svet	panonska gričevja	Srednjeso- telsko gričevje	osameli kras	10	0,10	0,08	0,14
Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje			osameli kras	48	0,10	0,38	0,69	
				6965	0,81	55,33	100,00	

Preglednica 1: Razporeditev kraških jam, vključenih v raziskavo, glede na naravnogeografsko regionalizacijo (Perko 1998) in prevladujoči tip krasa (Gams 2004, 249; Kataster jam 2018).

3.1 Pridobivanje in urejanje podatkov

Raziskava je zahtevala pridobivanje in urejanje večje podatkovne baze, ki obsega arhivske in prostorske podatke, povezane z onesnaženostjo jam v Sloveniji.

Arhivske podatke predstavlja baza Katastra jam (2018), ki združuje podatke Katastra jam Jamarske zveze Slovenije in Katastra jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU in obsega podatke o 12.588 kraških jamah v Sloveniji, registriranih do 28. 1. 2018. Bazo Katastra jam sestavljajo osnovni podatki, ki so določeni v Zakonu o varstvu podzemnih jam (2004).

Po zakonu je vsak, ki odkrije del narave, za katerega domneva, da ima lastnosti jame ali dela jame, dolžan o tem obvestiti strokovno organizacijo, ki je usposobljena za strokovno ugotavljanje in preverjanje podatkov o jamah. Naloge strokovne organizacije po javnem pooblastilu izvaja Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, ki podatke strokovno obdelava in preveri nove podatke z že znanimi podatki o odkritih jamah.

Ker se v Sloveniji večina jamarskih društev združuje v okviru Jamarske zveze Slovenije, na državni ravni delujeta dva primerljiva Katastra jam. V Katastru jam Jamarske zveze

Slovenije se zbirajo podatki o jamah, ki so jih prispevala društva, včlanjena v zvezo, in so nato posredovani v strokovno obdelavo Inštitutu za raziskovanje krasa ZRC SAZU. V Katastru jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU se ločeno zbirajo podatki o jamah, ki so jih prispevala društva, ki niso včlanjena v zvezo, ter podatki o jamah, ki jih posreduje Jamarska zveza Slovenije. Zaradi ločenega sistema zbiranja podatkov po uveljavitvi Zakona o varstvu podzemnih jam (2004) je arhivsko gradivo o kraških jamah, registriranih do leta 2004, v obeh Katastrih jam v večji meri enako, po letu 2004 pa le deloma. Večji del podatkov smo pridobili v Katastru jam Jamarske zveze Slovenije, in sicer za 93,6 % kraških jam, ter jih dopolnili s podatki iz Katastra jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU, in sicer za 12,1 % kraških jam.

Zbiranje podatkov o kraških jamah temelji na zapisnikih, ki jih jamarji izpolnijo ob raziskovanju novih ali že odkritih jam in jih nato oddajo v Kataster jam. Postopek registracije jame ali novih odkritij v že znani jami je v primeru Katastra jam Jamarske zveze Slovenije naslednji:

- 1) raziskovanje in beleženje odkritij na terenu;
- 2) preverjanje informacij o morebitni predhodni registraciji jame (na temelju baze Katastra jam, pregledovanja zapisnikov Katastra jam ali spletnega Katastra jam);
- 3) izpolnjevanje različnih tipov zapisnikov;
- 4) oddaja zapisnikov na Kataster jam Jamarske zveze Slovenije (po pošti ali elektronsko);
- 5) pregled kakovosti izdelanih zapisnikov s strani Katastra jam Jamarske zveze Slovenije (avtorji zapisnike po potrebi dopolnijo);
- 6) objava osnovnih podatkov o prejetih zapisnikih na spletni strani Katastra jam Jamarske zveze Slovenije (avtorjem zapisnikov omogoča nadzor nad oddanim in prejetim gradivom);
- 7) oddaja izvoda zapisnikov Katastru jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU;
- 8) strokovni pregled zapisnikov s strani Katastra jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU:
 - a. če jama še ni bila registrirana, se ji dodeli katastrsko številko in doda zapis v bazo Katastra jam;
 - b. če je jama že registrirana, posodobi zapise v bazi Katastra jam.

- 9) poročilo o prejemu zapisnikov in strokovnem pregledu s strani Katastra jam Inštituta za raziskovanje krasi ZRC SAZU in Katastra jam Jamarske zveze Slovenije;
- 10) vlaganje zapisnikov v arhiv Katastra jam (slika 12).



Slika 12: Arhivsko gradivo, ki ga hrani Kataster jam Jamarske zveze Slovenije (fotografija: Jure Tičar, 27. 6. 2011).

Arhivsko gradivo, ki ga hrani Kataster jam Jamarske zveze Slovenije, sestavlja devet različnih vrst zapisnikov:

A – zapisnik (Osnovni zapisnik): zapisnik vsebuje celovite informacije o jami in je praviloma izdelan ob registraciji nove jame (slika 13);

B – zapisnik (Dopolnilni zapisnik): zapisnik vsebuje dopolnilne informacije o jami in je praviloma izdelan ob nadaljnjih raziskavah že registrirane jame;

C – zapisnik (Kartografsko gradivo): zapisnik vsebuje kartografsko gradivo kot je temeljni topografski načrt, topografska karta, digitalni ortofoto posnetek, geološka karta in podobno, z označenim položajem registrirane jame;

D – zapisnik (Drugo gradivo): zapisnik vsebuje vse znano nestandardno gradivo o registrirani jami kot so strokovni članki, časopisni članki, oglasni plakati in podobno;

E – zapisnik (Načrt): zapisnik vsebuje načrt jame, ki ga praviloma sestavlja tloris in iztegnjeni prerez jame, na značilnih mestih pa tudi prečni prerez jame;

F – zapisnik (Fotografsko gradivo): zapisnik vsebuje fotografije, ki pripomorejo k prepoznavanju jame na terenu ali vsebujejo strokovno zanimive informacije;

G – zapisnik (Meritve): zapisnik vsebuje preglednico meritev jamskega poligona, na temelju katerega je bil narisana načrt in izmerjena dolžina oziroma globina jame;

H – zapisnik (Zapisnik o stanju jame): zapisnik vsebuje podatke o onesnaženosti jame oziroma morebitnih izvedenih čistilnih akcijah v jami;

I – zapisnik (Oprema): zapisnik vsebuje informacije o tehnični opremljenosti jame oziroma potrebni opremi za obisk določenega dela jame (Jamarska zveza Slovenije 2014).

Število zapisnikov za novo odkrite jame je ob registraciji praviloma večje (do 9 zapisnikov), pri jamah, odkritih v preteklosti, pa je zaradi enkratnega obiska jame število zapisnikov bodisi majhno (1 do 2 zapisnika) bodisi veliko zaradi številčnosti raziskav v jami (več deset zapisnikov). Po podatkih Katastra jam Jamarske zveze Slovenije je bilo v začetku leta 2020 v spletno različico Katastra jam med letoma 2000 in 2020 oddanih 30.836 zapisnikov za 7455 jam, iz česar sklepamo, da je bilo za posamezno jamo povprečno oddanih 4,14 zapisnika. Povprečno je letno oddanih okoli 1500 zapisnikov, v zadnjem obdobju (2017–2019) tudi več kot 3000. Ocenjujemo, da je v bazi Katastra jam Jamarske zveze Slovenije za posamezno jamo vsaj 5 zapisnikov, tako obsega celotno arhivsko gradivo za 12.588 jam najmanj 63.000 zapisnikov. V raziskavo smo vključili okoli 35.000 zapisnikov. V zadnjem času se, skladno s povečanjem števila novo registriranih jam, močno povečuje tudi število zapisnikov. Na začetku 20. stoletja je bilo registriranih zgolj nekaj deset jam letno, po 2. svetovni vojni pa se je to število povečalo na 100 do 200 registriranih jam letno. Po letu 2000 je raziskovalna dejavnost po zaslugi novih tehnologij močno napredovala, tako da v zadnjem obdobju letno beležimo med 300 in 400 registriranih jam (Kataster jam 2018).

Katastrska številka: ☐ Jama še ni registrirana Osnovni dokument (splošno)	11535	 Oblasno je bilo oblikovano v sodelovanju med Jamarsko zvezo Slovenije in Inštitutom za raziskovanje krasa (ZRC SAZU) v letu 2002	Številka zapisnika: Datum ekskurzije: 7. 7. 2019 Datum zapisnika: 7. 7. 2019
---	--------------	---	--

Osnovni zapisnik

IME JAME: Vugelnica

Organizacija: Jamarski klub Brežice Zapisnikar: Jure Tičar
 Občina: Črnomelj Lastnik zemljišča: _____
 Zemljepisna lega: Skrajni JV del Poljanske gore nad kanjonom Kolpe
 Najbližje naselje: Draga pri Sinjem vrhu Izhodišče dostopa: Cerkev Sv. Janeza v Sinjem vrhu

Dostop: Pot pričnemo v središču Sinjega vrha pri cerkvi Sv. Janeza Evangelista. Pot nadaljujemo po glavni cesti v smeri Vinice približno 1,7 km, dokler ne prispemo do odcepa za naselje Draga pri Sinjem vrhu. Ob tem odcepu je manjša razširitev cestišča, kjer lahko parkiramo avtomobil. Preoblečemo se in pot nadaljujemo peš in sicer po gozdni vlaki, ki se začenja na nasprotni strani cestišča v smeri SV. Po 200 m poti in vzpona pridemo vzporedno z jamo Magdin zjut (desno pod potjo). Nadaljujemo naravnost proti SV še 250 m, ko se pot iz smeri SV obrne v smer JV ter približa večji vrtaki. Na tem mestu zapustimo večjo gozdno pot in se usmerimo na vlako, ki poteka po S robu vrtače proti JV. Ko obidem vrtačo se pred nami odpreta dve med seboj povezani vrtaki, mi pa se držimo zahodnega roba južne vrtače, kjer bomo na robu zagledali sprva manjši (izkopani) vhod v Vugelnico, nad njim pa še naravni vhod (brezno) v omenjeno jamo.

Vizure: 1.: 283° na Cerkev v Sinjem vrhu 2.: 136° na Vrh Jelenčje glavice (389 m)
 3.: 199° na Cerkev v Damlju 4.: 329° na Vrh Krtine (567 m)

Sekcija (karta, merilo, letnik): TK 25, 049-1-2, 1:25.000, 1997

	Tip jame: <u>5.3 – Jama z breznom in etažami, poševna jama</u> Gauss-Krügerjeve koordinate (obvezno!): ▶ <u>5 5 1 5 2 7 5</u> ▲ <u>5 0 3 3 7 5 3</u> določene po: <u>Lidar</u> Koordinate GPS – WGS 84 [° ° ' / ° ° ' ° °]: ▶ <u>1 5 1 1 2 5 8 5</u> ▲ <u>4 5 2 6 5 2 8 5</u> Kota vhoda: <u>369</u> po: <u>Lidar</u> Dolž. poligona: <u>80,7 m</u> Dolžina rovov: <u>80,7 m</u> Horizont. dolž.: <u>40,6 m</u> Višinska razlika: <u>44,0 m</u> Dimenzije vhoda: <u>0,9 x 0,5</u> Vhodno brezno: <u>(7 m)</u> Notranja brezna: <u>30 m, 7 m</u> Sifoni: <u>/</u>
--	--

Slika 13: Primer uvodne strani A – zapisnika ob registraciji jame (fotografija: Jure Tičar, 7. 7. 2019).

Podatkovna baza Katastra jam (2018), ki jo vzdržuje Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU na temelju podatkov Katastra jam Jamarske zveze Slovenije in Katastra jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU, je sestavljena iz različnih vrst podatkov, ki so bili osnovni vir za našo raziskavo.

V nadaljevanju podajamo podrobnejše informacije o kategoriji stanje jame, o preostalih vrstah podatkov so podrobnejše informacije zbrane v prilogi 1: Opis arhivskega gradiva Katastra jam.

Stanje jame: opredeljuje, ali je jama onesnažena, zaklenjena, nedostopna ali uničena. Stanje jame je opredeljeno v zapisniku – A, kjer je na voljo rubrika »Onesnaženost in drugi človekovi vplivi«, od leta 2011 dalje pa je stanje jame podrobneje opredeljeno tudi

v zapisniku – H (slika 14). Avtorji zapisnikov lahko znotraj slednjega jamo uvrstijo v kategorije: čista, poškodovana, onesnažena, uničena ali očiščena. Pri tem čista jama ni onesnažena ali poškodovana, sem pa se uvrščajo tudi jame z manjšo količino odpadkov ali ostanki jamarskih raziskav. Poškodovane jame imajo polomljene kapnike, prekopane sedimente, grafite, onesnažene jame imajo odpadke ali sledi onesnažene vode, uničene pa so tiste jame, ki so do vrha zasute z odpadki, minirane, zalite z betonom. Med očiščene jame uvrščamo tiste, kjer je potekala čistilna akcija (Jamarska zveza Slovenije 2014). Vpisi podatkov v Kataster jam so zelo nedosledni, kar predvsem velja za zapisnike iz preteklosti, zaradi česar je baza podatkov nepopolna. Jam z opredeljenimi zapisi o stanju jame je 760 oziroma 6,0 %, brez zapisa jih je kar 11.828 oziroma 94,0 %. Zapisov o čistih jamah ni. Glede na metodologijo, uporabljeno v raziskavi, lahko med onesnažene jame uvrstimo zgolj 657 jam, zabeleženih v Katastru jam (Kataster jam 2018).

Katastrska številka:	2712		Številka zapisnika:	
☐ Jama še ni registrirana			Datum ekakurzije:	30. 12. 2019
(Potrebna obkroženost: Lepi Kataster)			Datum zapisnika:	30. 12. 2019

Zapisnik o stanju jame

IME JAME: *Pipenca*

Organizacija: Jamarski klub Brežice Zapisnikar: Jure Tičar

Udeleženci: Leopold Bregar (JK Krka), Matja Gašperšič (JK Novo mesto), Tomaž Žekar (JK Novo mesto)

Jama je: ☐ čista ☐ poškodovana ☒ onesnažena ☐ uničena ☐ očiščena

Kateri del jame je onesnažen/poškodovan:
Dno brezna.

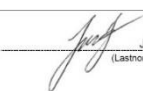
Kaj v jami je onesnaženo/poškodovano:
Gruščno dno oziroma nasipni stožec na dnu brezna.

Popis odpadkov:
Večji kos železa, nekaj kovinskih odpadkov (konzerve ipd.), drobni plastični odpadki, gumijasti koščki, živalske kosti

Posebne najdbe:
/

Ocenjena količina odpadkov:
2-3 transportni vreči

Druge opazanja:
Brezno je bilo v preteklosti prizorišče poveljnih pobojev, kasneje pa je bila v breznu izvedena ekshumacija. Na dnu brezna se navkljub izvedenim delom v preteklosti še nahaja nekaj odpadkov, ki bi jih bilo potrebno odstraniti.


 Jure Tičar
 (Lastnoročni podpis)

Slika 14: Primer izpolnjenega zapisnika o stanju jam (zapisnik – H) za brezno Pipenca (fotografija: Jure Tičar, 30. 12. 2019).

3.2 Metodologija za obdelavo arhivskih podatkov o onesnaženosti kraških jam

Predhodno poznavanje delovanja Katastra jam ter uporaba podatkov v raziskavah na poskusnih območjih (Ribeiro in Tičar 2017; Tičar in Ribeiro 2018) je pokazala, da lahko številne dodatne informacije dobimo s pregledom izvornih zapisnikov v Katastru jam Jamarske zveze Slovenije. Zato smo v naši raziskavi vzpostavili novo metodologijo vrednotenja obstoječih zapisnikov Katastra jam Jamarske zveze Slovenije in Katastra jam Inštituta za raziskovanje krasi ZRC SAZU. Naša metodologija prinaša nove opredelitve onesnaženosti jam ter uvaja logične povezave med posameznimi kategorijami, ki opredeljujejo onesnaženost jam. Arhivske podatke smo razvrstili v sedem kategorij prve ravni, in sicer: 1) stanje jame, 2) poškodovanost jame, 3) onesnaženost jame, 4) sestava odpadkov, 5) raba jame, 6) oblikovanost vhoda in 7) vir podatkov. Nadalje smo za vsako jamo opredelili kar 60 podkategorij podatkov tretje ravni, kar predstavljamo v nadaljevanju (preglednica 2).

1. raven	2. raven	3. raven
stanje jame	stanje jame	čista
		onesnažena
poškodovanost jame	poškodovanost jame	uničena
		ni podatka
	fizična poškodba jame	poškodovana
		nepoškodovana
		zasut vhod
onesnaženost jame	poškodba sedimentov	umetno razširjen rov
		poškodba kapnikov
	napisi v jami	sajaste stene
		odstranitev sedimentov
	količina odpadkov (m ³)	premik sedimentov
		napisi na kapnikih
sestava odpadkov	stopnja onesnaženosti	napisi na stenah
		malo onesnažena (0,1–0,9 m ³)
	globina odpadkov (m)	srednje onesnažena (1,0–4,9 m ³)
		močno onesnažena (nad 5,0 m ³)
	datum ugotovljenega onesnaženja	čistilna akcija
		očiščena
sestava odpadkov	datum čistilne akcije	opisna sestava odpadkov
		klasifikacija odpadkov
sestava odpadkov	klasifikacija odpadkov	primarni – nenevarni
		primarni – nevarni
		komunalni – nenevarni

		komunalni – nevarni industrijski – nenevarni industrijski – nevarni gradbeni – nenevarni gradbeni – nevarni odpadki iz zdravstva in veterine – nenevarni odpadki iz zdravstva in veterine – nevarni drugi odpadki – nenevarni drugi odpadki – nevarni
	posebne kategorije odpadkov	nevarni odpadki neeksplozirana ubojna sredstva dotok onesnažene vode plastični odpadki živalski odpadki človeški ostanki
raba jame	velik vpliv	odlagališče odpadkov množično grobišče pridobivanje surovin vojaško zaklonišče turistična raba
	zmeren vpliv	kmetijska raba skladiščna raba verska raba kulturna raba
	majhen vpliv	zatočišče vodni vir znanstvenoraziskovalna raba
	ustno izročilo	
	arheološko najdišče	
oblikovanost vhoda	tip vhoda	vodoraven navpičen ni opredeljen
	širina vhoda (m)	
	dolžina vhoda (m)	
	velikost vhoda (m ²)	
vir podatkov	Kataster jam Jamarske zveze Slovenije	
	Kataster jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU	
	datum informacije	

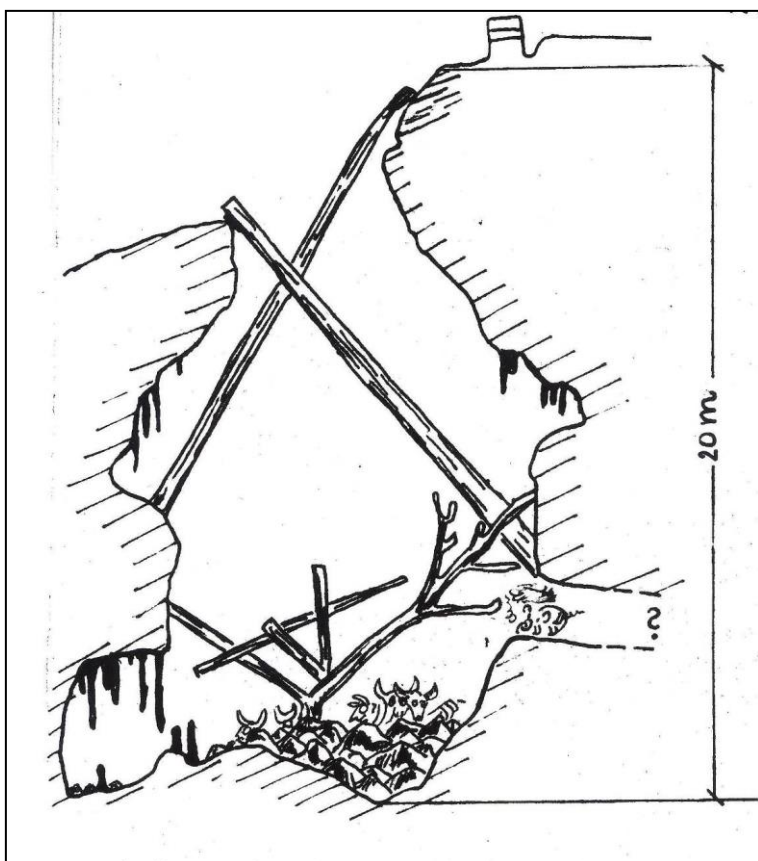
Preglednica 2: Kategorije pridobljenih podatkov iz Katastra jam (2018).

- 1) **Stanje jame:** v raziskavi je onesnaženost jam opredeljena kot vsaka namerna sprememba naravnega stanja kraške jame zaradi vnosa trdnih ali tekočih snovi, ki lahko vplivajo na kakovost vode ali podzemno življenjsko okolje. Jame smo na temelju te opredelitve razdelili v štiri kategorije:

- a. **Čista jama:** opredeljuje jamo, v kateri ni nikakršnih (niti najmanjših) odpadkov ali dotoka onesnažene vode. Takšno je izhodiščno stanje vsake jame, v primeru dokaznega gradiva pa je bila opredeljena drugačna kategorija stanja jame.
- b. **Onesnažena jama:** opredeljuje jamo, v kateri so kakršni koli (tudi najmanjši) odpadki oziroma dotok onesnažene vode, ki so posledica človekove dejavnosti. Med odpadke prištevamo vse vrste gradiva, tudi organske odpadke v obliki vej ali hlodov, ki so bili namerno odvrženi v jamo in vplivajo na podzemno življenjsko okolje (slika 15). Če je v jamo padla divja žival, jama ni bila opredeljena kot onesnažena. Med odpadke ne prištevamo kamenje, ki je bilo v jamo odvrženo med trebljenjem površja, razen če je bil s kamenjem in prstjo popolnoma zaprt vhod v jamo in je tako onemogočil selitev živali, ki bivajo v podzemlju (na primer netopirjev). Podobno, a v nasprotju s preteklimi opredelitvami (Jamarska zveza Slovenije 2014), v kategorijo onesnaženih jam uvrščamo zasute jame, saj so bile povečini zapolnjene z nedoločljivim gradivom, med katerim so pogosti odpadki. Med onesnažene jame prištevamo tudi turistične jame, kjer so bile zaradi dostopa obiskovalcev v jami zgrajene betonske poti, nameščene ograje, električna napeljava in razsvetljava. Podobno med onesnažene uvrščamo jame, v katerih so bili v preteklosti zgrajeni vodovodni sistemi. Med onesnažene jame ne uvrščamo jam, ki vsebujejo gradiva, povezana z običajnim jamarskim raziskovanjem (na primer zatezna sidra, ekspanzijska sidra, klini, kovinske stope in vrvi). Če je za jamarskimi raziskavami v jami ostalo odvečno gradivo, ki bi moralo biti izneseno iz jame (na primer bivaki, konzerve s hrano, odvečne vrvi, neuporabna oprema in karbidno apno), smo jamo označili kot onesnaženo. Če v jamo doteka onesnažena voda skozi razpoke v kamnini ali tudi skozi ponore, smo jamo uvrstili med onesnažene.
- c. **Uničena jama:** opredeljuje jamo, ki je bila zaradi posegov fizično odstranjena iz prostora in jo je nemogoče povrniti v naravno stanje. Primere uničenih jam najdemo v kamnolomih zaradi njihovega širjenja ali ob trasi infrastrukture (na primer avtocest), kjer so jamo odstranili zaradi gradnje. Med uničene jame, v nasprotju s preteklimi opredelitvami (Jamarska zveza Slovenije 2014), sicer ne prištevamo jam, ki so bile

zasute z gradivom ali odpadki (tudi na primer pri gradnji infrastrukture), saj je (teoretično) mogoče gradivo odstraniti in jami povrniti naravno stanje. Slednje z uporabo nove metodologije vedno uvrstimo med onesnažene jame.

- d. **Ni podatka:** opredeljuje jamo, ki ji na temelju pregleda arhivskega gradiva oziroma vseh razpoložljivih podatkov ni bilo mogoče določiti stanja. V večji meri je tovrstna kategorija stanja jame povezana z nepopolno dokumentacijo v Katastru jam.



Slika 15: Načrt onesnažene jame pod cesto, kjer je jasno predstavljena njena onesnaženost (vir podatkov: Kataster jam 2018).

2) Poškodovanost jame:

- a. **Poškodovanost jame:** opredeljuje jamo, v kateri so bile popisane kakršne koli vrste poškodb. Kategorija poškodovanost jame sicer neposredno ne opredeljuje onesnaženosti jame, vendar kaže na neprimeren odnos prebivalstva do naravne vrednote državnega pomena, njeno intenzivno izrabo in razvrednotenje kraške jame, v kateri v nadaljevanju lahko pričakujemo onesnaženje. Zato je pri spremljanju stanja jam oziroma

onesnaženosti jam podatek o poškodovanosti jame pomemben za nadaljnjo obravnavo. Poškodbe so glede na vrsto razporejene od tistih, ki jih je najtežje sanirati, do tistih, ki jih je najlažje sanirati. Jamo se v nadaljevanju opredeli kot:

- i. Poškodovana,
 - ii. Nepoškodovana.
- b. **Fizična poškodba jame:** opredeljuje jamo, v kateri so bile popisane poškodbe, ki so fizično poškodovale jamo. Jamo se v nadaljevanju opredeli kot:
- i. **Zasut vhod:** vhod v jamo je nedostopen zaradi človekovega posega. Pogosto so zasuti vhodi jam, ki so blizu naselij ali infrastrukturnih objektov, do zasutja pa pride tudi ob gradnji objektov.
 - ii. **Umetno razširjen rov:** vhod ali rov v jami je umetno razširjen. Sem uvrščamo jame, ki so bile spremenjene v turistične in vojaške namene (kaverne), za pridobivanje surovin (kopanje rude) ipd. Sem uvrščamo tudi jame, kjer je bilo zaradi jamarskih raziskav izvedeno čezmerno širjenje ožin.
 - iii. **Poškodba kapnikov:** kapniki so polomljeni ali odneseni iz jame. V preteklosti so v nekaterih jamah domačini organizirano lomili kapnike za prodajo (na primer v jami Bisernica, kat. št. 2350). Polomljeni kapniki se lahko pojavljajo tudi v jamah, ki so bile pretirano obiskane ali uporabljene za raznovrstne namene. Poškodbe kapnikov so najpogostejše v lahko dostopnih vodoravnih jamah (slika 16).
 - iv. **Sajaste stene:** v jami so zaradi uporabe odprtega ognja stene črne od saj. Najpogostejše gre za jame, v katerih so se ljudje zbirali in kurili ali pa v njih opravljali kakšno dejavnost. Sicer je tovrstnih poškodb v jamah veliko tudi zaradi jamarskih raziskav, saj so v preteklosti jamarji za razsvetljavo uporabljali acetilenske svetilke (karbidovke), vendar take poškodbe večinoma niso omenjene v zapisnikih.



Slika 16: Primer poškodbe kapnikov v Dolgi jami pri Koblarjih (kat. št. 94) oziroma Koblarski jami ob vznožju Male Gore na Kočevskem, iz katere so za preprodajo iznesli veliko kapnikov ter jih poškodovali s sekirami in žagami (fotografija: Leopold Bregar, 30. 5. 2020).

- c. **Poškodba sedimentov:** opredeljuje jamo, v kateri so bili odstranjeni ali premaknjeni sedimenti. Jamo se v nadaljevanju opredeli kot:
 - i. **Odstranitev sedimentov:** sedimenti so bili iz jame fizično odstranjeni. Pogosto gre za jame, kjer so kopali rudo in led ali pa so jamo preuredili v vojaške namene (kaverne). Odstranitev sedimentov je lahko povezana tudi z arheološkimi raziskavami, ki so bile pogoste v spodmolih in lažje dostopnih jamah.
 - ii. **Premik sedimentov:** sedimenti so bili v jami premaknjeni s prvotnega položaja. Gre za jame, v katerih so opravljali raziskave, širili vhode ipd. Sem uvrščamo tudi turistične jame, saj so za vzpostavitev turističnih poti premikali sedimente. Premik sedimentov je lahko povezan tudi z arheološkimi raziskavami.
- d. **Napisi v jami:** opredeljuje jamo, v kateri se pojavljajo napisi, bodisi na stenah bodisi na kapnikih (slika 17). V preteklosti so obiskovalci in raziskovalci pogosto obeleževali svoj obisk jame s podpisi. Ponekod so v namene lažje orientacije v jamah narisali tudi oznake. Danes so tovrstni

napisi v jamah, glede na Zakon o varstvu podzemnih jam (2004), prepovedani in se označujejo kot vandalizem. Jamo se v nadaljevanju opredeli kot:

- i. **Napisi na kapnikih:** napisi se pojavljajo na kateri koli sigasti tvorbi v jami.
- ii. **Napisi na stenah:** napisi se pojavljajo na stenah, stropu ali tleh jame.



Slika 17: Primer večje poškodbe jame z napisi na kapnikih in stenah Vranje jame (kat. št. 88) nad Planinskim poljem (fotografija: Jure Tičar, 27. 4. 2020).

3) **Onesnaženost jame:** opredeljuje osnovne podatke o onesnaženosti oziroma stopnji onesnaženosti jam.

- a. Količina odpadkov: opredeljuje količino odpadkov v jami, podano v kubičnih metrih (m^3), na eno decimalno mesto natančno. Podatki o količini odpadkov so pridobljeni iz zapisnikov o stanju jam (zapisniki – H ter deloma zapisniki – A in zapisniki – B), kjer so navedene ocenjene vrednosti na terenu ali pa so podatki o količini odpadkov ocenjeni na temelju prostornine jame oziroma primerjave načrtov jam (zapisniki – E)

ter fotografij (zapisniki – F). Najnižja vrednost količine odpadkov je $0,1 \text{ m}^3$, ne glede na to, da je dejanska količina lahko manjša (na primer nekaj plastenk).

- b. **Stopnja onesnaženosti:** je opredeljena na temelju količine odpadkov v povezavi z zahtevnostjo obsega sanacije. Vrednost je podana v kubičnih metrih (m^3), na eno decimalno mesto natančno. Podobna opredelitev je že bila uporabljena v sorodnih raziskavah (Ribeiro in Tičar 2017; Tičar in Ribeiro 2018). Jamo se v nadaljevanju opredeli kot:
 - i. Malo onesnažena: v jami je med $0,1 \text{ m}^3$ in $0,9 \text{ m}^3$ odpadkov;
 - ii. Srednje onesnažena: v jami je med $1,0 \text{ m}^3$ in $4,9 \text{ m}^3$ odpadkov;
 - iii. Močno onesnažena: v jami je več kot $5,0 \text{ m}^3$ odpadkov.
- c. **Globina odpadkov:** opredeljuje najgloblje mesto odpadkov v jami. Najpogosteje je podatek o globini odpadkov vezan na globino vhodnega brezna. V vodoravnih jamah je globina prav tako vezana na globino jame in ne na oddaljenost od vhoda. Vrednosti globine odpadkov so zaokrožene na 1 m natančno. Če je vhod v brezno zasut, so vrednosti globine odpadkov enake globini brezna, saj so lahko odpadki razporejeni po celotnem breznu, če ni iz načrta razvidno drugače. Najmanjša vrednost je enaka 1 m.
- d. **Datum ugotovljenega onesnaženja:** opredeljuje datum prvega opisa onesnaženja v zapisnikih. Pogosto je datum vezan na datume obiskov ob registraciji jame in ne na dejanski datum onesnaženja, ki je v večini primerov neznan. Če je onesnaženje časovno boljše opredeljeno oziroma povezano z zgodovinskimi dogodki (na primer obdobje 1. svetovne vojne), je datum prvega onesnaženja vezan na to. V nadaljevanju smo na temelju podatkov o datumu obiska in datumu ugotovljenega onesnaženja izračunali obdobje med odkritjem jame in onesnaženjem jame, na temelju datuma onesnaženja in datuma zadnjega vnosa v bazo Katastra jam (tj. 28. 1. 2018) pa obdobje med onesnaženostjo in sedanostjo.
- e. **Čistilna akcija:** opredeljuje, ali je bila v posamezni jami že izvedena čistilna akcija, ne glede na današnje stanje jame. V primeru manjših onesnaženj (nekaj odpadkov) se čistilna akcija pogosto izvede že ob

raziskavah brezna, organizirane čistilne akcije v primeru velike količine odpadkov pa so redkejšje. Jama se v nadaljevanju opredeli kot:

i. Očiščena.

- f. **Datum čistilne akcije:** opredeljuje datum, ko je bila v jami izvedena čistilna akcija. Če je bila čistilna akcija izvedena ob raziskavah brezna, je datum čistilne akcije enak datumu obiska. Podatek o datumu čistilne akcije omogoča spremljanje, ali so bili ob nadaljnjih obiskih v jami popisani odpadki in je jama dejavno odlagališče odpadkov. V nadaljevanju je bilo na temelju podatkov o datumu ugotovljenega onesnaženja in datumu čistilne akcije izračunano obdobje med onesnaženjem jame in čiščenjem jame, na temelju datuma čistilne akcije in datuma zadnjega vnosa v bazo Katastra jam (tj. 28. 1. 2018) pa obdobje med čistilno akcijo in sedanostjo.

- 4) **Sestava odpadkov:** opredeljeni so osnovni podatki o sestavi odpadkov v jamah, in sicer zgolj z vidika vrste odpadnih gradiv, ne pa tudi deleža posameznih kategorij gradiv. V zapisnikih so odpadki praviloma pomanjkljivo opredeljeni in pogosto navedeni zgolj kot na primer: »važsko smetišče«.

- a. **Opisna sestava odpadkov:** opredeljuje opis podatkov kot je bil podan v zapisnikih v Katastru jam. Popis obsega zgolj najbolj značilne vrste odpadkov. V primeru večjih odlagališč odpadkov je pogosto podan zgolj zapis »važsko smetišče«, kjer je sestavo odpadkov zelo težko opredeliti, zaradi česar so v tej kategoriji navedeni kot »raznovrstni odpadki«.
- b. **Klasifikacija odpadkov:** opredeljuje sestavo odpadkov na temelju Uredbe o odpadkih (2015b), ki temelji na Direktivi Evropskega parlamenta in Sveta o odpadkih in razveljavitvi nekaterih direktiv (2008a) ter Odločbi Komisije o seznamu odpadkov (2014). Ker opredeljena sestava odpadkov predvideva 20 različnih vrst odpadkov, smo v nadaljevanju prevzeli poenostavljeno tipologijo, uporabljeno v sorodnih raziskavah (Smrekar 2007, 48), ki predvideva opredelitev šestih glavnih tipov odpadkov z dvema podtipoma. Glavni tipi odpadkov so:
- i. primarni odpadki:

- (1¹) odpadki iz iskanja, rudarjenja, dejavnosti kamnolomov, fizikalne in kemične obdelave mineralnih surovin;
- (2) odpadki iz kmetijstva, vrtnarstva, ribogojstva, gozdarstva, lova in ribištva ter priprave in predelave hrane;
- ii. komunalni odpadki:
 - (20) komunalni odpadki (odpadki iz gospodinjstev in podobni odpadki iz trgovine, industrije in ustanov), vključno z ločeno zbranimi frakcijami;
- iii. industrijski odpadki:
 - (3) odpadki iz predelave lesa ter proizvodnje plošč in pohištva, vlaknin, papirja ter kartona in lepenke;
 - (4) odpadki iz industrije usnja, krzna in tekstila;
 - (5) odpadki iz predelave nafte, čiščenja zemeljskega plina in pirolize premoga;
 - (6) odpadki iz anorganskih kemijskih procesov;
 - (7) odpadki iz organskih kemijskih procesov;
 - (8) odpadki iz proizvodnje, priprave, dobave in uporabe sredstev za površinsko zaščito (barve, laki in emajli), lepil, tesnilnih mas in tiskarskih barv;
 - (9) odpadki iz fotografske industrije;
 - (10) odpadki iz termičnih postopkov;
 - (11) odpadki iz kemične površinske obdelave in površinske zaščite kovin in drugih materialov; hidrometalurgija barvnih kovin;
 - (12) odpadki iz oblikovanja ter fizikalne in mehanske površinske obdelave kovin in plastike;
 - (13) odpadki olj in odpadki tekočih goriv (razen jedilnih olj, 05 in 12);
 - (14) odpadna organska topila, hladilna sredstva in potisni plini (razen 07 in 08);

¹ Številka označuje tip odpadkov glede na Uredbo o odpadkih (2015b), ki temelji na Direktivi Evropskega parlamenta in Sveta o odpadkih in razveljavitvi nekaterih direktiv (2008a) ter Odločbi Komisije o seznamu odpadkov (2014).

- (15) odpadna embalaža; absorbenti, čistilne krpe, filtrirna sredstva in zaščitna oblačila, ki niso navedeni drugje;
- iv. gradbeni odpadki:
 - (17) gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov (vključno z zemeljskimi izkopi z onesnaženih območij);
- v. odpadki iz zdravstva in veterine:
 - (18) odpadki iz zdravstva ali veterinarstva in/ali z njima povezanih raziskav (razen odpadkov iz kuhinj in restavracij, ki ne izvirajo iz neposredne zdravstvene ali veterinarske oskrbe);
- vi. drugi odpadki:
 - (16) odpadki, ki niso navedeni drugje na seznamu;
 - (19) odpadki iz naprav za ravnanje z odpadki, čistilnih naprav zunaj kraja nastanka ter iz priprave pitne vode in vode za industrijsko rabo.

Posamezni tip odpadkov je v nadaljevanju razvrščen na podtip »nenevarni« oziroma »nevarni« tip odpadkov. V onesnaženih jamah se v nadaljevanju opredeli naslednja vrsta odpadkov:

- i. **Primarni – nenevarni odpadki:** onesnažena jama vsebuje odpadke kot so: mrhovina, živalski iztrebki, kosti, veje, hlodi, pepel, prst, pesek, prod, jalovina ipd. V primeru večjega odlagališča odpadkov v jami, katerih sestava ni opredeljena, smo poleg te kategorije označili še kategorijo komunalni – nenevarni odpadki.
- ii. **Primarni – nevarni odpadki:** onesnažena jama vsebuje odpadke kot so škropiva in gnojila ipd., ki vsebujejo nevarne snovi.
- iii. **Komunalni – nenevarni odpadki:** onesnažena jama vsebuje odpadke kot so: organski odpadki iz gospodinjstev, kosovni odpadki, drobne kovine, kovine, steklo, tekstil, drobna plastika, papir, karton, greznični mulji. V primeru večjega odlagališča odpadkov, katerih sestava ni opredeljena, smo poleg te kategorije označili še kategorijo primarni – nenevarni odpadki.
- iv. **Komunalni – nevarni odpadki:** onesnažena jama vsebuje odpadke kot so: topila, kisline, alkalije, pesticidi, fluorescentne

cevi, čistila z nevarnimi snovmi, baterije, električno in elektronsko opremo.

- v. **Industrijski – nenevarni odpadki:** onesnažena jama vsebuje odpadke kot so: lesni odpadki in leseni izdelki, lestve, tekstilni odpadki iz industrije, železo.
- vi. **Industrijski – nevarni odpadki:** onesnažena jama vsebuje odpadke kot so: odpadna olja, barve in laki, topila, kisline, baze, lugi, žlindra, elektrofilitrski pepel.
- vii. **Gradbeni – nenevarni odpadki:** onesnažena jama vsebuje odpadke kot so: asfalt, beton, opeka, ploščice, kamenje, barvne kovine, kabli, mavčne plošče, ruševine, gradbeni les.
- viii. **Gradbeni – nevarni odpadki:** onesnažena jama vsebuje odpadke kot so: azbestne plošče, bitumenske mešanice, katran.
- ix. **Odpadki iz zdravstva in veterine – nenevarni odpadki:** onesnažena jama vsebuje odpadke kot so: zdravila, igle, plenice, oblačila za enkratno uporabo, mavčni povoji.
- x. **Odpadki iz zdravstva in veterine – nevarni odpadki:** onesnažena jama vsebuje odpadke kot so: kemikalije, citotoksična zdravila.
- xi. **Drugi – nenevarni odpadki:** onesnažena jama vsebuje odpadke kot so pnevmatike.
- xii. **Drugi – nevarni odpadki:** onesnažena jama vsebuje odpadke kot so: avtomobili, motorji, eksplozivne sestavine, akumulatorji, odpadki iz čistilnih naprav, izcedne vode iz odlagališč

b. **Posebne kategorije odpadkov:** opredeljujejo posebne kategorije odpadkov, ki predstavljajo bodisi izjemno obremenitev podzemnega okolja bodisi zahtevajo posebno ravnanje pri sanaciji nelegalnih odlagališč odpadkov v kraških jamah. V onesnaženih jamah se v nadaljevanju opredeli naslednja vrsta posebnih kategorij odpadkov:

- i. **Nevarni odpadki:** sem smo uvrstili vse jame, ki so bile predhodno kategorizirane med jame z nevarnimi odpadki znotraj šestih glavnih kategorij odpadkov.

- ii. **Neeksplodirana ubojna sredstva:** sem smo uvrstili vse jame, v katerih je bilo odkrito vojaško orožje v obliki eksplozivnih sredstev. Neeksplodirana ubojna sredstva ob razpadanju lahko v okolje izpustijo izjemno nevarne snovi kot so težke kovine. Obenem močno otežujejo sanacijo nelegalnih odlagališč odpadkov v kraških jamah, zaradi česar z njimi ravna le Državna enota za varstvo pred neeksplodiranimi ubojnimi sredstvi, ki deluje v okviru Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje (slika 18) (Mihalič 2019).



Slika 18: Neeksplodirana ubojna sredstva v Golobji jami (kat. št. 1880) na Krasu pred iznosom Državne enote za varstvo pred neeksplodiranimi ubojnimi sredstvi (fotografija: Jure Tičar, 14. 7. 2020).

- iii. **Dotok onesnažene vode:** sem smo uvrstili vse onesnažene jame, v katerih je bil zaznan dotok onesnažene vode bodisi skozi razpoke v kamnini bodisi skozi ponore.
- iv. **Plastični odpadki:** sem smo uvrstili vse onesnažene jame, v katerih so bili zabeleženi kakršni koli plastični odpadki. V večji

meri so v tej kategoriji jame, ki vsebujejo komunalne – nenevarne odpadke. Tovrstna nelegalna odlagališča odpadkov v jamah so lahko neposredni vir mikroplastike v podzemlju (Valentić 2018, 12; Panno in sodelavci 2019, 195).

v. **Živalski odpadki:** sem smo uvrstili vse onesnažene jame, v katerih so bili zabeleženi kakršni koli živalski odpadki, ki so bili namerno odvrženi v jamo, bodisi domačih bodisi divjih živali. V večji meri so v tej kategoriji jame, ki vsebujejo primarne – nenevarne odpadke. Tovrstni živalski odpadki (mrhovina, kadavri) predstavljajo veliko nevarnost za pitno vodo in podzemno življenjsko okolje, saj je pogin živali lahko povezan z boleznimi (Prelovšek 2011, 102).

vi. **Človeški ostanki:** sem smo uvrstili vse onesnažene jame, v katerih so bili zabeleženi kakršni koli človeški ostanki. Med 2. svetovno vojno in tik po njej so kraške jame v Sloveniji služile kot prostor množičnih grobišč. V preteklosti so že pripravili popis vsaj 86 kraških jam, v katerih so množična grobišča, vendar seznam ni bil nikoli dokončen, zaradi česar lahko ob pregledu arhiva Katastra jam prispevamo nove podatke. Odkrivanje in sanacija tovrstnih množičnih grobišč je v pristojnosti Komisije Vlade Republike Slovenije za reševanje vprašanj prikritih grobišč (Mihevc 1995; 2017).

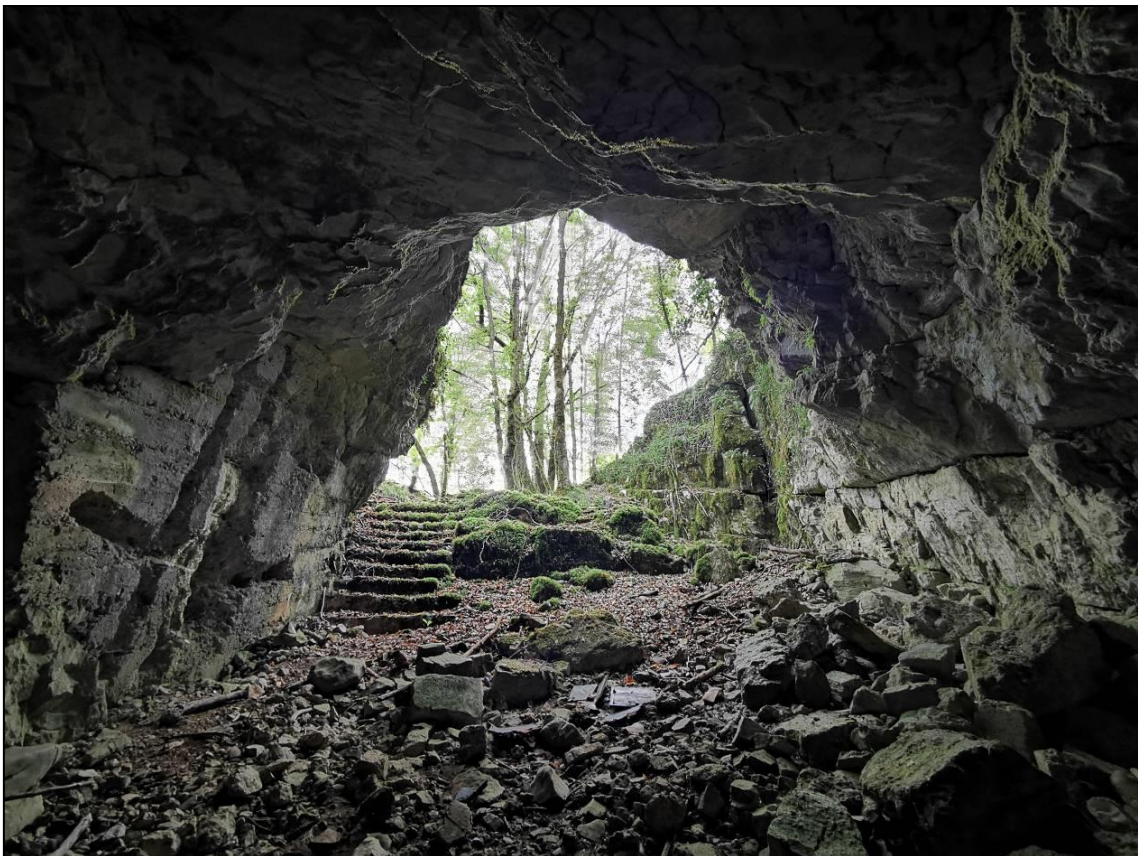
5) **Raba jame:** opredeljeni so osnovni podatki o popisani rabi jam. Pri tem je bila izvedena kategorizacija rabe jam v tri kategorije glede na stopnjo možnega vpliva na jamsko okolje. Jama se lahko uvrsti v več kategorij in podkategorij oziroma se ob neopredeljeni rabi ne uvrsti v nobeno izmed kategorij in podkategorij. Jamo smo v nadaljevanju opredelili kot jamo z rabo, ki ima:

a. **Velik vpliv:** sem smo uvrstili vse rabe jam, ki imajo možen zelo velik vpliv na jamsko okolje. V nadaljevanju smo opredelili naslednje vrste rabe jam:

i. Odlagališče odpadkov: sem smo uvrstili vse onesnažene jame ter jame, ki so že bile očiščene, saj so bile uporabljene kot nelegalno odlagališče odpadkov.

- ii. Množično grobišče: sem smo uvrstili vse onesnažene jame in očiščene jame, ki so bile uporabljene kot množično grobišče oziroma so bili v njih odkriti človeški ostanki.
 - iii. Pridobivanje surovin: sem smo uvrstili vse poškodovane jame, ki so bile uporabljene za pridobivanje rude in ledu ali v kamnolomih ipd. Sem smo uvrstili tudi jame, v katerih so lomili in odnašali kapnike.
 - iv. Vojaško zaklonišče: sem smo uvrstili vse jame, ki so bile uporabljene v vojaške namene, bodisi kot zatočišča vojakom, kaverne, bodisi kot vojaške bolnišnice (slika 19), skladišča orožja.
 - v. Turistična raba: sem smo uvrstili vse jame, v katerih se je odvijala ali se odvija organizirana turistična dejavnost.
- b. **Zmeren vpliv:** sem smo uvrstili vse rabe jam, ki imajo možen znaten, a zmernejši vpliv na jamsko okolje. V nadaljevanju smo razvrstili naslednje vrste rabe jam:
- i. Kmetijska raba: sem smo uvrstili vse jame, ki so bile uporabljene v namene ograd in staj za drobnico.
 - ii. Skladiščna raba: sem smo uvrstili vse jame, ki so služile skladiščenju. Pogosto so bile jame uporabljene kot garaže, lope. Če je bilo v jami vojaško skladišče, se jamo uvrsti tudi v kategorijo »vojaško zaklonišče«, ki ima velik vpliv.
 - iii. Verska raba: sem smo uvrstili vse jame, ki so oziroma so bile namenjene češčenju in verskim obredom.
 - iv. Kulturna raba: sem smo uvrstili vse jame, v katerih se odvija oziroma se je odvijalo organizirano druženje (na primer zbori vaščanov in prireditve) ali kulturne dejavnosti.
- c. **Majhen vpliv:** sem smo uvrstili vse rabe jam, ki imajo možen majhen vpliv na jamsko okolje. V nadaljevanju smo razvrstili naslednje vrste rabe jam:
- i. Zatočišče: sem smo uvrstili vse jame, ki jih je krajevno prebivalstvo uporabilo za zatočišče ob slabih vremenskih razmerah kot pastirji na pašnikih ali kot zatočišče med vojno.

- ii. Vodni vir: sem smo uvrstili vse vodne jame ali izvire v njihovi neposredni bližini, ki so oziroma so bili pomembni za vodno oskrbo krajevnega prebivalstva.
- iii. Znanstvenoraziskovalna raba: sem smo uvrstili vse jame, ki so pomembne z vidika znanstvenih raziskav kot so na primer arheološka najdišča, pomembno življenjsko okolje živalskih vrst in geomorfološko pomembne jame.
- d. **Ustno izročilo:** v to kategorijo smo uvrstili jame, o katerih so med krajevnim prebivalstvom poznane zanimive zgodbe in ustna izročila, kar priča, da so bile jame dobro poznane.
- e. **Arheološko najdišče:** v to kategorijo smo uvrstili jame, ki so pomembne kot arheološka najdišča in ki niso bila že predhodno zavedena v bazi Katastra jam.



Slika 19: Valska jama (kat. št. 946) v Brestoviškem dolu na Krasu je bila v 1. svetovni vojni preurejena v vojaško bolnišnico, ki je v zaledju fronte oskrbovala do 1000 vojakov (fotografija: Jure Tičar, 6. 10. 2019).

- 6) **Oblikovanost vhoda:** navedeni so osnovni podatki o oblikovanosti jamskega vhoda. Odlaganje odpadkov v jamah je namreč lahko močno povezano z oblikovanostjo in velikostjo vhoda v jamo, obenem pa so tovrstni podatki ključni za izvedbo uspešne sanacije nelegalnih odlagališč odpadkov v jamah. V primeru, da ima jama več vhodov, smo upoštevali lastnosti največjega oziroma glavnega vhoda v jamo. Jame smo razvrstili glede na:
- a. **Tip vhoda:**
 - i. Vodoraven: sem smo uvrstili jame, katerih vhodni del je vodoraven oziroma je kot manjši od 30° , zaradi česar so pobočja stabilna (Chandler 1973).
 - ii. Navpičen: sem smo uvrstili jame, katerih vhodni del je navpičen oziroma je kot večji od 30° , zaradi česar so pobočja nestabilna (Chandler 1973).
 - iii. Ni opredeljen: sem smo uvrstili jame, za katere iz zapisnikov v Katastru jam ni mogoče opredeliti tipa vhoda.
 - b. **Širina vhoda:** je podana v metrih (m), na eno decimalno mesto natančno. Podatek pridobimo na temelju zapisa v zapisniku – A (podan na prvem mestu) ali izračunamo na temelju načrta jame (zapisnik – E) in merila.
 - c. **Dolžina vhoda:** je podana v metrih (m), na eno decimalno mesto natančno. Podatek pridobimo na temelju zapisa v zapisniku – A (podan na drugem mestu) ali izračunamo na temelju načrta jame (zapisnik – E) in merila.
 - d. **Velikost vhoda:** je podana v kvadratnih metrih (m^2), na eno decimalno mesto natančno. Podatek o velikosti vhoda (S) pridobimo na temelju podatkov polmera širine vhoda (a) in polmera dolžine vhoda (b) ter izračunane ploščine elipse po enačbi: $S = a * b * \pi$
- 7) **Vir podatkov:** opredeljeni so osnovni podatki o viru uporabljenih podatkov. Jami se v nadaljevanju pripiše vir podatka, ki je bil pridobljen:
- a. **Kataster jam Jamarske zveze Slovenije:** sem smo uvrstili jame, katerih podatki so bili uporabljeni iz Katastra jam Jamarske zveze Slovenije, ki je bil primarni vir arhivskega gradiva.

- b. **Kataster jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU:** sem smo uvrstili jame, katerih podatki so bili uporabljeni iz Katastra jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU, ki je bil primarni vir arhivskega gradiva (preglednica 3).
- c. **Datum informacije:** opredeljuje datum, ko je bila v zapisnikih Katastra jam podana zadnja informacija, ki se nanaša na stanje jame. Starejši kot so podatki o stanju jame, bolj so nezanesljivi. V tem primeru lahko upravičeno pričakujemo, da je stanje jame slabše kot je bilo navedeno v preteklosti, saj jamarji maloštevilne čistilne akcije praviloma vedno navedejo v zapisnikih. Obenem daljši čas od zadnje informacije opredeljuje nujnost spremljanja stanja v kraških jamah, kjer je bil zadnji popisani obisk opravljen pred več desetletji. V nadaljevanju je bilo na temelju podatkov o datumu obiska in datumu informacije izračunano obdobje med odkritjem jame in zadnjo informacijo o stanju jame, na temelju datuma informacije in datuma zadnjega vnosa v bazo Katastra jam (tj. 28. 1. 2018) pa obdobje med zadnjo informacijo in sedanostjo.

pokrajina	Kataster jam JZS		Kataster jam IZRK ZRC SAZU	
	število jam	delež jam (%)	število jam	delež jam (%)
Julijske Alpe	1705	87,0	324	16,5
Ložniško in Hudinjsko gričevje	73	100,0	0	0,0
Posavsko hribovje	228	99,6	9	3,9
Savska ravan	106	98,1	19	17,6
Kras	989	91,8	209	19,4
Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	798	95,3	70	8,4
Vipavska dolina	59	93,7	11	17,5
Koprška brda	60	96,8	3	4,8
Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	665	94,7	87	12,4
Krimsko hribovje in Menišija	342	96,6	23	6,5
Suha krajina in Dobropolje	512	99,4	13	2,5
Pivsko podolje in Vremščica	456	99,6	32	7,0
Ribniško-Kočevsko podolje	134	100,0	12	9,0
Dolenjsko podolje	147	98,0	19	12,7
Bela krajina	185	99,5	8	4,3
Srednjesotelsko gričevje	10	100,0	3	30,0
Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje	48	100,0	0	0,0

Preglednica 3: Pridobivanje informacij o stanju onesnaženosti jam po viru podatkov.

3.3 Primerjava podatkov z ostalimi raziskavami onesnaženosti jam v Sloveniji

Da bi ocenili vrednosti podatkov, pridobljenih iz arhiva Katastra jam, smo primerjali pet vrst podatkov, in sicer:

- 1) podatke raziskav s pregledom arhivskega gradiva o 555 jamah (Habe 1982; Hudoklin 1987; Drame 1989; Klepec 1989; Hudoklin 1995; Ribeiro in Tičar 2017; Tičar in Ribeiro 2018);
- 2) podatke raziskav s terenskim pregledom jam o 254 jamah (Hudoklin 2002; Hribernik 2010; Prelovšek 2013; 2015; Gostinčar in Čekada 2016);
- 3) podatke o stanju jam v bazi Katastra jam o 657 jamah (2018);
- 4) združene podatke o 1150 onesnaženih jamah v predhodnih kategorijah ter;
- 5) podatke naše raziskave.

Na ta način smo primerjali podatke o onesnaženih jamah v Sloveniji. Drugih stanj jam (čiste jame, uničene jame) nismo mogli primerjati, saj v vseh navedenih raziskavah niso bila opredeljena ali pa smo morali prilagoditi kategorije stanja jam na primer iz »uničena jama« v »onesnažena jama« kot jo opredeljuje naša raziskava.

Ad. 1 Pri primerjavi podatkov raziskav s pregledom arhivskega gradiva (Habe 1982; Hudoklin 1987; Drame 1989; Klepec 1989; Hudoklin 1995; Ribeiro in Tičar 2017; Tičar in Ribeiro 2018) smo z našo raziskavo ugotovili, da oba vira podatkov obravnavata 334 istih jam. Od jam, ki jih arhivsko gradivo obravnava kot onesnažene jame, je bilo v naši raziskavi 288 jam (86,2 %) opredeljenih kot onesnažene jame, 43 jam (12,9 %) kot čiste jame, tri jame (0,9 %) kot uničene. Starost arhivskih podatkov na primerjavo ne vpliva, saj le-ti izhajajo iz starih zapisnikov in pregledov jam, ki so bili pregledani tudi v naši raziskavi. Število čistih jam tako v celoti lahko pripisujemo čiščenju teh jam.

Ad. 2 Pri primerjavi podatkov raziskav s terenskim pregledom jam (Hudoklin 2002; Hribernik 2010; Prelovšek 2013; 2015; Gostinčar in Čekada 2016) z našo raziskavo smo ugotovili, da oba vira podatkov obravnavata 110 istih jam. Od jam, ki jih podatki raziskav s terenskim pregledom obravnavajo kot onesnažene jame, je bilo v naši raziskavi 89 jam (80,9 %) opredeljenih kot onesnažene jame, 20 jam (18,2 %) kot čiste jame, ena jama (0,9 %) kot jama brez podatkov, ni pa bilo uničenih jam. Slabše ujemanje podatkov pripisujemo neažurnosti oddaje zapisnikov o stanju jam v Kataster jam.

Ad. 3 Pri primerjavi podatkov o stanju jam v bazi Katastra jam (2018) z našo raziskavo smo ugotovili, da oba vira podatkov obravnavata 386 istih jam. Od jam, ki jih podatki o stanju jam v Katastru jam (2018) obravnavajo kot onesnažene jame, je bilo v naši raziskavi 349 jam (90,4 %) opredeljenih kot onesnažene jame, 27 jam (7,0 %) kot čiste jame, šest jam (1,6 %) kot uničene jame ter štiri jame (1,0 %) kot jame brez podatkov. Neujemanje rezultatov pripisujemo neposodabljanju baze Katastra jam v primeru, da so bile jame očiščene.

Ad. 4 Pri primerjavi združenih preteklih podatkov o onesnaženih jamah (Habe 1982; Hudoklin 1987; Drame 1989; Klepec 1989; Hudoklin 1995; 2002; Hribernik 2010; Prelovšek 2013; 2015; Gostinčar in Čekada 2016; Ribeiro in Tičar 2017; Kataster jam 2018; Tičar in Čekada 2018) z našo raziskavo smo ugotovili, da oba vira podatkov obravnavata 676 istih jam. Od jam, ki jih združeni podatki obravnavajo kot onesnažene jame, je bilo v naši raziskavi 579 jam (85,7 %) opredeljenih kot onesnažene jame, 85 jam (12,6 %) kot čiste jame, šest jam (0,9 %) kot uničene jame ter šest jam (0,9 %) kot jame brez podatkov.

V vseh obravnavanih virih, vključno z našo raziskavo, je obravnavanih 1579 onesnaženih jam v Sloveniji.

Prekrivanje med kategorijami vrst podatkov je nizko. Od 555 onesnaženih jam v arhivskem gradivu jih je le 69 (12,4 %) opredeljenih kot onesnažene jame tudi v terenskem gradivu ter le 149 (26,8 %) v bazi Katastra jam. Od 254 jam, ki so zabeležene v terenskem gradivu, jih je v arhivskem gradivu opredeljenih zgolj 68 (26,8 %), v bazi Katastra jam pa 122 (48,0 %). Med 657 jamami iz baze Katastra jam jih je v arhivskem gradivu kot onesnažene opredeljenih 149 (22,7 %), med terenskim gradivom pa 122 (18,6 %). V naši raziskavi ima od 1390 onesnaženih jam status onesnažene jame tudi 288 jam (20,7 %) s pregledom arhivskega gradiva, 89 jam (6,4 %) s terenskim pregledom ter 349 (25,1 %) v bazi Katastra jam. Na temelju tega ugotavljamo, da naša raziskava pomembno dopolnjuje poznavanje onesnaženosti jam v Sloveniji.

Na temelju primerjave med rezultati naše raziskave (6965 jam) in uporabljenimi viri podatkov smo ugotovili, da v primerjavi z arhivskim gradivom (555 jam) naša raziskava prinaša 12,5-krat več informacij, v primerjavi s terenskim gradivom (254 jam) 27,4-krat

več informacij, v primerjavi z bazo Katastra jam (657 jam) 10,6-krat več informacij, ter v primerjavi z združenimi podatki (1150 jam), 6,1-krat več informacij.

3.4 Prostorski podatki

Prostorski podatki so združeni v podatkovno bazo, ki omogoča statistično obdelavo in obdelavo z geografskimi informacijskimi sistemi. Izbor podatkov je temeljil na javni dostopnosti velikih baz podatkov raznovrstnih ustanov, ki so dostopne na Geografskem inštitutu Antona Melika ZRC SAZU. V izbor podatkov so bili vključeni izbrani naravno- in družbenogeografski dejavniki, ki vplivajo na onesnaženost oziroma so pomembni pri vzpostavitvi prednostne sanacije onesnaženih jam. Prostorski podatki, uporabljeni v okviru raziskave, so razdeljeni v sedem kategorij, in sicer: 1) regionalni, 2) upravni, 3) naravnogeografski, 4) infrastrukturni, 5) demografski, 6) okoljski in 7) naravovarstveni. Prostorski podatki se povečini nanašajo na leto 2018, če pa za to leto niso bili dostopni, so bili uporabljeni tisti, ki so časovno najbližje (preglednica 4).

- 1) **Regionalni podatki:** obsegajo podatke, ki so povezani z opredelitvijo prostorskih enot Slovenije. Podatki so bili uporabljeni za določitev študijskih območij v okviru raziskave, pri čemer je bilo vključenih 17 pokrajin. Uporabili smo:
 - a. **Regionalizacija Slovenije:** temelji na naravnogeografski regionalizaciji Slovenije po Perku (1998). Podatki o mejah prostorskih enot so last Geografskega inštituta Antona Melika ZRC SAZU. Slovenija je razdeljena na 4 makroregije, 9 submakroregij in 49 mezuregij oziroma pokrajin.
 - b. **Tipi krasa:** temelji na opredelitvi kraških območij Slovenije po Gamsu (2004, 249) in so bili pridobljeni z digitalizacijo zemljevida v manjšem merilu. Gams (2004) je opredelil tri glavne tipe krasa, in sicer: 1) alpski kras (slika 20), 2) dinarski kras, in 3) osamelni kras. Območje dinarskega krasa je nadalje razdeljeno na: a) visoke dinarske planote in b) nizke dinarske planote. Zaradi merila izvirnega sloja podatkov so kraška območja zgolj okvirno opredeljena. Kjer na temelju tega sloja jamam ni bilo mogoče neposredno dodeliti tipa, jim je bil dodeljen njim najbližji tip.



Slika 20: Dolina Triglavskih jezer z okoliškimi vrhovi, z značilnim alpskim oziroma visokogorskim krasom (fotografija: Jure Tičar, 15. 9. 2019).

- 2) **Upravni podatki:** vključujejo podatke, ki so vezani na upravno delitev Slovenije:
 - a. **Naselja:** prostorski podatek opredeljuje meje območij naselij za vseh 6035 naselij v Sloveniji. Podatek je bil uporabljen za opredelitev naselja ter velikosti naselja, v katerem je vhod v jamo.
 - b. **Občine:** prostorski podatek opredeljuje meje in območja vseh 212 občin v Sloveniji. Podatek je bil uporabljen za opredelitev občine ter velikosti občine, v katerem je vhod v jamo.
 - c. **Statistične regije:** prostorski podatek opredeljuje meje in območja vseh 12 statističnih regij v Sloveniji. Podatek je bil uporabljen za opredelitev statistične regije ter velikosti statistične regije, v katerem je vhod v jamo.
- 3) **Naravnogeografski podatki:** vključujejo podatke, ki so vezani na naravnogeografske lastnosti Slovenije. Uporabili smo:
 - a. **Nadmorska višina vhoda:** prostorski podatek opredeljuje nadmorsko višino vhoda v jamo. Podatek o nadmorskih višinah v Katastru jam obsega kategorija »Kota vhoda«, vendar je zaradi različnih virov določitve

nadmorske višine izjemno nenatančen. Tako so bili podatki ponovno izračunani na temelju digitalnega modela višin 25 m. Predpostavljamo, da so jame na višjih nadmorskih višinah manj dostopne ter obenem čistejše.

- b. **Naklon površja:** prostorski podatek opredeljuje naklon površja v okolici vhoda v jamo. Podatek je bil izračunan na temelju digitalnega modela višin 25 m (Podobnikar 2008). Predpostavljamo, da so jame na območjih z večjimi nakloni manj dostopne ter obenem čistejše.
- c. **Usmerjenost površja:** prostorski podatek opredeljuje usmeritev površja v okolici vhoda v jamo. Podatek je bil izračunan na temelju digitalnega modela višin 25 m (Podobnikar 2008).
- d. **Kamninska podlaga:** prostorski podatek opredeljuje kamninsko sestavo, v kateri se je oblikovala jama. Podatek temelji na zemljevidu vrste kamnin po Hrvatinu (2016), ki temelji na Litostratigrafski karti Slovenije (2007) Geološkega zavoda Slovenije oziroma digitaliziranih zemljevidih Osnovnih geoloških kart Slovenije v merilu 1 : 100.000. Zemljevid vrste kamnin je bil oblikovan na temelju 184 litostratigrafskih enot, ki so bile na temelju podobnosti združene v 25 vrst kamnin (Hrvatin 2016). Na temelju sloja zemljevida kamnin smo vsaki jami dodelili kamninsko podlago, glede na položaj, na kateri je vhod v jamo. Zaradi uporabljenega tipizacije, majhnega merila in načina pridobivanja podatkov, na katerem so temeljili izvorni podatki zemljevida kamnin, lahko prihaja do večjih odstopanj od dejanske kamninske podlage, pri čemer ima vlogo tudi natančnost podanih položajev kraških jam. Predpostavljamo, da v različnih kamninskih podlagah poteka drugačno spiranje onesnažil.
- e. **Vodni odtok:** prostorski podatek opredeljuje količino vodnega odtoka na določenem območju v obdobju 1971–2000. Pri izračunu vodnega odtoka so bile upoštevane količine padavine ter izhlapevanje (Bat in Frantar 2008). Podatek je bil v nadaljevanju uporabljen za opredelitev možnega izpiranja snovi iz nelegalnih odlagališč odpadkov v kraških jamah. Predpostavljamo, da je v jamah z večjim vodnim odtokom spiranje onesnažil hitrejšje.
- f. **Raba zemljišč:** prostorski podatek opredeljuje rabo zemljišč na območju, na katerem je vhod v jamo. Predpostavljamo, da so jame v gozdovih čistejše, na obdelanih zemljiščih pa bolj onesnažene.

- g. **Tip vodonosnika:** prostorski podatek opredeljuje tip vodonosnika, na katerem je vhod v jamo. Zemljevid v izvornem merilu 1 : 250.000 upošteva tip poroznosti (medzrnsko, razpoklinsko in kraško-razpoklinsko) ter petrografski tip (LAWA). Predpostavljamo, da se onesnažila v jamah na različnih vodonosnikih različno hitro pretakajo do kraške podzemne vode.
 - h. **Izviri:** prostorski podatek opredeljuje oddaljenost vhoda v jamo do najbližjega izvira. Pri izračunu razdalje med najbližjima točkama je bila uporabljena zračna razdalja, ki sicer ne odraža dejanske oddaljenosti podzemeljskih povezav. Uporabljena kategorija izvir vsebuje 13.373 točkovnih objektov. Podatek je bil uporabljen, da bi opredelili, kako so zaradi onesnaženosti jam ogroženi kraški izviri.
 - i. **Površinske vode:** prostorski podatek opredeljuje oddaljenost vhoda v jamo do najbližje površinske vode. Pri izračunu razdalje med najbližjima točkama je bila uporabljena zračna razdalja, ki sicer ne odraža dejanske oddaljenosti podzemeljskih povezav. Uporabljena je bila kategorija struga vodnega toka, ki vsebuje 364.385 linijskih objektov. Podatek je bil uporabljen, da bi opredelili, kako so zaradi onesnaženosti jam ogrožene površinske vode.
- 4) **Infrastrukturni podatki:** vključujejo podatke o ključni infrastrukturi v Sloveniji, ki je povezana s stanjem jam. Uporabili smo:
- a. **Ceste:** prostorski podatek opredeljuje oddaljenost vhoda v jamo do najbližje ceste. Pri izračunu razdalje med najbližjima točkama je bila uporabljena zračna razdalja. Uporabljeni linijski sloj podatkov 17 različnih kategorij cest oziroma 134.387 linijskih objektov združenih v štiri glavne kategorije, in sicer:
 1. avtocesta (avtocesta ter hitra cesta);
 2. cesta (glavna cesta I. reda, glavna cesta II. reda; regionalna cesta I. reda, regionalna cesta II. reda, regionalna cesta III. reda, turistična cesta, lokalna cesta, glavna mestna cesta, zbirna mestna ali krajevna cesta ter mestna ali krajevna cesta);
 3. pot (javna pot, daljinska kolesarska pot, glavna kolesarska pot, javna pot za kolesarje); ter
 4. gozdna cesta.

Na temelju sloja cest smo vsaki jami pripisali podatek o oddaljenosti do najbližje ceste ter oddaljenosti od vsake izmed štirih glavnih kategorij cest (slika 21). Predpostavljamo, da so zaradi bližine cest (še posebej gozdnih) jame bolj onesnažene.

Sloj cest smo uporabili tudi za izračun višinske razlike med cesto in jamo, ter opredelili, ali je jama nad cesto ali pod njo. Za izračun smo uporabili podatke digitalnega modela višin 25 m ter položaj vhoda v jamo in položaj osi najbližje ceste. Predpostavljamo, da so zaradi manjše višinske razlike in položajem jame pod cesto bolj onesnažene.

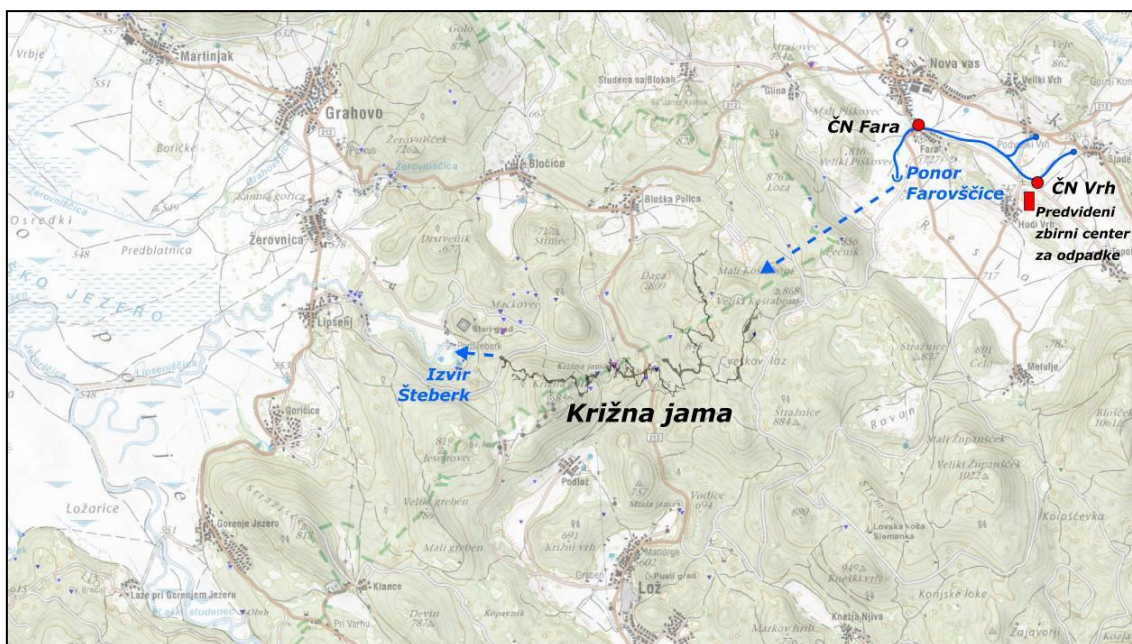


Slika 21: Vhod v Jamo pri Bosanski bajti (kat. št. 2802) v osrednjem delu Gorjancev je tik ob gozdni cesti. Vhodni del jame je bil že večkrat onesnažen (fotografija: Jure Tičar, 20. 12. 2015).

- b. **Železnice:** prostorski podatek opredeljuje oddaljenost vhoda v jamo do najbližje železniške proge. Pri izračunu razdalje med najbližjima točkama je bila uporabljena zračna razdalja. Uporabljeni linijski sloj podatkov

- vsebuje 5932 linijskih objektov. Predpostavljamo, da so ponekod jame onesnažene zaradi bližine železnic oziroma različnih del ob železnicah.
- c. **Žičnice:** prostorski podatek opredeljuje oddaljenost vhoda v jamo do najbližje žičnice. Pri izračunu razdalje med najbližjima točkama je bila uporabljena zračna razdalja. Uporabljeni linijski sloj podatkov vsebuje 245 linijskih objektov. Predpostavljamo, da so ponekod jame onesnažene zaradi bližine žičnic oziroma različnih del ob žičnicah.
 - d. **Objekti:** prostorski podatek opredeljuje oddaljenost vhoda v jamo do najbližjega objekta. Pri izračunu razdalje med najbližjima točkama je bila uporabljena zračna razdalja. Uporabljeni točkovni sloj podatkov (centroidov stavb) vsebuje 1.048.576 točkovnih objektov. Predpostavljamo, da so zaradi bližine objektov jame bolj onesnažene.
- 5) **Demografski podatki:** vključujejo podatke, ki so vezani na obseg ključnih demografskih lastnosti v Sloveniji in lahko vplivajo na stanje jam. Uporabili smo:
- a. **Število prebivalcev (okolica jame):** prostorski podatek opredeljuje število prebivalstva v polmeru 500, 1000, 1500 in 2000 m od položaja vhoda v jamo. Uporabili smo sloj Osebe s stalnim prebivališčem, kjer točkovni sloj podatkov vsebuje 2.055.738 enot. Ker je sloj podatkov o osebah s stalnim prebivališčem vseboval tudi podatek o natančnem položaju posamezne osebe (vezan na Kataster stavb), smo združili podatke o številu oseb na posameznem položaju. S tem smo pridobili podatek o številu oseb, ki stalno prebivajo na določenem položaju, tako pridobljeni točkovni sloj podatkov pa vsebuje 443.050 objektov. Predpostavljamo, da so zaradi večjega števila prebivalcev v okolici jame bolj onesnažene.
 - b. **Število prebivalcev (naselja):** prostorski podatek opredeljuje število v naselju, kjer je vhod v jamo. Uporabili smo sloj z 6035 objekti. Predpostavljamo, da so zaradi večjega števila prebivalcev v naseljih v bližini jame bolj onesnažene.
 - c. **Izobrazba prebivalstva:** prostorski podatek opredeljuje izobrazbo prebivalstva v naselju, kjer je vhod v jamo. Uporabljeni ploskovni sloj treh različnih kategorij podatkov (osnovnošolska izobrazba ali manj, srednješolska izobrazba in višješolska, visokošolska izobrazba) vsebuje 6035 objektov. Predpostavljamo, da so zaradi večjega deleža manj izobraženega prebivalstva bolj onesnažene.

- d. **Starost prebivalstva:** prostorski podatek opredeljuje starost prebivalstva v naselju, kjer je vhod v jamo. Uporabljen je bil ploskovni sloj 5 različnih kategorij podatkov (povprečna starost, indeks staranja, delež prebivalcev starih 0–14 let, delež prebivalcev starih 15–64 let in delež prebivalcev starih več kot 65 let) vsebuje 6035 objektov. Predpostavljamo, da so zaradi večjega deleža starejšega prebivalstva bolj onesnažene.
 - e. **Razvitost občin:** prostorski podatek opredeljuje razvitost občine, kjer je vhod v jamo. Uporabljeni ploskovni sloj vsebuje 212 objektov. Na temelju 24. člena Zakona o financiranju občin (2006) je koeficient razvitosti občin eno od meril za sofinanciranje investicij občin. Predpostavljamo, da so zaradi manjše razvitosti občin tam jame bolj onesnažene.
- 6) **Okoljski podatki:** obsegajo podatke o obsegu ključnih okoljskih lastnostih v Sloveniji, ki so povezane s stanjem jam. Uporabili smo:
- a. **Količina odpadkov:** prostorski podatek opredeljuje zmogljivost odlaganja odpadkov v občini, kjer je vhod v jamo. Uporabljeni ploskovni sloj treh različnih kategorij podatkov (nastali komunalni odpadki, komunalni odpadki, zbrani z javnim odvozom in odloženi komunalni odpadki) vsebuje 212 objektov. Kot zmogljivost za odlaganje odpadkov smo opredelili razliko med nastalimi komunalnimi odpadki in odpadki, zbranimi z javnim odvozom. S tem je bila izračunana količina odpadkov, ki se v posamezni občini lahko odloži na nelegalen način. Predpostavljamo, da so zaradi večje količine odpadkov v občinah jame bolj onesnažene.
 - b. **Komunalna odlagališča:** prostorski podatek opredeljuje oddaljenost vhoda v jamo od najbližjega komunalnega odlagališča. Pri izračunu razdalje med najbližjima točkama je bila uporabljena zračna razdalja. Uporabili smo točkovni sloj z 79 objekti. Predpostavljamo, da so zaradi oddaljenosti od komunalnih odlagališč jame bolj onesnažene.
 - c. **Komunalne čistilne naprave:** prostorski podatek opredeljuje oddaljenost vhoda v jamo od najbližje komunalne čistilne naprave. Pri izračunu razdalje med najbližjima točkama je bila uporabljena zračna razdalja. Uporabili smo točkovni sloj z 477 objekti (slika 22). Predpostavljamo, da so zaradi bližine komunalnih čistilnih naprav jame bolj onesnažene.



Slika 22: Delovanje čistilnih naprav na Bloški planoti močno ogroža Križno jamo (kat. št. 65), saj se neprečiščene vode odvajajo neposredno v ponor Farovščice. Križna jama je najbolj ogrožena ob visokih vodostajih, saj se ob nizkih vodostajih voda pretaka proti drugim izvirov na Cerkljskem polju (Kogovšek, Prelovšek in Petrič 2008).

- d. **Divja odlagališča:** prostorski podatek opredeljuje oddaljenost vhoda v jamo od najbližjega divjega odlagališča in število odlagališč v polmeru 1000 m od vhoda v jamo. Uporabili smo točkovni sloj z 13.536 objektov. Predpostavljamo, da so zaradi bližine in večjega števila divjih odlagališč jame bolj onesnažene.
- 7) **Naravovarstveni podatki:** vključujejo podatke, ki so vezani na zavarovana ali ranljiva območja v Sloveniji. Uporabili smo:
 - a. **Zavarovana območja:** prostorski podatek opredeljuje zavarovano območje v okolici vhoda v jamo. Uporabljeni sloj podatkov vsebuje šest kategorij (narodni park, regijski park, krajinski park, naravni rezervat, naravni spomenik in spomenik oblikovane narave) z 518 objekti. Podatek je bil uporabljen, da bi opredelili, kako so zaradi onesnaženosti jam ogrožena zavarovana območja.
 - b. **Natura 2000:** prostorski podatek opredeljuje zavarovano območje Nature 2000 v okolici vhoda v jamo. Uporabili smo ploskovni sloj Natura 2000 z 355 objekti. Podatek je bil uporabljen, da bi opredelili, kako so zaradi onesnaženosti jam ogrožena območja Natura 2000.

- c. **Ekološko pomembna območja:** prostorski podatek opredeljuje zavarovano ekološko pomembno območje v okolici vhoda v jamo. Uporabili smo ploskovni sloj z 305 objekti. Podatek je bil uporabljen, da bi opredelili, kako so zaradi onesnaženosti jam ogrožena ekološko pomembna območja.
- d. **Vodovarstvena območja:** prostorski podatek opredeljuje vodovarstveno območje in režime varovanja v okolici vhoda v jamo. Uporabili smo ploskovni sloj Vodovarstvena območja (državni nivo), ki vsebuje 988 objektov, ter ploskovni sloj Vodovarstvena območja (vrelčni nivo), ki vsebuje 3237 objektov. Podatek je bil uporabljen, da bi opredelili, kako so zaradi onesnaženosti jam ogrožena vodovarstvena območja.
- e. **Ranljivost podzemne vode:** prostorski podatek opredeljuje stopnjo ranljivosti podzemne vode v okolici vhoda v jamo. Uporabljeni ploskovni sloj vsebuje sedem kategorij podatkov, in sicer:
- i. izjemno nizka ranljivost podzemne vode;
 - ii. zelo nizka ranljivost podzemne vode;
 - iii. nizka ranljivost podzemne vode;
 - iv. srednja ranljivost podzemne vode;
 - v. visoka ranljivost podzemne vode;
 - vi. zelo visoka ranljivost podzemne vode;
 - vii. izjemno visoka ranljivost podzemne vode.

Zelo visoka stopnja ranljivosti je določena tam, kjer so pričakovane hitrosti podzemne vode večje od 10 m/dan, zelo nizka stopnja pa, kjer so hitrosti nižje od 0,001 m/dan. Podatek je bil uporabljen, da bi opredelili, kako so zaradi onesnaženosti jam ogrožene podzemne vode.

#	prostorski podatek	vir podatkov	leto izvora podatkov
regionalni podatki			
1	regionalizacija Slovenije	Perko 1998	1998
2	tipi krasi	Gams 2004	2004
upravni podatki			
3	naselja	Geodetska uprava Republike Slovenije	2018
4	občine	Geodetska uprava Republike Slovenije	2018
5	statistične regije	Geodetska uprava Republike Slovenije	2018

naravnogeografski podatki			
6	nadmorska višina vhoda	Geodetska uprava Republike Slovenije	2018
7	naklon površja	Geodetska uprava Republike Slovenije	2018
8	usmerjenost površja	Geodetska uprava Republike Slovenije	2018
9	kamninska podlaga	Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Hrvatin 2016	2016
10	vodni odtok	Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje	1971–2000
11	raba zemljišč	Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano	2018
12	tip vodonosnika	Geološki zavod Slovenije	2016
13	izviri	Ministrstvo za okolje in prostor, Direkcija Republike Slovenije za vode	2018
14	površinske vode	Ministrstvo za okolje in prostor, Direkcija Republike Slovenije za vode	2018
infrastrukturni podatki			
15	ceste	Geodetska uprava Republike Slovenije	2018
16	železnice	Geodetska uprava Republike Slovenije	2018
17	žičnice	Geodetska uprava Republike Slovenije	2018
18	objekti	Geodetska uprava Republike Slovenije	2018
demografski podatki			
19	število prebivalcev (okolica jame)	Ministrstvo za notranje zadeve	2018
20	število prebivalcev (naselja)	Statistični urad Republike Slovenije	2018
21	izobrazba prebivalstva	Statistični urad Republike Slovenije	2018
22	starost prebivalstva	Statistični urad Republike Slovenije	2018
23	razvitost občin	Ministrstvo za finance	2018
okoljski podatki			
24	količina odpadkov	Statistični urad Republike Slovenije	2018
25	komunalna odlagališča	Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje	2018
26	komunalne čistilne naprave	Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje	2018
27	divja odlagališča	Ekologi brez meja	2018
naravovarstveni podatki			
28	zavarovana območja	Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje	2018
29	Natura 2000	Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje	2018
30	ekološko pomembna območja	Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje	2018
31	vodovarstvena območja	Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje	2018
32	ranljivost podzemne vode	Geološki zavod Slovenije	2016

Preglednica 4: V raziskavi uporabljeni prostorski podatki, njihov vir in leto izvora.

3.5 Analiza arhivskih in prostorskih podatkov z geografskimi informacijskimi sistemi

Uporaba geografskih informacijskih sistemov omogoča preučevanje prostorskih odnosov med posameznimi arhivskimi in sorodnimi prostorskimi podatki. Za izvedbo prostorskih analiz smo uporabili programsko okolje ESRI ArcGIS 10.6.

Pridobivanju in urejanju arhivskih podatkov v preglednicah je sledila prostorska umestitev podatkov na temelju Gauss-Krügerjevih koordinat, podanih v arhivu Katastra jam (2018). Točkovni podatkovni sloj o stanju jam v obliki *shapefile* datotek je bil nato v prostor umeščen na temelju prečne Mercatorjeve projekcije D48, na kateri so temeljili tudi preostali sloji podatkov.

Pridobljeni prostorski podatki, ki so bili naknadno vključeni v analizo z geografskimi informacijskimi sistemi, so bili razvrščeni v ustrezne kategorije ter uvoženi v programsko okolje ESRI ArcGIS 10.6. Če so bili statistični podatki pridobljeni na ravni administrativnih enot (na primer naselja, občine in statistične regije), smo jih združili na raven slojev v obliki *shapefile* datotek.

Nato smo kraškim jamam z različnimi prostorskimi orodji pripisali atributne vrednosti prostorskih podatkov. V prostorskih analizah smo najpogosteje uporabili naslednja orodja:

- 1) INTERSECT: omogoča izračun geometrijskega presečišča točkovnih, linijskih ali ploskovnih slojev ter združevanje atributnih vrednosti posameznih slojev v postopku. Najpogosteje je bilo to orodje uporabljeno za združevanje informacij med točkovnimi sloji (kraške jame) in ploskovnimi sloji (na primer kamninska podlaga, razvitost občin in območja Natura 2000).
- 2) NEAR: omogoča izračun oddaljenosti najbližjih točkovnih, linijskih ali ploskovnih slojev ter združevanje atributnih vrednosti posameznih slojev v postopku. Orodje smo uporabili za računanje oddaljenosti med točkovnimi sloji (kraške jame) in drugimi točkovnimi (izviri, objekti, komunalna odlagališča, komunalne čistilne naprave, divja odlagališča) ter linijskimi sloji (površinske vode, ceste, železnice, žičnice).
- 3) BUFFER: omogoča opredelitev območja v določeni razdalji od posameznega sloja. Po določitvi območja v kombinaciji z orodjem INTERSECT omogoča

opredelitev vrednosti znotraj začrtanega območja. Na ta način smo izračunali število prebivalcev v oddaljenosti od jame ter število divjih odlagališč v okolici jame.

- 4) OSTALA ORODJA: pri izračunu bolj zahtevnih dejavnikov smo uporabili tudi druge kombinacije orodij. Za izračun nadmorske višine vhoda smo uporabili rastrski sloj digitalnega modela višin 25 m, na katerem smo uporabili orodje ADD SURFACE INFORMATION z metodo NATURAL NEIGHBOURS. Za izračun naklona in usmerjenosti površja smo uporabili orodje EXTRACTION (*Extract Values to Points*), ki je pripisala vrednosti na temelju digitalnega modela višin 25 m.

V sklepnem delu uporabe geografskih informacijskih sistemov smo na temelju pridobljenih podatkov ustvarili zemljevide s prikazom stanja jam v Sloveniji in posameznih obravnavanih pokrajinah.

3.6 Statistična analiza arhivskih in prostorskih podatkov

Pri opisni statistiki smo uporabili izvirne podatke za posamezne kraške jame, ki smo jih nato predstavili na temelju seštevkov in povprečnih vrednosti za kategorije: vse jame, čiste jame, onesnažene jame, malo onesnažene jame, srednje onesnažene jame in močno onesnažene jame. Primerjava teh kategorij je temelj za opisno statistiko, predstavljeno na ravni posameznih pokrajin in Slovenije. Večji del rezultatov opisne statistike je podan s primerjavo deležev. Pri razlagi rezultatov je treba upoštevati, da so zaradi različnega števila jam med pokrajinami (od 10 jam v Srednjesotelskem gričevju do 1959 jam v Julijskih Alpah) tudi izraženi deleži rezultatov primerno merodajni.

Razporeditev vrednosti podatkov smo predstavili tudi na ravni kvartilov in jo grafično podali v obliki škatel z brki (ang. *boxplot*) ter tako prikazali povezanost izbranih vplivnih dejavnikov s stanjem jam in stopnjo onesnaženosti jam ter razporeditev modela prednostne sanacije onesnaženih jam. V tem sklopu statističnih postopkov smo množico podatkov razdelili na kvartile, ki obsegajo 25 % vrednosti celotnega vzorca. Osnovni graf škatle z brki sestavljajo najmanjše vrednosti, najvišje vrednosti, mediana ter vrednosti 1. in 3. kvartila. Najpomembnejši del vzorca je medčetrtnski razmik oziroma obseg vrednosti med 1. in 3. kvartilom, kar označuje 50 % srednjih vrednosti vzorca. Glavna prednost medčetrtnskega razmika je v tem, da je neobčutljiv na absolutno najvišje in

najnižje vrednosti podatkov, ki so opredeljeni kot množica točk zunaj škatle z brki (Witte in Witte 2017, 76; Illowsky in Dean 2018, 97).

Cramerjev koeficient korelacije (C_{CR}) smo uporabili za ugotavljanje povezanosti izbranih vplivnih dejavnikov s stanjem jam in stopnjo njihove onesnaženosti. Čeprav smo v raziskavi obravnavali tako imenske kot urejenostne spremenljivke, smo z uporabo Cramerjevega koeficienta korelacije dosegli primerjavo vseh obravnavanih spremenljivk po enotni metodi in na najnižji možni skupni ravni. Pri izračunih smo uporabili test neodvisnosti za χ^2 med obema spremenljivka. Za pravilno razporeditev vrednosti χ^2 pričakovane frekvence ne smejo biti premajhne. Izračunani koeficient smo uporabili skupaj s stopnjami svobode za χ^2 test neodvisnosti, ki je enak: $df = (r - 1) * (c - 1)$, kjer sta r število vrstic in c število stolpcev v preglednici. Izračunana p -vrednost opredeljuje statistično značilnost, ki jo uporabljamo pri preverjanju domnev. Najpogosteje je v uporabi stopnja značilnosti 0,05, ki opredeljuje 95 % verjetnost. Če so p -vrednosti višje od 0,05, rezultat ni statistično značilen (McHugh 2013). Z izračunom Cramerjevega koeficienta korelacije (C_{CR}) se na temelju kvadriranja rezultata v obliki kvadriranega Cramerjevega koeficienta korelacije prikaže tudi delež, v katerem ena spremenljivka opredeljuje vrednost druge spremenljivke (Perko 2001; Wrigley 2002)

Za izdelavo modela za napovedovanje onesnaženosti jam smo uporabili programsko okolje *Weka 3.8.4.*, ki deluje kot zbirka najsodobnejših algoritmov strojnega učenja. Modularna sestava orodja za obdelavo podatkov uporabnikom omogoča hitro uporabo učnih metod ter podporo procesu poskusnega rudarjenja podatkov. Pri tem je v postopek vključena priprava vhodnih podatkov, statistično ocenjevanje učnih shem ter upodobitev vhodnih podatkov in rezultatov strojnega učenja (Frank in sodelavci 2009, 1269; Hall in sodelavci 2009, 10; Arora in Suman 2012, 21; Witten in sodelavci 2017).

Pri izdelavi modela za napovedovanje onesnaženosti jam, smo uporabili metodo odločitvenih dreves oziroma klasifikacijski algoritem J48. Ta temelji na algoritmu C4.5, ki je eden izmed najpogostejših algoritmov pri rudarjenju podatkov. Metoda J48 ustvarja modele z jasnimi pravili, ki jih prikazuje v obliki odločitvenih dreves (Quinlan 1993; Arora in Suman 2012, 22; Matos 2015, 40; Witten in sodelavci 2017, 558).

Pri izdelavi modela za prednostno sanacijo onesnaženih jam smo pomembnost vključenih dejavnikov ovrednotili in hierarhično razvrstili z metodo analitičnega hierarhičnega

procesa (AHP), ki jo je razvil Thomas L. Saaty (1990; 2008; 2014). Široko privzeta metoda za sprejemanje zahtevnih odločitev omogoča meritve nedoločljivih odnosov med dejavniki. Metoda omogoča opredelitev pomena posameznega dejavnika v celotnem procesu s kvalitativno primerjavo razmerij med posameznimi dejavniki. Zadnji korak je izračun razmerja skladnosti, ki izmeri doslednost na velikem vzorcu naključnih primerjav. V primeru, da je razmerje skladnosti večje kot 10 %, je stopnja zaupanja nizka, zaradi česar je treba proces ponoviti.

Uporaba metode analitičnega hierarhičnega procesa (Saaty 1990; 2008; 2014) je za določitev dejavnikov sanacije redko uporabljena. V primeru nelegalnih odlagališč odpadkov nismo zasledili drugih primernih metod. Največkrat je metoda v povezavi z odlagališči odpadkov uporabljena za opredelitev vplivnih dejavnikov za umestitev novih infrastrukturnih objektov v prostor (Kontos, Komilis in Halvadakis 2005; Gemitzi in sodelavci 2006; Moeinaddini in sodelavci 2010; Şener, Sener in Karagüzel 2011; Donevska in sodelavci 2012; Zelenović Vasiljević in sodelavci 2012; Beskese in sodelavci 2015). Sorodno področje ekološke ranljivosti opredeljujejo tudi v kombinaciji metod AHP s preostalimi metodami (Song in sodelavci 2010; 2015).

4 ONESNAŽENOST KRAŠKIH JAM V IZBRANIH SLOVENSKIH POKRAJINAH

4.1 Julijske Alpe

V analizo onesnaženosti jam v Julijskih Alpah je bilo vključenih 1959 jam. Med **čiste** smo uvrstili 1829 jam (93,4 % vseh), med **onesnažene** 124 jam (6,3 %), **uničenih** jam na tem območju ni, za šest jam (0,3 %) pa ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja. Med onesnaženimi jamami je 93 **malo onesnaženih** (75,0 % onesnaženih jam), 21 **srednje onesnaženih** (16,9 %) ter deset **močno onesnaženih** (8,1 %) (slika 25).

Julijske Alpe se uvrščajo med območja z najvišjim deležem čistih jam v Sloveniji, kar je glede na število jam in njihovo težko dostopnost pričakovano. Med najbolj onesnažena območja se uvrščajo Jelovica, Pokljuka, Mežakla, Ratitovec, Komna ter Kanin in Rombon. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 5.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
11384	R-1 (Ribenska planina)	Jelovica	20,0	22
11399	Brezno izgubljenih	Jelovica	20,0	45
2066	Udorna jama na Tratah na Mežakli	Mežakla	15,0	12
4016	S-1 (Kanin)	Kanin	12,0	7
4343	Brezno ob cesti na Stare hleve	Jelovica	10,0	20
4650	Ajdja jama	Stol (Kobarid)	10,0	7
8157	Trojno brezno v ledu	Jelovica	10,0	35
10076	Huda jama	Kanin	10,0	50
10834	Podor na Vodiški planini	Jelovica	10,0	12
8051	Jašek sv. Jožefa in sv. Frančiška	Ratitovec	5,0	79

Preglednica 5: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Julijskih Alpah.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 171,8 m³ **odpadkov**, od tega 24,8 m³ v malo onesnaženih, 25,0 m³ v srednje ter 122,0 m³ v močno onesnaženih. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 1,4 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 25,1 m, povprečna globina odpadkov pa znaša v malo onesnaženih jamah 18,7 m, v srednje onesnaženih 52,0 m in v močno onesnaženih 28,9 m. Najgloblje so odpadki odloženi v Breznu pri Gamsovi glavici (kat. št. 3457), in sicer do globine 600 m. Odpadki v jami so v tej jami povečini posledica jamarskih raziskav.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo primarni – nenevarni odpadki v 70 jamah (56,5 % onesnaženih jam), komunalni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 50 (40,3 %)

ter gradbeni – nenevarni odpadki v 24 jamah (19,4 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v 15 jamah (12,1 % onesnaženih jam), neeksplozirana ubojna sredstva v šestih (4,8 %), dotok onesnažene vode v eni (0,8 %), plastične odpadke v 44 (35,5 %), živalske odpadke v 36 (29,0 %) ter človeške ostanke v treh (2,4 %).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1998, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1999, pri srednje onesnaženih leta 1992, pri močno onesnaženih pa leta 1997. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,7 let, od onesnaženja do sedanosti pa je minilo 19,4 let, in sicer pri malo onesnaženih jamah 18,0 let, pri srednje onesnaženih 25,0 let, pri močno onesnaženih pa 20,5 let.



Slika 23: Čiščenje odpadkov iz najvišje ležeče onesnažene jame v Sloveniji (2457 m n. v.), Ivačičeve jame (kat. št. 2399) pod Kredarico (fotografija: Jure Tičar, 26. 10. 2019).

Skupno so bile **čistilne akcije** (slika 23) izvedene v 17 jamah (0,9 % vseh), od tega v 13 čistih jamah (0,7 % čistih jam) in štirih onesnaženih jamah (3,2 % onesnaženih jam). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 2009. Povprečno je med odkritjem

onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 2,7 let, med čistilno akcijo in sedanjostjo pa 8,3 let.

V vzorcu obravnavanih jam je pri 51 jamah (2,6 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, od tega je poškodovanih 34 čistih jam (1,9 % čistih jam) in 17 onesnaženih jam (13,7 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam ni odvisna od stopnje onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi 15 poškodovanih jam (16,1 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi ena poškodovana jama (4,8 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi ena poškodovana jama (10,0 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih z odstranitvijo sedimentov (29 oziroma 1,5 % vseh), umetno razširitvijo rovov (11 oziroma 0,6 %) ter premikom sedimentov (10 oziroma 0,5 %).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 162 oziroma 8,3 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 44 jamah (2,2 %) ter raba jam z zmernim vplivom v osmih jamah (0,4 %). Intenzivnost rabe jam se s stopnjo onesnaženosti praviloma zmanjšuje. Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 137 jamah (7,0 % vseh), pridobivanje surovin v 28 jamah (1,4 %), znanstvenoraziskovalna raba v 27 jamah (1,4 %) ter zatočišče v desetih jamah (0,5 %).

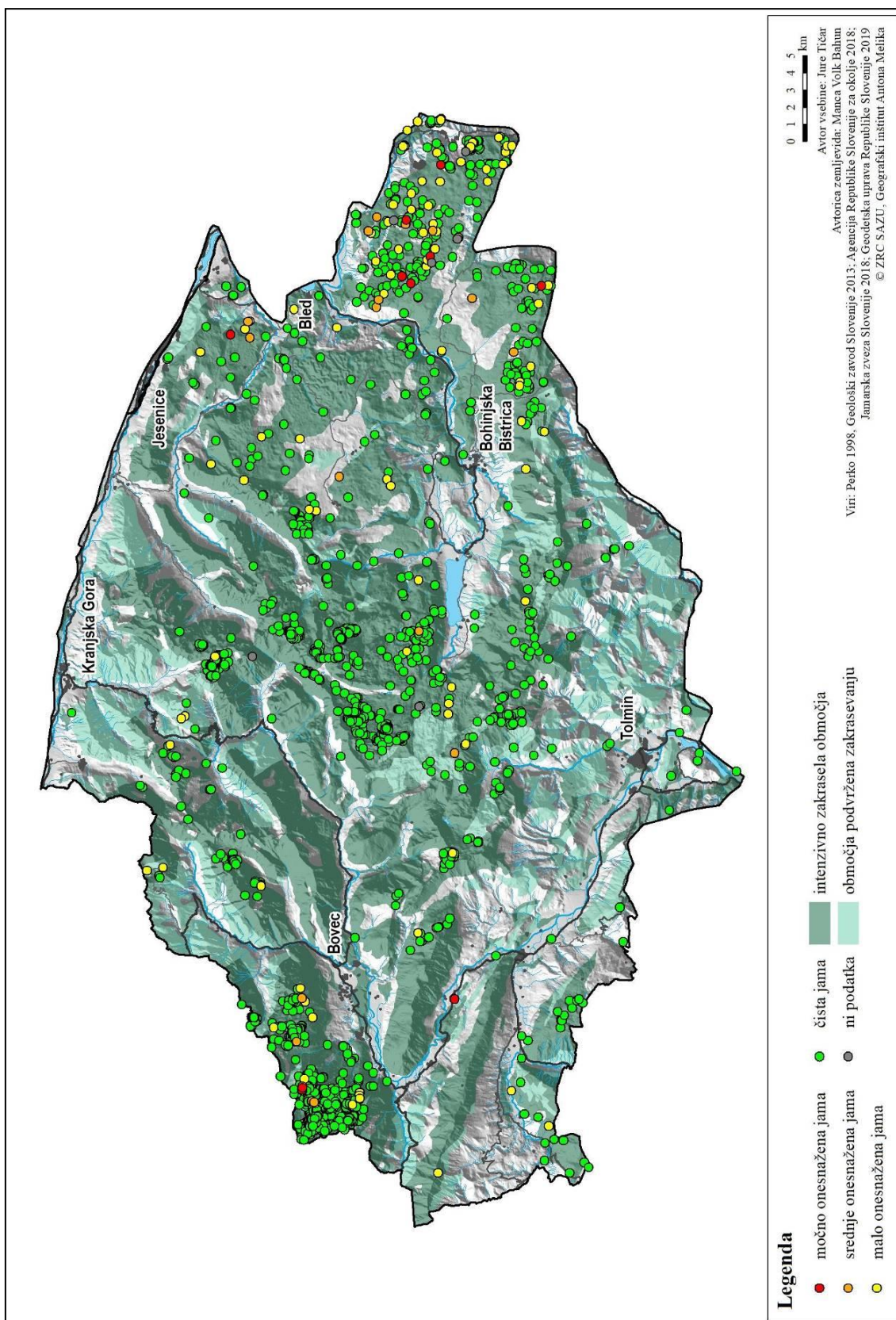
Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 4,7 let; pri čistih jamah povprečno 4,3 let in pri onesnaženih 10,0 let. Podobno razliko smo ugotovili tudi pri stopnji onesnaženosti jam, kjer obdobje narašča, kar je posledica tega, da so praviloma bolj onesnažene tiste jame, ki so bile odkrite zgodaj na nižjih nadmorskih višinah v dolinah ali na kraških planotah in so bile poznane med prebivalstvom. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 26,5 let; pri čistih jamah povprečno 27,0 let in pri onesnaženih 15,2 leti.

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Julijskih Alp v večji meri opredeljuje težja dostopnost visokogorskega krasa na višjih nadmorskih višinah. Zato so onesnažene jame praviloma na nižje ležečih območjih, v bližini poselitvenih središč ali na območjih intenzivnih dejavnosti. Med intenzivne dejavnosti na območju kraških planot, kjer je največ onesnaženih jam, uvrščamo intenzivno sečnjo (odmetavanje vej in hlodovine v jame) ter v preteklosti tudi rudarstvo. Tako so na Pokljuki v številnih jamah iskali in izkopavali železovo rudo (bobovec). V sredogorju so pogoste planine, ki zaradi pašništva in predelave mlečnih izdelkov predstavljajo območja intenzivne dejavnosti in občasnega

bivanja ljudi. Ob opuščanju planin se prvotna dejavnost lahko spremeni v turistično, tako da planine služijo v namen prostočasnih dejavnosti. Vse to vpliva na večjo verjetnost onesnaževanja jam, predvsem zaradi slabše organiziranosti odvoza komunalnih odpadkov na odmaknjenih območjih (na primer Pokljuka in Pršivec). V visokogorju največ odpadkov nastaja zaradi planinskih koč. Ker je bil v preteklosti odvoz odpadkov neurejen, so številne koč izkoriščale bližino jam za odlaganje odpadkov (na primer Koča Petra Skalarja na Kaninu in Triglavski dom na Kredarici). Pomembno vlogo pri dostopnosti visokogorja imajo tudi žičnice, ki jih uporabljajo bodisi za oskrbo planinskih koč (na primer Dom na Komni) bodisi za namene smučišč (na primer Kanin in Vogel). Tu izpostavljamo primer Kaninske žičnice (slika 24), ki je izjemno povečala dostopnost visokogorskega krasa in v bližini katere je več močno onesnaženih jam.



Slika 24: Povečanje dostopnosti gorskega sveta z žičnicami vodi v povečanje onesnaženosti kraških jam kot na primeru Kanina, kjer onesnaženost jam vpliva tudi na onesnaženost kraških izvirov (fotografija: Jure Tičar, 22. 5. 2016).



Slika 25: Stanje onesnaženosti jam v Julijskih Alpah.

4.2 Ložniško in Hudinjsko gričevje

V analizo onesnaženosti jam v Ložniškem in Hudinjskem gričevju je bilo vključenih 73 jam. Med **čiste** smo uvrstili 31 jam (42,5 % vseh), med **onesnažene** 42 jam (57,5 %), **uničenih** jam pa na tem območju ni. Nadalje je med onesnaženimi jamami 24 **malo onesnaženih** (57,1 % onesnaženih jam), devet **srednje onesnaženih** (21,4 %) ter devet **močno onesnaženih** (21,4 %) (slika 26).

Ložniško in Hudinjsko gričevje se uvršča med območja z najvišjim deležem onesnaženih jam v Sloveniji, kar je glede na gosto poseljenost območja osamelega krasa pričakovano. Med najbolj onesnažena območja se uvrščata Ponikovska planota ter porečje Hotunjščice. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 6.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
3517	Kvartičevo brezno	Sevčnik	50,0	31
553	Pekel pri Zalogu	Ponikovska planota	20,0	40
1267	Rojnikovo brezno	Ponikovska planota	20,0	10
1344	Brezno pri Novem Kloštru	Preloge	10,0	9
3953	Batnikova jama	Novi Klošter	10,0	2
1345	Požrlovo brezno	Založe	5,0	10
2515	Gramškova jama	Založe	5,0	21
3519	Lisičja luknja	Ponikovska planota	5,0	10
5507	Brezno v Socki	Ponikovska planota	5,0	10
3493	Vranjekova rupa 1	Andraž nad Polzelo	2,0	4

Preglednica 6: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Ložniškem in Hudinjskem gričevju.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 148,0 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 6,0 m³, srednje onesnaženih 12,0 m³ ter močno onesnaženih 130,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 3,5 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 12,8 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 12,1 m, v srednje onesnaženih 11,4 m, v močno onesnaženih pa 15,9 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo komunalni – nenevarni odpadki v 38 jamah (90,5 % onesnaženih jam), primarni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 26 (61,9 %) ter gradbeni – nenevarni odpadki v desetih jamah (23,8 %). Zastopanost različnih vrst odpadkov se praviloma povečuje s stopnjo onesnaženosti. Nevarne odpadke smo

evidentirali v dveh jamah (4,8 % onesnaženih jam), dotok onesnažene vode v dveh (4,8 %), plastične odpadke v 34 (81,0 %) ter živalske odpadke v 19 (45,2 %).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1989, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1993, pri srednje onesnaženih leta 1983, pri močno onesnaženih pa leta 1981. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,9 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 28,5 let, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 23,6 let, pri srednje onesnaženih 34,0 let, pri močno onesnaženih pa 36,2 let.

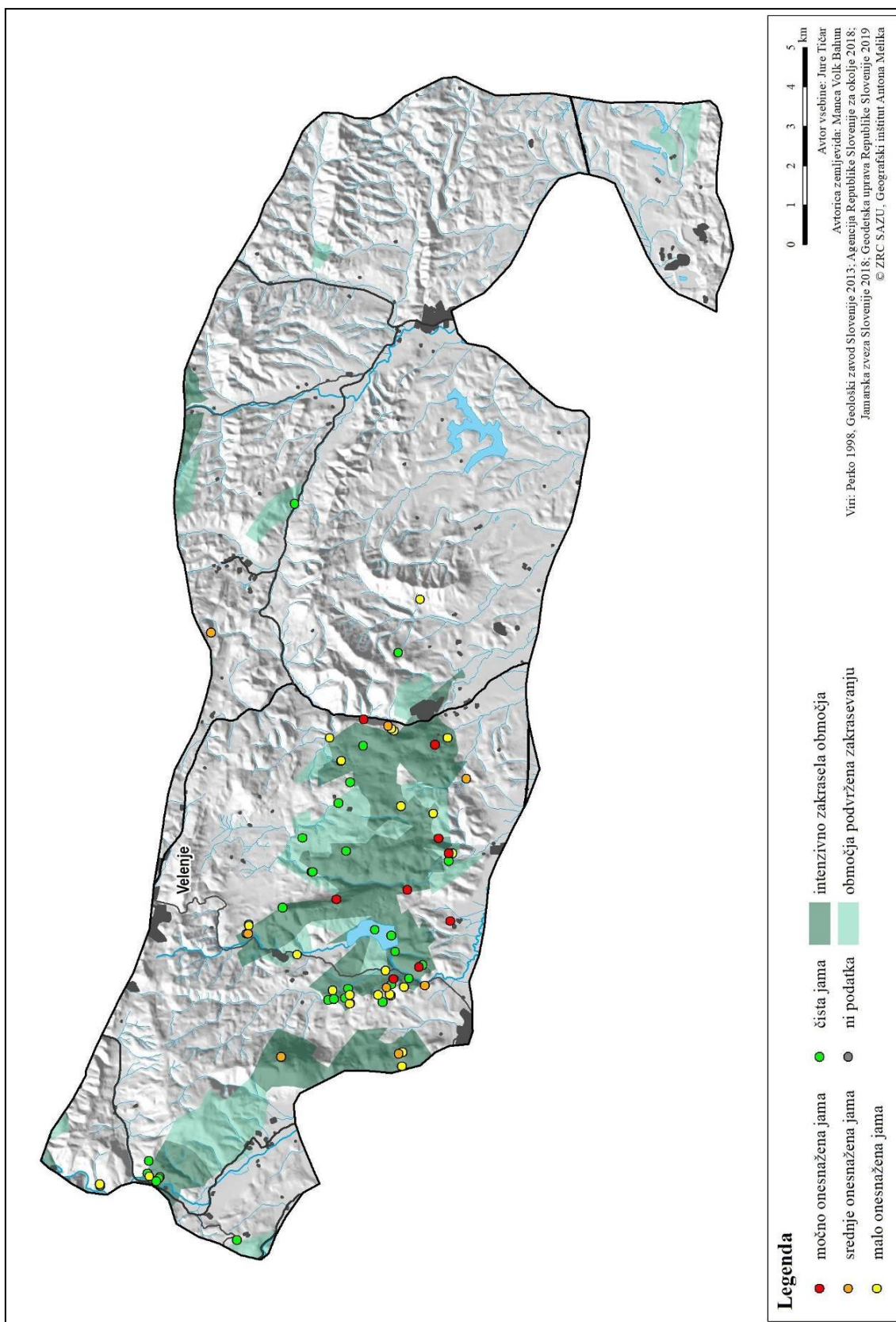
Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v šestih jamah (8,2 % vseh), in sicer v Tajni jami 1 (kat. št. 527), Lokoviški jami (kat. št. 3959), Breznu nad Brezovim (kat. št. 5508), Lovsko jamo Rinka (kat. št. 6600), Jamo na Dragi (kat. št. 7393) ter Rakunovem breznu (kat. št. 7590). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 2008, pri čemer so bile pri čistih popisane leta 2014 in pri onesnaženih leta 2004. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 12,7 let, med čistilno akcijo in sedanjostjo pa 8,2 let.

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 45 oziroma 61,6 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v osmih jamah (11,0 %) ter raba jam z zmernim vplivom v dveh jamah (2,7 %). Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 45 jamah (61,6 % vseh), pridobivanje surovin v šestih jamah (8,2 %), znanstvenoraziskovalna raba vojaško zaklonišče v štirih jamah (5,5 %) ter vojaško zaklonišče v treh jamah (4,1 %).

V vzorcu obravnavanih jam je pri 26 jamah (35,6 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih pet čistih jam (16,1 % čistih jam) in 21 onesnaženih jam (50,0 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam kaže razliko pri stopnji onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi 11 poškodovanih jam (45,8 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi štiri poškodovane jame (44,4 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi šest poškodovanih jam (66,7 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih z umetno razširitvijo rovov (10 oziroma 13,7 % vseh), poškodbo kapnikov (10 oziroma 13,7 %) ter odstranitvijo sedimentov (9 oziroma 12,3 %).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 29,3 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 15,9 let in pri onesnaženih 39,2 let. Pri stopnji onesnaženosti jam obdobje med bolj onesnaženimi jamami upada. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 11,2 leti, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 13,8 let in pri onesnaženih 9,3 let.

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Ložniškega in Hudinjskega gričevja v večji meri opredeljuje dobra dostopnost in razpršena poselitev osamelega krasa na nižjih nadmorskih višinah. Velik delež onesnaženih jam je v bližini naselij. S tem je zaradi številnih krajevnih cest dostopnost jam večja kot na drugih območjih. V okolici naselij je velik delež obdelovalnih zemljišč, vhodi v jame pa so praviloma v gozdu, kjer dostopnost povečujejo gozdne ceste in vlake, ki jih sicer nismo prostorsko analizirali. Bližina naselij opredeljuje tudi strukturo odpadkov, saj v večini jam najdemo raznovrstne gospodinjske odpadke. Posamezne jame kot na primer Vranjekova rupa 1 (kat. št. 3493), Vranjekova rupa 2 (kat. št. 3494) in Batnikova jama (kat. št. 3953) so povsem zasute z odpadki. Med onesnažene jame uvrščamo tudi turistično jamo Pekel pri Zalogu (kat. št. 553), kjer v naravno stanje jame posega turistična infrastruktura. V Ložniškem in Hudinjskem gričevju so v preteklosti izkoriščali železovo rudo, kar opazimo v Novi jami (kat. št. 4384) ter Jami za gostilno (kat. št. 8026), v katerih so izkopali rudniške rove. Visok delež onesnaženih jam pripisujemo razmeroma majhnemu številu jam na območju ter obenem dobri raziskanosti stanja jam. V preteklosti je namreč tu Koroško Šaleški jamarski klub "Speleos-Siga" Velenje izvajal projekt Varstvo kraških jam in virov pitne vode v okviru Finančnega mehanizma EGP in Norveškega finančnega mehanizma (Hribernik 2010), v katerem je natančno popisal stanje jam in informacije podal v zapisnikih Katastra jam.



Slika 26: Stanje onesnaženosti jam v Ložniškem in Hudinjskem gričevju.

4.3 Posavsko hribovje

V analizo onesnaženosti jam v Posavskem hribovju je bilo vključenih 229 jam. Med **čiste** smo uvrstili 133 jam (58,1 % vseh), **onesnažene** 92 jam (40,2 %) ter med **uničene** štiri jame (1,7 %). Nadalje je med onesnaženimi jamami 52 **malo onesnaženih** (56,5 % onesnaženih jam), 22 **srednje onesnaženih** (23,9 %) ter 18 **močno onesnaženih** (19,6 %) (slika 27).

Posavsko hribovje se uvršča med območja z visokim deležem onesnaženih jam, kar je glede na številna manjša naselja in lažjo dostopnost jam pričakovan rezultat. Med najbolj onesnažena območja se uvrščajo kraške planote severno od doline reke Save ter v okolici Stične. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 7.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
2940	Gmajnarjevo brezno v Žejah	Sveta Trojica	20,0	25
3997	Dobravška jama	Dobrava pri Stični	20,0	21
7730	Ravkarjevo brezno	Vrhopolje pri Moravčah	20,0	19
1851	Jama pri Njivicah	Njivice	15,0	3
2678	Železna jama	Gorjuša	10,0	26
4001	Rojska jama 1	Roje pri Čatežu	10,0	10
6129	Brezno v Kleniku	Klenik	10,0	18
6893	Jama pri Barbari	Stična	10,0	12
8950	Jama nad Hočevarjem	Škratova dolina	10,0	12
7727	Vovkova jama	Vrhopolje pri Moravčah	8,0	11

Preglednica 7: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Posavskem hribovju.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 274,8 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 13,8 m³, srednje onesnaženih 33,0 m³ ter močno onesnaženih 228,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 3,0 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 12,6 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti neizrazito povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 10,5 m, v srednje onesnaženih 16,1 m, v močno onesnaženih pa 14,3 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo komunalni – nenevarni odpadki v 65 jamah (70,7 % onesnaženih jam), primarni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 62 (67,4 %) ter gradbeni – nenevarni odpadki v 18 jamah (19,6 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v desetih jamah (10,9 % onesnaženih jam), neeksplozivna ubojna sredstva v eni (1,1 %), dotok onesnažene vode v dveh (2,2 %), plastične odpadke v 57 (62,0 %), živalske odpadke v 52 (56,5 %) ter človeške ostanke v treh (3,3 %).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1995, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1998, pri srednje onesnaženih leta 1990, pri močno onesnaženih pa leta 1991. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,8 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 22,2 let, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 18,7 let, pri srednje onesnaženih 26,9 let, pri močno onesnaženih pa 26,5 let.

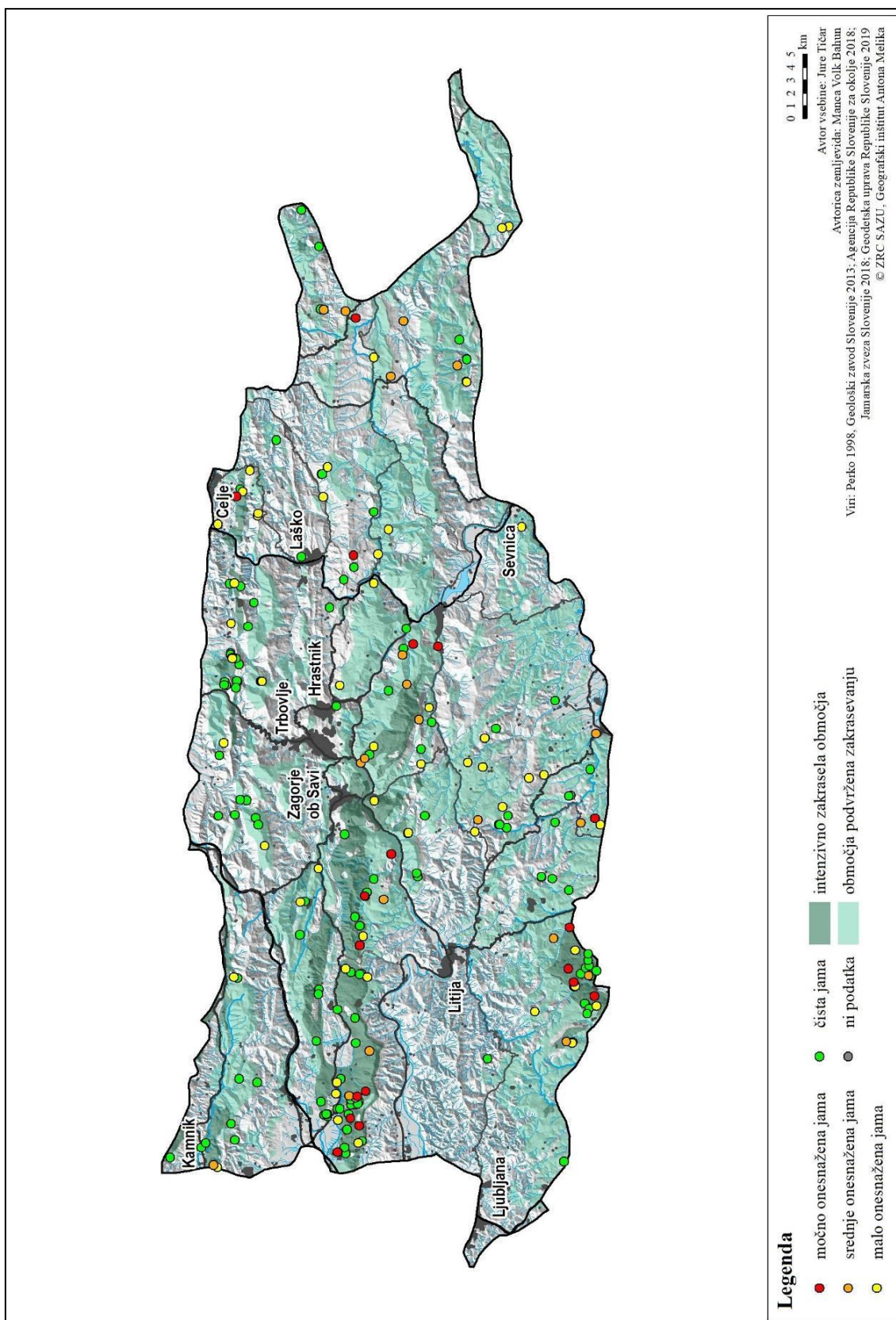
Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v 17 jamah (7,4 % vseh). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 2002, pri čemer je bila pri čistih in pri onesnaženih jamah popisana leta 2002. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 7,3 let, med čistilno akcijo in sedanjostjo pa 15,4 let.

V vzorcu obravnavanih jam je pri 51 jamah (22,3 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih 21 čistih jam (15,8 % čistih jam) in 26 onesnaženih jam (28,3 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam ne kaže velike razlike pri stopnji onesnaženosti, čeprav je med malo onesnaženimi 15 poškodovanih jam (28,8 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi štiri poškodovane jame (18,2 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi sedem poškodovanih jam (38,9 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih z umetno razširitvijo rogov (22 oziroma 9,6 % vseh), odstranitvijo sedimentov (15 oziroma 6,6 %) ter poškodbo kapnikov (12 oziroma 5,2 %).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 119 oziroma 52,0 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 46 jamah (20,1 %) ter raba jam z zmernim vplivom v petih jamah (2,2 %). Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 105 jamah (45,9 % vseh), zatočišče v 24 jamah (10,0 %), znanstvenoraziskovalna raba v 20 jamah (8,7 %) ter pridobivanje surovin v osmih jamah (3,5 %).

Med odkritjem jame in zadnjo pridobljeno informacijo je povprečno minilo 21,2 leti, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 19,5 let in pri onesnaženih 21,3 let. Podobno razliko smo ugotovili tudi pri stopnji onesnaženosti jam, kjer obdobje narašča. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 18,3 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 20,8 let in pri onesnaženih 14,9 let.

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Posavskega hribovja v večji meri opredeljujeta dobra dostopnost in razpršena poselitev osamelega krasa na manjših zakraselih planotah. Velik delež onesnaženih jam je v bližini naselij. S tem je zaradi številnih lokalnih cest dostopnost jam večja kot na drugih območjih. V okolici naselij je velik delež obdelovalnih zemljišč, vhodi v jame pa seo praviloma v gozdu, kjer dostopnost povečujejo gozdne ceste in vlake. Bližina naselij opredeljuje tudi strukturo odpadkov, saj v večini jam najdemo raznovrstne gospodinjske odpadke. Posamezne jame kot na primer Gmajnarjevo brezno v Žejah (kat. št. 2940) ter Pumprova jama (kat. št. 6562) so povsem zasute z odpadki. Med onesnažene jame uvrščamo tudi turistično jamo Železna jama (kat. št. 2678), kjer je naravno stanje jame spremenila turistična infrastruktura. Številne jame kot so Brezno nad Gmajnarjevo bajto (kat. št. 767), Ajdovska jama (kat. št. 2058) in Lovračeva jama (kat. št. 4706), so v preteklosti služile kot zatočišče v času 2. svetovne vojne. Na območju Posavskega hribovja so tudi štiri izmed sedmih uničenih jam, ki smo jih popisali v obravnavanih pokrajinah. Jama Bambula (kat. št. 243) je bila uničena ob širitvi kamnoloma nad Hrastnikom, jami Ravbarska luknja 2 (kat. št. 498) in Ravbarska luknja 3 (kat. št. 499) so bile uničene ob širitvi kamnoloma nad Libojami, Jama v kamnolomu pri Suhem (kat. št. 4632) pa pri širitvi manjšega kamnoloma pri Dobju pri Planini.



Slika 27: Stanje onesnaženosti jam v Posavskem hribovju.

4.4 Savska ravan

V analizo onesnaženosti jam na Savski ravni je bilo vključenih 108 jam. Med **čiste** smo uvrstili 70 jam (64,8 % vseh), **onesnažene** 37 jam (34,3 %) ter med **uničene** eno jamo (0,9 %). Nadalje je med onesnaženimi jamami 19 **malo onesnaženih** (51,4 % onesnaženih jam), 7 **srednje onesnaženih** (18,9 %) ter 11 **močno onesnaženih** (29,7 %) (slika 29).

Savska ravan se uvršča med območja z visokim deležem onesnaženih jam, kar je glede na gosto poseljenost in lažjo dostopnost jam pričakovan rezultat. Med najbolj onesnažena območja se uvrščajo zakraselo območje severno od Rašice, območje Udin Boršta ter območja urbane poselitve. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 8.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
3074	Jama na Studencu	Ljubljana	20,0	1
2578	Sapnica	Mengeš	10,0	17
2746	Projev grez	Sorško polje	10,0	8
3400	Šišenska jama	Ljubljana	10,0	6
8158	Jablje 4	Jablje	10,0	11
11276	Vreče 1	Dobrave	10,0	15
11568	Vreče 10	Dobrave	10,0	8
369	Tular	Kranj	5,0	7
1075	Dacarjevo brezno	Zgornje Duplje	5,0	15
2065	Grogovčev brezen	Škofja Loka	5,0	1

Preglednica 8: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam na Savski ravni.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 118,9 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 5,9 m³, srednje onesnaženih 13,0 m³ ter močno onesnaženih 100,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 3,2 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 8,6 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti nezvezno povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 7,6 m, v srednje onesnaženih 12,0 m, v močno onesnaženih pa 8,2 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo primarni – nenevarni odpadki v 25 jamah (67,6 % onesnaženih jam), komunalni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 24 (64,9 %) ter gradbeni – nenevarni odpadki v 14 jamah (37,8 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v treh jamah (8,1 % onesnaženih jam), dotok onesnažene vode v eni (2,7 %), plastične odpadke v 23 (62,2 %), živalske odpadke v 18 (48,6 %) ter človeške ostanke v eni (2,7 %).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1995, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1997, pri srednje onesnaženih leta 1995, pri močno onesnaženih pa leta 1991. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,7 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 22,5 let, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 20,4 let, pri srednje onesnaženih 22,0 let, pri močno onesnaženih pa 26,5 let.



Slika 28: Jama na Studencu (kat. št. 3074) je vzhodno od Ljubljane in je izoblikovana v konglomeratu. Jama je v času 2. svetovne vojne služila v namene NOB, danes pa je zatrpna s smetmi (fotografija: Jure Tičar, 22. 10. 2019).

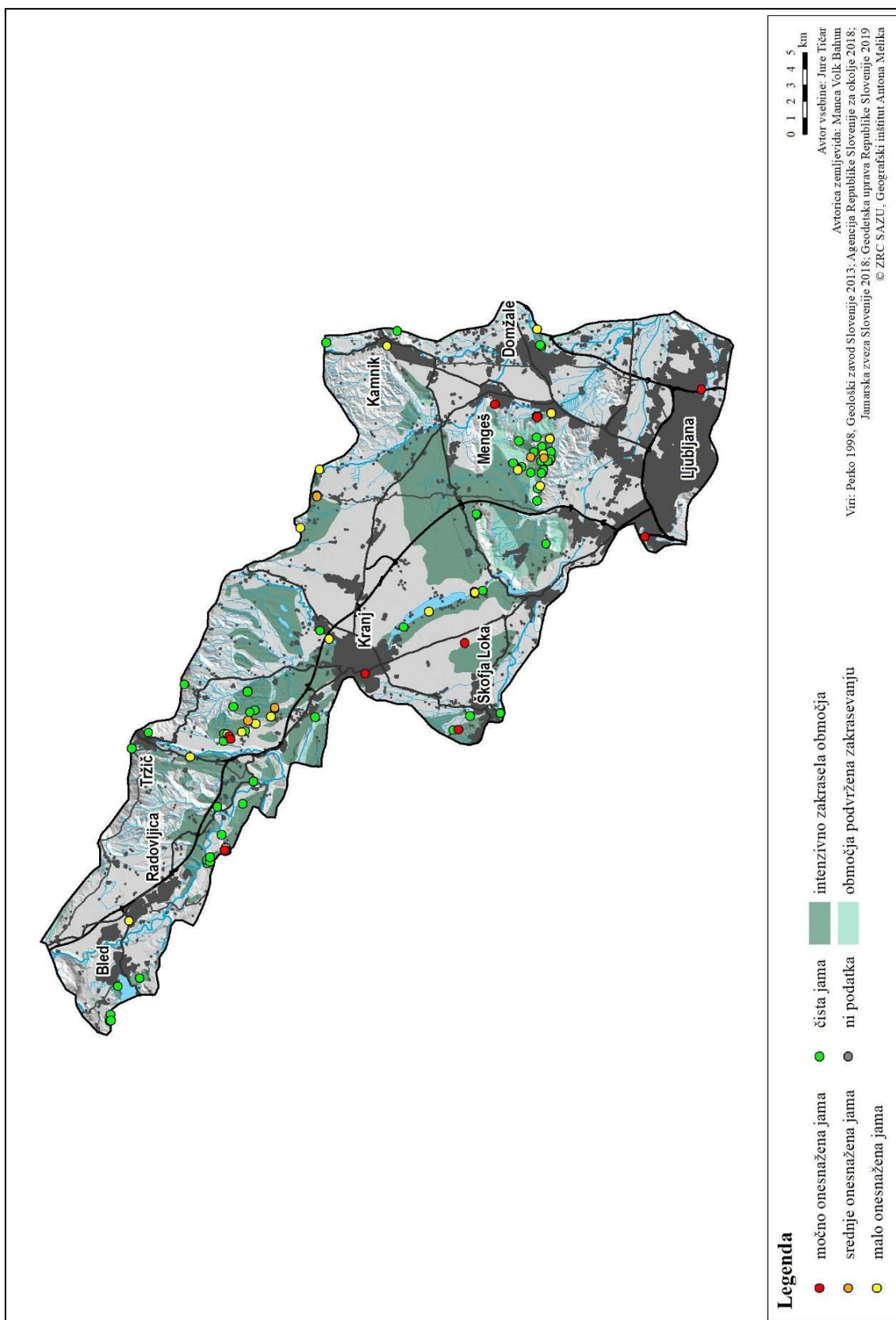
Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v treh jamah (2,8 % vseh), in sicer v Urhovi jami (kat. št. 505), Arneževi luknji (kat. št. 763) ter Laznikarjevi zijavki (kat. št. 4598). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 1984, pri čemer je bila pri čistih popisana leta 2010 in pri onesnaženih leta 1971. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 16,3 let, med čistilno akcijo in sedanjostjo pa 33,3 let.

V vzorcu obravnavanih jam je pri 26 jamah (24,1 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih 10 čistih jam (14,3 % čistih jam) in 15 onesnaženih jam (40,5

% onesnaženih jam). Poškodovanost jam ne kaže zvezne razlike pri stopnji onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi šest poškodovanih jam (31,6 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi dve poškodovani jami (28,6 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi sedem poškodovanih jam (63,6 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih s premikom sedimentov (14 oziroma 13,0 % vseh), umetno razširitvijo rovov (8 oziroma 7,4 %) ter odstranitvijo sedimentov (7 oziroma 6,5 %).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 47 oziroma 43,5 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 18 jamah (16,7 %) ter raba jam z zmernim vplivom v treh jamah (2,8 %). Intenzivnost rabe jam se s stopnjo onesnaženosti praviloma zmanjšuje. Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 38 jamah (35,2 % vseh), znanstvenoraziskovalna raba v 12 jamah (11,1 %), vojaško zaklonišče v šestih jamah (5,6 %), ter pridobivanje surovin v petih jamah (4,6 %).

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Savske ravni v večji meri opredeljuje lažja dostopnost osamelega krasa na nižjih nadmorskih višinah. Onesnažene jame so praviloma v neposredni bližini večjih poselitvenih središč ali na manjših vzpetinah, ki se dvigujejo nad Savsko ravnjo. Na tem območju se poleg poselitvenih središč prepletajo številne intenzivne dejavnosti kot so gospodarstvo, promet in ostale. Večji del jam, še posebej onesnaženih je lahko dostopen. Med strukturo odpadkov poleg raznovrstnih gospodinjskih odpadkov pogosto najdemo tudi gradbene odpadke, ki so bili sicer velikokrat odloženi tudi v gramoznicah. Posamezne jame kot na primer Dacarjevo brezno (kat. št. 1075) in jama Vreče 9 (kat. št. 11.570) so povsem zasute z odpadki. Med onesnažene jame prištevamo tudi jamo Tular (kat. št. 369), ki je bila med 2. svetovno vojno preurejena v vojaško zaklonišče, pozneje pa v jamski laboratorij za preučevanje človeške ribice. Številne jame kot so Matjaževa jama (kat. št. 69), Šmajdov grad (kat. št. 1339) in Partizanska jama pod Okroglim (kat. št. 2878), so v preteklosti služile kot zatočišče v času 2. svetovne vojne (slika 28).



Slika 29: Stanje onesnaženosti jam na Savski ravni.

4.5 Vipavska dolina

V analizo onesnaženosti jam v Vipavski dolini je bilo vključenih 63 jam. Med **čiste** smo uvrstili 36 jam (57,1 % vseh), **onesnažene** 25 jam (39,7 %), **uničenih** jam na tem območju ni, za dve jami (3,2 %) pa ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja. Nadalje je med onesnaženimi jamami 13 **malo onesnaženih** (52,0 % onesnaženih jam), osem **srednje onesnaženih** (32,0 %) ter štiri **močno onesnažene** (16,0 %) (slika 31).

Vipavska dolina se uvršča med območja z visokim deležem onesnaženih jam v Sloveniji, kar je glede na število in dostopnost jam pričakovan rezultat. Med najbolj onesnažena območja se uvršča okolica Planine, vznožje Trnovskega gozda ter Nanosa ter vznožje Krasa. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 9.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
3509	Bezovlaška jama	Vogrsko	200,0	8
2322	Jama v Dobraveljski javi	Dobravlje	30,0	5
6656	Pri stari trsnici	Vipava	10,0	5
6134	Brezno pri Miheljih	Sveti Martin	5,0	15
1904	Mežnarjeva jama	Vrhe	2,0	10
7175	Hb 1 (Hrbec)	Vrhe	2,0	10
7520	Zgoneča jama v Fortunatovi dolini	Planina	2,0	7
1716	Jama Butovca	Štrancarji	1,0	10
1855	Okno	Dolenja vas	1,0	7
6193	Štirna	Razguri	1,0	10

Preglednica 9: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Vipavski dolini.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 259,6 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 3,6 m³, srednje onesnaženih 11,0 m³ ter močno onesnaženih 245,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 10,4 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 10,7 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti ne povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 11,0 m, v srednje onesnaženih 11,4 m, v močno onesnaženih pa 8,3 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo komunalni – nenevarni odpadki v 14 jamah (56,0 % onesnaženih jam), primarni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 13 (52,0 %) ter gradbeni – nenevarni odpadki v devetih jamah (36,0 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v eni jami (4,0 % onesnaženih jam), neeksplozivna ubojna sredstva v eni (4,0 %), dotok onesnažene vode v eni (4,0 %), plastične odpadke v 12 (48,0 %) ter živalske odpadke v desetih (40,0 %).

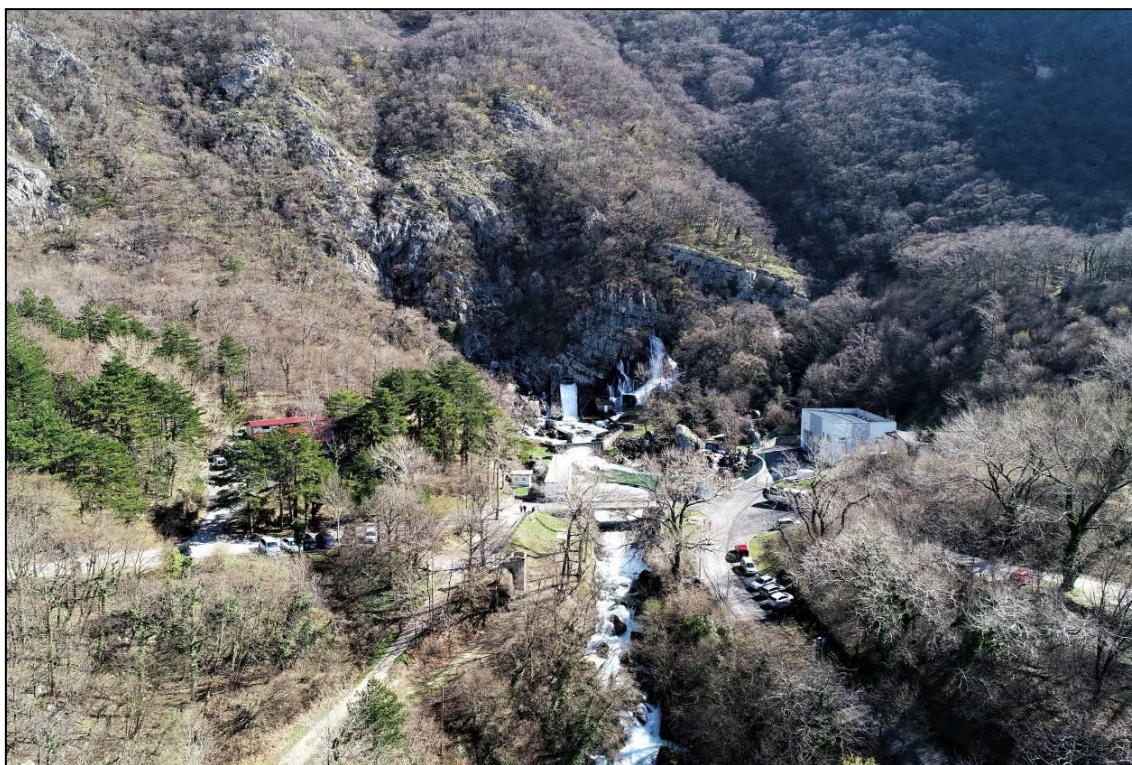
Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1999, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 2005, pri srednje onesnaženih leta 1986, pri močno onesnaženih pa leta 2005. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,6 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 18,2 let, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 12,2 leti, pri srednje onesnaženih 30,9 let, pri močno onesnaženih pa 12,5 let.

Čistilne akcije v Vipavski dolini niso bile izvedene.

V vzorcu obravnavanih jam je pri 13 jamah (20,6 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih šestih čistih jam (16,7 % čistih jam) in sedmih onesnaženih jam (28,0 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam kaže razliko pri stopnji onesnaženosti, saj sta med malo onesnaženimi dve poškodovani jami (15,4 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi tri poškodovane jame (37,5 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi dve poškodovani jami (50,0 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih z zasutjem vhoda (3 oziroma 4,8 % vseh), umetno razširitvijo rovov (3 oziroma 4,8 %) ter poškodbo kapnikov (3 oziroma 4,8 %).

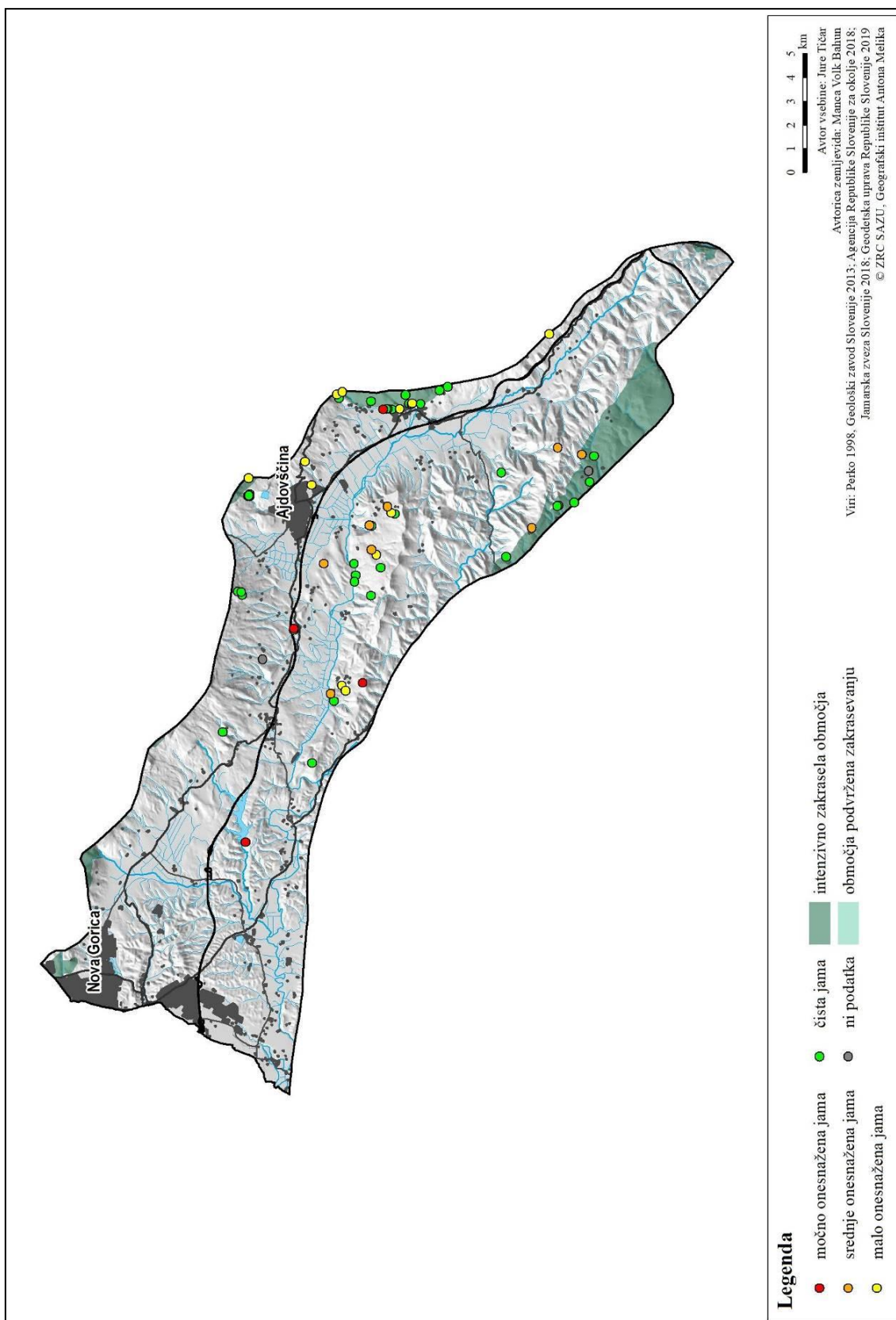
Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 26 oziroma 41,3 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 14 jamah (22,2 %) ter raba jam z zmernim vplivom v dveh jamah (3,2 %). Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 25 jamah (39,7 % vseh), znanstvenoraziskovalna raba v sedmih jamah (11,1 %), vodni viri šestih jamah (9,5 %), ter zatočišče v štirih jamah (6,3 %).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 23,1 leto, pri čemer pri čistih jamah povprečno 26,6 let in pri onesnaženih 20,0 let. Pri stopnji onesnaženosti jam obdobje med bolj onesnaženimi jamami upada. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 15,0 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 14,8 let in pri onesnaženih 11,8 let.



Slika 30: Izvir Hublja na južnem pobočju Trnovskega gozda, je največji kraški izvir v Vipavski dolini, v zaledju pa smo odkrili številne močno onesnažene jame (fotografija: Jure Tičar, 2. 4. 2018).

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Vipavske doline opredeljuje dobra dostopnost nizkega dinarskega krasa in vznožja visokega dinarskega krasa (slika 30). Velik delež onesnaženih jam je v bližini razloženih naselij ali poselitvenih središč ter s tem povezanih lokalnih cest. Bližina naselij, razvita gospodarska dejavnost ter kmetijstvo opredeljuje tudi strukturo odpadkov, saj v večini jam najdemo raznovrstne gospodinjske odpadke, gradbene odpadke ter klavniške odpadke. Bezovlaška jama (kat. št. 3509), ki je z 200 m³ odpadkov najbolj onesnažena jama v Vipavski dolini, je zalita z betonom, ki so ga uporabili ob sidranju betonske pregrade zadrževalnika Vogršček. Z gradbenimi odpadki so zasuli tudi Jamo v Dobravljiski javi (kat. št. 2322) ter jamo Pri stari trsnci (kat. št. 6656). V Zgonečjo jamo v Fortunatovi dolini (kat. št. 7520) so v preteklosti odmetavali piščance z bližnje perutninske farne. Med 2. svetovno vojno so za zatočišče uporabljali Škvarčevo luknjo (kat. št. 7519) ter Krušno peč (kat. št. 10.390). Zanimiva je raba jame Okno (kat. št. 1855) pod naseljem Planina, ki je nekoč služila za pranje perila, po izdelavi vodovodnega omrežja pa so v jamo odmetavali odpadke. Podoben odnos do jam je v naselju Razguri v jami Štirna (kat. št. 6193), ki so jo nekoč uporabljali kot vodnjak za pridobivanje pitne vode, danes pa je jama polna odpadkov.



Slika 31: Stanje onesnaženosti jam v Vipavski dolini.

4.6 Koprška brda

V analizo onesnaženosti jam v Koprskih brdih je bilo vključenih 62 jam. Med **čiste** smo uvrstili 46 jam (74,2 % vseh), med **onesnažene** 16 jam (25,8 %), **uničenih** jam pa na tem območju ni. Nadalje je med onesnaženimi jamami devet **malo onesnaženih** (56,3 % onesnaženih jam), dve **srednje onesnaženi** (12,5 %) ter pet **močno onesnaženih** (31,3 %) (slika 33).

Koprška brda se uvrščajo med območja z večjim deležem čistih jam v Sloveniji. Med najbolj onesnažena območja se uvršča območje Kraškega roba ter urbana območja Izole in Kopra. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 10.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
2425	Izolansko brezno	Izola	50,0	8
4778	Ponikve pod Lukini	Gračišče	10,0	1
4779	Tribanska jama	Šalara	10,0	4
9397	Antronček 2	Izola	10,0	8
12347	Grež na avtocesti pri viaduktu Črni Kal	Črni Kal	7,0	15
4780	Brezno pri Sv. Petru	Izola	1,0	9
9396	Antronček	Izola	1,0	13
3773	Jama v gradu	Podpeč	0,5	4
8507	Jama v Štrkljevici	Podpeč	0,5	10
11847	Voodoo jama	Gračišče	0,4	2

Preglednica 10: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Koprskih brdih.

V obravnavanih jamah je po oceni skupno **odloženih** 91,6 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 2,6 m³, srednje onesnaženih 2,0 m³ ter močno onesnaženih 87,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 5,7 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 8,5 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti ne povečuje, saj je v malo onesnaženih jamah ta 8,7 m, v srednje onesnaženih 11,0 m, v močno onesnaženih pa 7,2 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo gradbeni – nenevarni odpadki v sedmih jamah (43,8 % onesnaženih jam), primarni – nenevarni odpadki so bili najdeni v šestih (37,5 %) ter komunalni – nenevarni odpadki v šestih jamah (37,5 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v eni jami (6,3 % onesnaženih jam), neeksplozirana ubojna sredstva v eni (6,3 %), plastične odpadke v štirih (25,0 %), živalske odpadke v štirih (25,0 %) ter človeške ostanke v eni (6,3 %).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1991, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1991, pri srednje onesnaženih leta 2006, pri močno onesnaženih pa leta 1986. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,1 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 25,9 let, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 26,2 leti, pri srednje onesnaženih 11,5 let, pri močno onesnaženih pa 31,2 leti.

Čistilne akcije v Koprskih brdih niso bile izvedene.

V vzorcu obravnavanih jam je pri 24 jamah (38,7 % vseh) opredeljena **poškodovanost** (slika 32), pri čemer je poškodovanih 12 čistih jam (26,1 % čistih jam) in 12 onesnaženih jam (75,0 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam kaže razliko pri stopnji onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi pet poškodovanih jam (55,6 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi dve poškodovani jami (vse) ter med močno onesnaženimi pet poškodovanih jam (vse). Med poškodbami je največ povezanih z zasutjem vhoda (7 oziroma 11,3 % vseh), umetno razširitvijo rogov (7 oziroma 11,3 %) ter premikom sedimentov (6 oziroma 9,7 %).

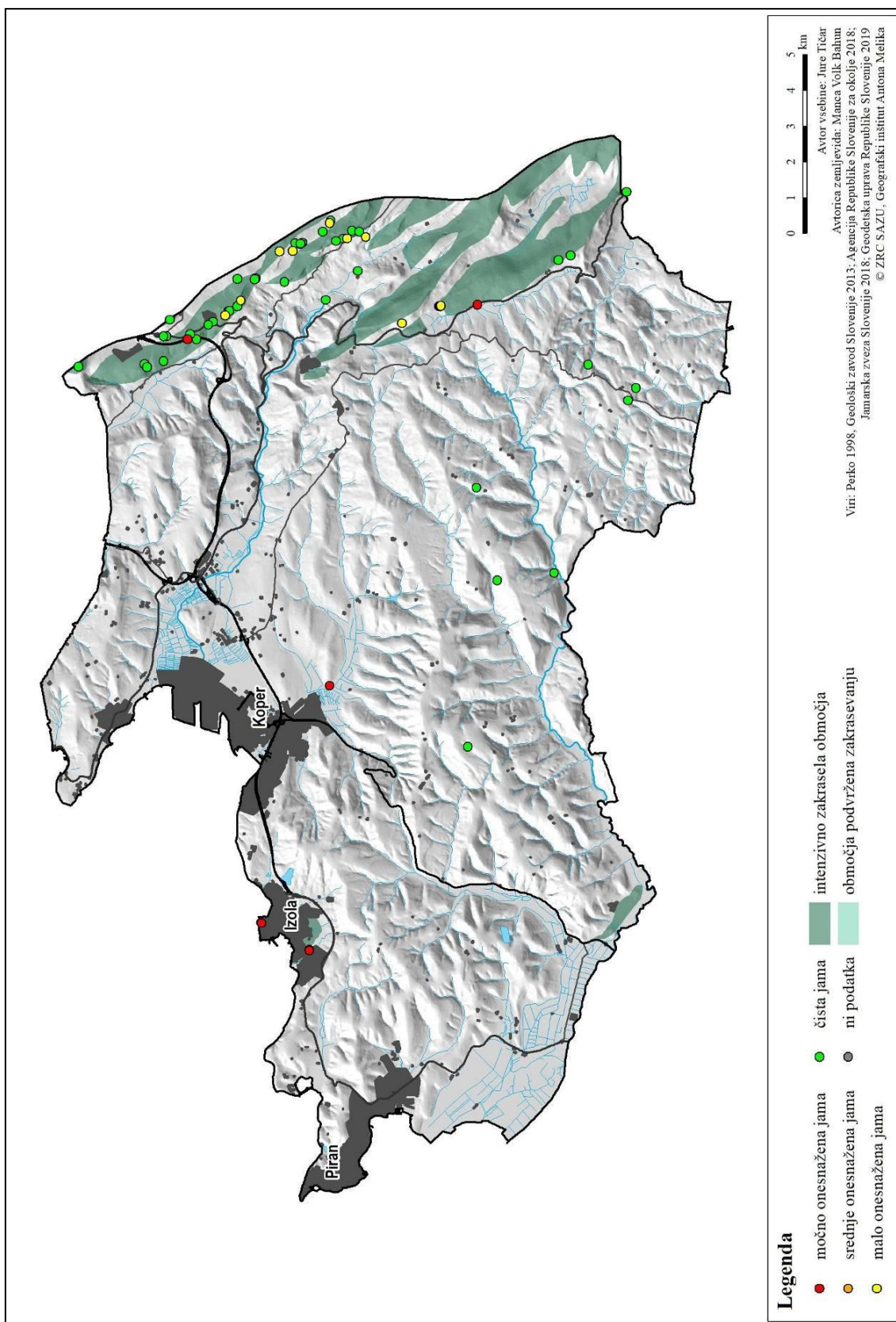
Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 21 oziroma 33,9 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 20 jamah (32,3 %) ter raba jam z zmernim vplivom v štirih jamah (6,5 %). Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 16 jamah (25,8 % vseh), znanstvenoraziskovalna raba v 13 jamah (21,0 %), zatočišče v sedmih jamah (11,3 %) ter vojaško zaklonišče v treh jamah (4,8 %).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 11,9 let, pri čemer pri čistih jamah povprečno 11,3 let in pri onesnaženih 13,4 let. Po drugi strani z naraščanjem stopnje onesnaženosti jam obdobje upada. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 25,7 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 29,5 let in pri onesnaženih 14,8 let.



Slika 32: Vhod v Jamo pod Krogom (Č-6) (kat. št. 3756) med Podpečjo in Črnotičami, ki je bila v preteklosti zaradi enostavnega dostopa poškodovana s številnimi napisi na kapnikih in stenah, v vhodnem delu pa so potekala arheološka izkopavanja (fotografija: Jure Tičar, 1. 1. 2020).

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Koprskih brd v večji meri opredeljujejo dobra dostopnost, razpršena poselitev na Kraškem robu in pod njim, ter strnjena poselitev v večjih središčih kot sta Izola in Koper. Vhodi v onesnažene jame so praviloma v gozdu, vendar je ta delež manjši kot v drugih pokrajinah, sledijo pa urbana območja ter travniki in pašniki, ki prevladujejo na Kraškem robu. Veliko onesnaženih jam je bilo zasutih z gradbenimi odpadki ali skalami. Med takšnimi jamami velja izpostaviti jami Antronček (kat. št. 9396) ter Antronček 2 (kat. št. 9397), ki sta bili odkriti med gradbenimi deli za podzemno garažo v Izoli, ter nato obzidani s temelji in zaprti z jaški. Ob infrastrukturnih objektih je bil poseg v jamo izveden tudi v Grezu na avtocesti pri viaduktu Črni Kal (kat. št. 12.347), kjer so grez pod asfaltno podlago zalili z betonom. Številne jame na Kraškem robu kot so Osapska jama (kat. št. 1154), Pečina nad Črnim Kalom (kat. št. 2713), Jama v Zjati (kat. št. 3784) in Jama v gradu (kat. št. 3773), so bile uporabljene kot zatočišče za prebivalstvo v času turških vpadov.



Slika 33: Stanje onesnaženosti jam v Koprskih brdih.

4.7 Kras

V analizo onesnaženosti jam na Krasu je bilo vključenih 1077 jam. Med **čiste** smo uvrstili 817 jam (75,9 % vseh), **onesnažene** 245 jam (22,7 %) **uničenih** jam na tem območju ni, za 15 jam (1,4 %) pa ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja. Nadalje je med onesnaženimi jamami 98 **malo onesnaženih** (40,0 % onesnaženih jam), 81 **srednje onesnaženih** (33,1 %) ter 66 **močno onesnaženih** (26,9 %) (slika 35).

Kras se uvršča med območja s povišanim deležem onesnaženih jam v Sloveniji, kar je glede na število jam in dostopnost jam pričakovan rezultat. Onesnaženje je razpršeno po celotni planoti, večji delež je zaznati v okolici urbanih območij in cest. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 11.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
315	Jama na Brundlovem partu	Sežana	200,0	86
954	Jeriševa jama	Kazlje	200,0	70
5235	Brezno ob cesti	Lokev	200,0	18
3601	Sežansko brezno	Sežana	150,0	51
6944	Smetišče pri Vojščici	Vojščica	120,0	8
464	Jama na Gaberku	Križ	100,0	10
735	Škocjanske jame	Škocjan	100,0	250
741	Divaška jama	Divača	100,0	89
2159	Drenovca	Klariči	100,0	25
5376	Volčjigrajska Globonica	Volčji Grad	100,0	24

Preglednica 11: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam na Krasu.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 2385,4 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 29,4 m³, srednje onesnaženih 140,0 m³ ter močno onesnaženih 2216,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 9,7 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 32,9 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti neizrazito povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 31,6 m, v srednje onesnaženih 26,1 m, v močno onesnaženih pa 43,1 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo komunalni – nenevarni odpadki v 162 jamah (66,1 % onesnaženih jam), primarni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 158 (64,5 %) ter gradbeni – nenevarni odpadki v 59 jamah (24,1 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v 51 jamah (20,8 % onesnaženih jam), neeksplozivna ubojna sredstva v 37 (15,1 %), dotok onesnažene vode v devetih (slika 34) (3,7 %), plastične odpadke v 137 (55,9 %), živalske odpadke v 130 (53,1 %) ter človeške ostanke v 14 (5,7 %).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1976, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1979, pri srednje onesnaženih leta 1973, pri močno onesnaženih pa leta 1976. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 3,8 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 41,0 let, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 38,1 let, pri srednje onesnaženih 44,5 let, pri močno onesnaženih pa 41,1 leto.

Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v sedmih jamah (0,6 % vseh), in sicer v Ravbarjevi jami (kat. št. 318), Jami na Pavlinovem (kat. št. 1891), Jami pri Koprivski cerkvi (kat. št. 4104), Jami v Lesendolu (kat. št. 4541), Jakcovem breznu (kat. št. 9840), Breznu 149 mm (kat. št. 11.185) ter Jami pri lovski njivi (kat. št. 12.540). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 2012, pri čemer je bila pri čistih popisana leta 2011 in pri onesnaženih leta 2014. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 24,9 let, med čistilno akcijo in sedanjostjo pa 5,4 let.

V vzorcu obravnavanih jam je pri 198 jamah (18,4 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih 126 čistih jam (15,4 % čistih jam) in 72 onesnaženih jam (29,4 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam kaže razliko pri stopnji onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi 20 poškodovanih jam (20,4 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi 25 poškodovanih jam (30,9 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi 27 poškodovanih jam (40,9 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih z umetno razširitvijo rovov (135 oziroma 12,5 % vseh), premikom sedimentov (47 oziroma 4,4 %) ter poškodbami kapnikov (26 oziroma 2,4 %).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 350 oziroma 32,5 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 121 jamah (11,2 %) ter raba jam z zmernim vplivom v desetih jamah (0,9 %). Intenzivnost rabe jam se s stopnjo onesnaženosti praviloma zmanjšuje. Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 250 jamah (23,2 % vseh), vojaško zaklonišče v 126 jamah (11,7 %), znanstvenoraziskovalna raba v 114 jamah (10,6 %) ter množično grobišče v 14 jamah (1,3 %).

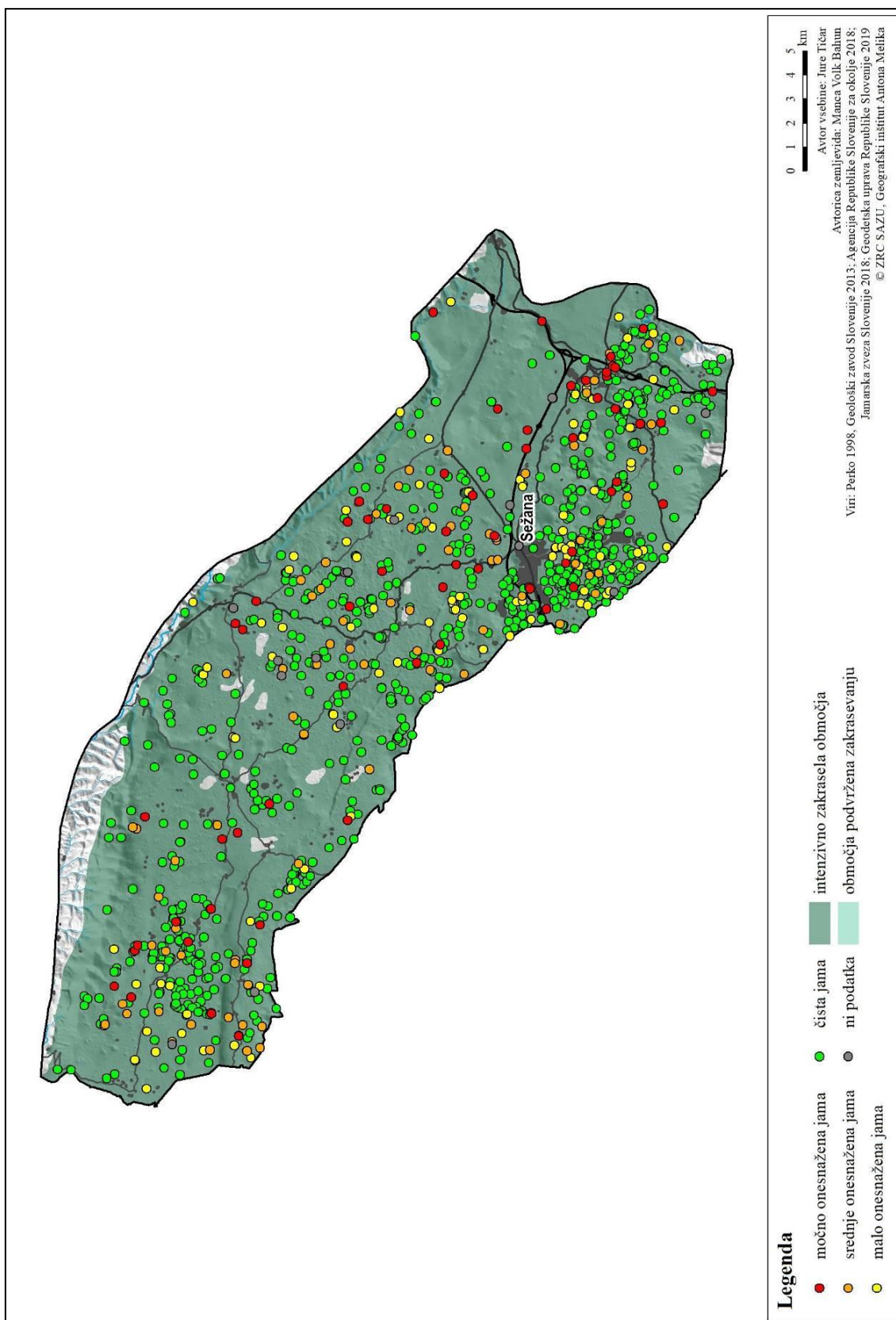


Slika 34: V Jamo v Bjekovniku (kat. št. 275), južno od Sežane, so v preteklosti odvrgli veliko odpadkov. Stanje še poslabšuje odtok odpadne vode s Sežanske čistilne naprave, ki so ga speljali v jamo in priteka skozi kraško podzemlje neposredno v tok podzemne Reke v Jami 1 v Kanjaducah (kat. št. 276) v t. i. »Sežanskem slapu« (fotografija: Jure Tičar, 7. 4. 2018).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 14,5 let, pri čemer pri čistih jamah povprečno 12,6 let in pri onesnaženih 20,9 let. Podobno razliko smo ugotovili tudi pri stopnji onesnaženosti jam, kjer obdobje narašča. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 16,7 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 16,3 let in pri onesnaženih 15,5 let.

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Krasa v večji meri opredeljuje dobra dostopnost, saj je tu poselitev v strnjenih naseljih razporejena po celotni kraški planoti. Med vsemi pokrajinami je na Krasu največje število onesnaženih jam, kar je povezano tudi z dolgo zgodovino onesnaževanja. Količina in struktura odpadkov v posameznih jamah kot so Jeriševa jama (kat. št. 954), Smetišče pri Vojščici (kat. št. 5235), Jama na Gaberku (kat. št. 464) in številne druge, nakazujeta na obsežna vaška smetišča. Dodaten pritisk na podzemne vode predstavlja pomanjkanje čistilnih naprav ali njihovo neprimerno obratovanje. Tu izpostavljamo delovanje čistilne naprave v Sežani, kjer je

iztok odpadne vode speljan v Jamo v Bjekovniku (kat. št. 275), v kateri med odpadki najdemo tudi zdravila. Onesnažena voda se nato pojavlja v Jami 1 v Kanjaducah (kat. št. 276) v t. i. rovu »Sežanski slap« in neposredno ogroža podzemni tok Reke. Podobno je iztok odpadne vode urejen v primeru čistilne naprave v Divači. Tu se vode stekajo v del Kačne jame (kat. št. 955), ki so ga jamarji poimenovali »Divaška sramota«. Številni odpadki v podzemni tok Reke vstopajo zaradi onesnaževanja v porečju Reke. Jamarji tako zaznavajo odpadke v Škocjanskih jamah (kat. št. 735), Kačni jami (kat. št. 955) ter Jami 1 v Kanjaducah (kat. št. 276). V številnih močno onesnaženih jamah so desetletja odlagali klavniške odpadke iz mesnopredelovanih obratov kot na primer v Jami na Brundlovem partu (kat. št. 315), Sežanskem breznu (kat. št. 3601), Preserski jami (kat. št. 2212) in Perasevi jami (kat. št. 4559). Predvsem na zahodnem delu Krasa je imela pomembno vlogo pri onesnaževanju in poškodovanju jam 1. svetovna vojna. Zaradi tega tu v onesnaženih jamah najdemo večje količine neeksplozivnih ubojnih sredstev, številne jame pa so bile preurejene v kaverne in druge objekte pomembne za vojaško rabo. Tu izpostavljamo jame kot so Likinova gropača (kat. št. 5891), ki je bila preurejena v vojaško bolnico za oskrbo do 1500 vojakov, Valsko jamo (kat. št. 946), ki je kot vojaška bolnišnica oskrbovala do 1000 vojakov, Jamo številka 91 (kat. št. 6595), ki je bila preurejena v kaverno za bivanje 1000 vojakov in številne druge. Med onesnažene jame zaradi stalne jamske infrastrukture uvrščamo tudi turistične jame, ki imajo na Krasu že dolgo zgodovino turistične rabe. Med te prištevamo Škocjanske jame (kat. št. 735), Vilenico (kat. št. 737), Divaško jamo (kat. št. 741), Jamo v doktorjevi ogradi (kat. št. 948) ter Krompirjevo jamo (kat. št. 6956). V Divaški jami v zadnjem desetletju uspešno izvajajo sanacijo onesnaženosti zaradi elektrofilitrskega pepela, ki je bil uporabljen za urejanje turističnih poti. Pomembno vlogo pri onesnaževanju in poškodovanju jam je imela tudi izgradnja avtocest, kar je vplivalo na jame kot so Mošenjska jama (kat. št. 60), Brezno pri profilu 661 (kat. št. 6475), Brezno pri profilu 667/2 (kat. št. 6648) in jamo P650/2 (kat. št. 6661).



Slika 35: Stanje onesnaženosti jam na Krasu.

4.8 Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje

V analizo onesnaženosti jam v Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju je bilo vključenih 837 jam. Med **čiste** smo uvrstili 726 jam (86,7 % vseh), **onesnažene** 98 jam (11,7 %) **uničenih** jam na tem območju ni, za 13 jam (1,6 %) pa ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja. Nadalje je med onesnaženimi jamami 49 **malo onesnaženih** (50,0 % onesnaženih jam), 24 **srednje onesnaženih** (24,5 %) ter 25 **močno onesnaženih** (25,5 %) (slika 38).

Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje se uvrščajo med območja z visokim deležem čistih jam v Sloveniji, kar je glede na število jam in težko dostopnost jam pričakovan rezultat. Med najbolj onesnažena območja se uvrščajo severozahodni rob Podgrajskega podolja (slika 36), osrednji del Podgorskega krasa in ubrana središča. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 12.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
1005	Socerbska jama za vrhom	Kastelec	150,0	62
736	Dimnice	Markovščina	100,0	134
846	Nasirska jama	Kozina	100,0	38
2711	Jama na Hribi	Markovščina	100,0	37
5651	Zasuto brezno pri Polžanski pečini	Dovžane	30,0	10
1143	Jama pod Krasom	Slope	20,0	15
4231	Rupa v Rakitovcu	Rakitovec	20,0	10
4665	Pasica	Hotična	20,0	20
5306	Slivarska grda jama	Hotična	20,0	15
7641	Golobnica	Prešnica	20,0	21

Preglednica 12: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 699,9 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 12,9 m³, srednje onesnaženih 27,0 m³ ter močno onesnaženih 660,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 7,1 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 28,8 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 24,3 m, v srednje onesnaženih 26,0 m, v močno onesnaženih pa 40,4 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo primarni – nenevarni odpadki v 69 jamah (70,4 % onesnaženih jam), komunalni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 58 (59,2 %) ter drugi odpadki – nevarni odpadki v 17 jamah (17,3 %). Nevarne odpadke smo

evidentirali v 20 jamah (20,4 % onesnaženih jam), neeksplozirana ubojna sredstva v 11 (11,2 %), dotok onesnažene vode v dveh (2,0 %), plastične odpadke v 50 (51,0 %), živalske odpadke v 54 (55,1 %) ter človeške ostanke v 11 (11,2 %).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1989, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1995, pri srednje onesnaženih leta 1986, pri močno onesnaženih pa leta 1980. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,8 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanosti minilo 28,4 let, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 22,2 leti, pri srednje onesnaženih 31,6 let, pri močno onesnaženih pa 37,4 let.



Slika 36: Primer nelegalnega odlagališča odpadkov v Marnošovi jami (kat. št. 3640) v Podgrajskem podolju (fotografija: Matej Zalokar, 4. 11. 2014).

Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v treh jamah (0,4 % vseh), in sicer v Marnošnovi jami (kat. št. 3640), Pokčevi jami (kat. št. 5251) ter Golobinjici (kat. št. 7252). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 2002, pri čemer so bile pri čistih izvedene leta 2005 in pri onesnaženih leta 1997. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 17,3 let, med čistilno akcijo in sedanostjo pa 14,7 let.

V vzorcu obravnavanih jam je pri 53 jamah (6,3 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih 31 čistih jam (4,3 % čistih jam) in 22 onesnaženih jam (22,4 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam kaže razliko upadanja pri stopnji onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi 12 poškodovanih jam (24,5 % onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi pet poškodovanih jam (20,8 %) ter med močno onesnaženimi pet poškodovanih jam (20,0 %). Med poškodbami je največ povezanih s premikom sedimentov (18 oziroma 2,2 % vseh), poškodbo kapnikov (17 oziroma 2,0 %) ter napisi na stenah (10 oziroma 1,2 %).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 108 oziroma 12,9 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 40 jamah (4,8 %) ter raba jam z zmernim vplivom v 16 jamah (1,9 %). Intenzivnost rabe jam se s stopnjo onesnaženosti praviloma zmanjšuje. Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 100 jamah (11,9 % vseh), znanstvenoraziskovalna raba v 36 jamah (slika 37) (4,3 %), množično grobišče v 11 jamah (1,3 %) ter kmetijska raba v devetih jamah (1,1 %).

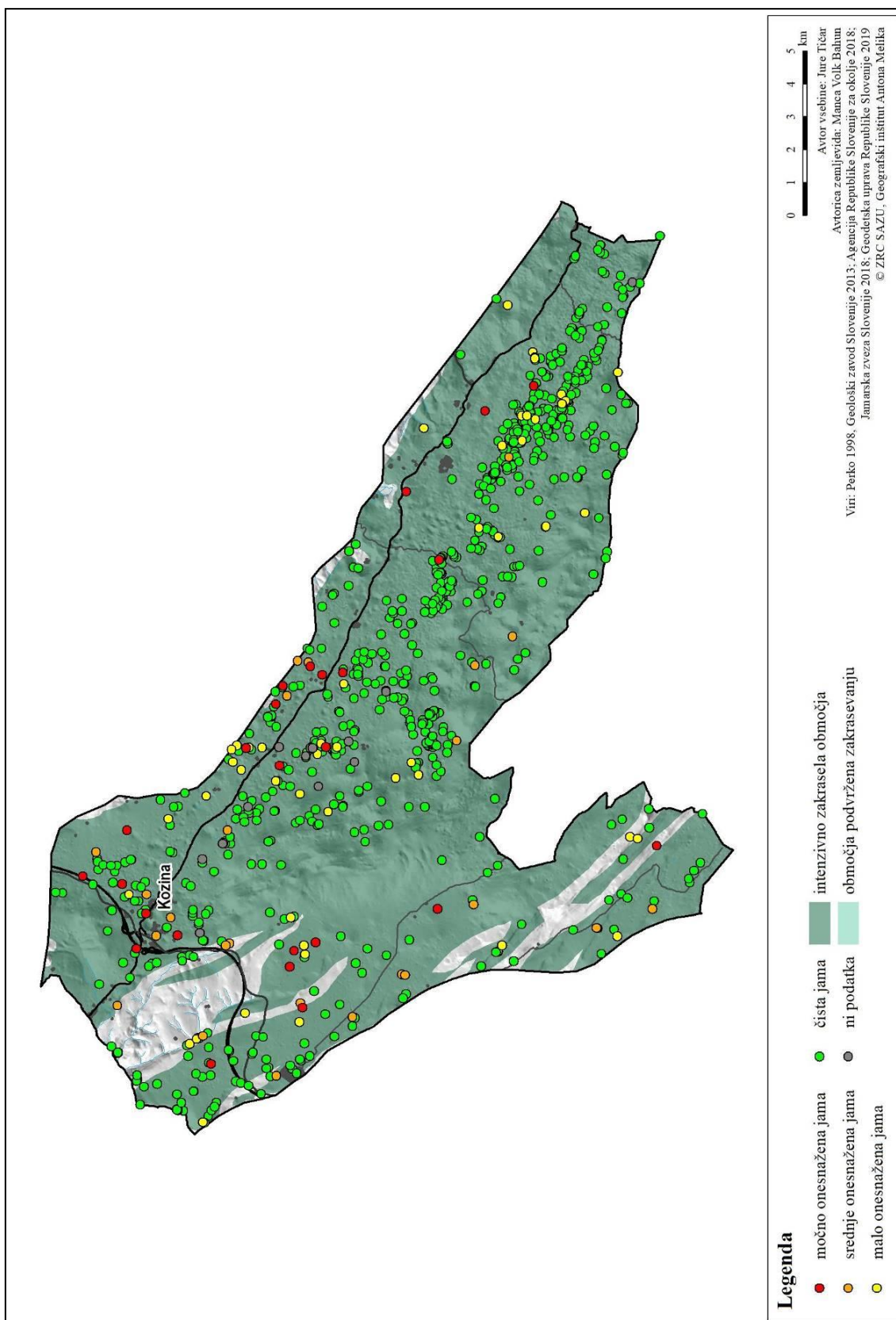


Slika 37: Račiška pečina (kat. št. 942) v Podgrajskem podolju je ena izmed najpomembnejših jam v Sloveniji z vidika znanstvenih raziskav, vendar je bila v času Jugoslavije preurejena v vojaško skladišče ter močno poškodovana (fotografija: Jure Tičar, 15. 11. 2008).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 11,3 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 9,1 let in pri onesnaženih 27,2 leti. Podobno razliko smo ugotovili tudi pri stopnji onesnaženosti jam, kjer obdobje nezvezno narašča. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 18,4 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 17,3 let in pri onesnaženih 19,1 let.

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Podgorskega krasa, Čičarije in Podgrajskega podolja v večji meri opredeljuje dobra dostopnost v urbanih središčih ter ob glavnih prometnih povezavah. Onesnaženost jam tu lahko vpliva na kakovost pitne vode za oskrbo slovenske Istre, saj se večji del voda s tega območja podzemno pretaka proti izviru Rižane. Veliko močno onesnaženih jam v bližini naselij je bilo uporabljenih za vaška smetišča, zaradi česar so v njih odloženi raznovrstni odpadki. Sem uvrščamo jame kot so Nasirska jama (kat. št. 846), Jama na Hribi (kat. št. 2711), Zasuto brezno pri Polžanski pečini (kat. št. 5651), Jama pod Krasom (kat. št. 1143) in Rupa v Rakitovcu (kat. št. 4231). Kot posebnost izpostavljamo onesnaženje Socerbske jame za vrhom (kat. št. 1005), kjer

je poleg ostalih raznovrstnih odpadkov odloženih tudi več kot 100 m³ pokvarjenih suhomesnatih izdelkov, ki so jih pripeljali iz Luke Koper. V jami Golobinjica (kat. št. 7252) je jugoslovanska vojska odložila več kot 25 m³ superfosfatnega gnojila, ki je bilo kasneje odstranjeno, podatkov o čiščenju vaškega smetišča v isti jami pa ne zasledimo. Tudi na območju Podgorskega krasa, Čičarije in Podgrajskega podolja najdemo v jamah neeksplozirana ubojna sredstva. Poleg tega, da ta sredstva predstavljajo nevarnost za čiščenje jam ter ogrožanje podzemnih voda zaradi nevarnih snovi, so nevarna tudi za raziskovalce jam. V jami Č-4 (Črnotiče) (kat. št. 5406) je tako med raziskavami zaradi padajočega kamenja na dnu brezna eksplodirala večja granata, ki pa na srečo ni neposredno ogrozila raziskovalcev. Zaradi dogodkov povezanih z 2. svetovno vojno, je na območju več množičnih grobišč, najbolj znano je v Kaserovi jami (kat. št. 4264) v kateri leži 238 skeletov. Zaradi številnih vodoravnih jam in spodmolov ter tradicionalne vzreje drobnice so bile številne jame na tem območju uporabljene kot staje za drobnico. Med takšne jame uvrščamo Malo pečino na Baškem krasu (kat. št. 1137), Jamo pri Štefakovi pečini (kat. št. 1141) in Pečino Plasa (kat. št. 4233). V Pečini pri Starih vrtilih (kat. št. 1136), ki je nekoč služila kot staja za drobnico, danes domačini prirejajo tradicionalne koncerte. Na območju Podgrajskega podolja je v bližini Markovščine tudi turistična jama Dimnice (kat. št. 736).



Slika 38: Stanje onesnaženosti jam na Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju.

4.9 Trnovski gozd, Nanos in Hrušica

V analizo onesnaženosti jam na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici so bile vključene 702 jame. Med **čiste** smo uvrstili 552 jam (78,6 % vseh), **onesnažene** 124 jam (17,7 %) **uničenih** jam na tem območju ni, za 26 jam (3,7 %) pa ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja. Nadalje je med onesnaženimi jamami 65 **malo onesnaženih** (52,4 % onesnaženih jam), 28 **srednje onesnaženih** (22,6 %) ter 31 **močno onesnaženih** (25,0 %) (slika 40).

Trnovski gozd, Nanos in Hrušica se uvrščajo med območja z manjšim deležem onesnaženih jam v Sloveniji, kar je glede na število jam in težko dostopnost večjega dela jam pričakovan rezultat. Onesnaženost jam je razpršena na celotnem območju brez večjih zgostitev, največ onesnaženosti pa je vezano na gručasto poselitev in glavne prometnice.

Deset najbolj onesnaženih jam je naštetih v preglednici 13.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
1501	Brezno 2 pri Korenu	Nemci	180,0	114
4075	Drejcovo brezno I	Godovič	100,0	14
4557	Poljanski brezen	Otlica	100,0	23
289	Povlačeva jama	Grčarevec	50,0	5
908	Ruštov brezen	Gozd	50,0	10
2573	Brezno nad gospodovim vrhom	Podkraj	50,0	25
4065	Škularjevo brezno	Suhi Vrh	50,0	36
7524	Brezno v Fratah	Podkraj	50,0	10
7217	Brezno v Preserski dolini	Nanos	35,0	20
3649	Brezno za skakalnicami	Predmeja	30,0	20

Preglednica 13: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 928,3 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 18,3 m³, srednje onesnaženih 48,0 m³ ter močno onesnaženih 862,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 7,5 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 26,0 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 20,0 m, v srednje onesnaženih 33,0 m, v močno onesnaženih pa 32,1 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo primarni – nenevarni odpadki v 80 jamah (64,5 % onesnaženih jam), komunalni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 66 (53,2 %) ter gradbeni – nenevarni odpadki v 14 jamah (11,3 %). Nevarne odpadke smo evidentirali

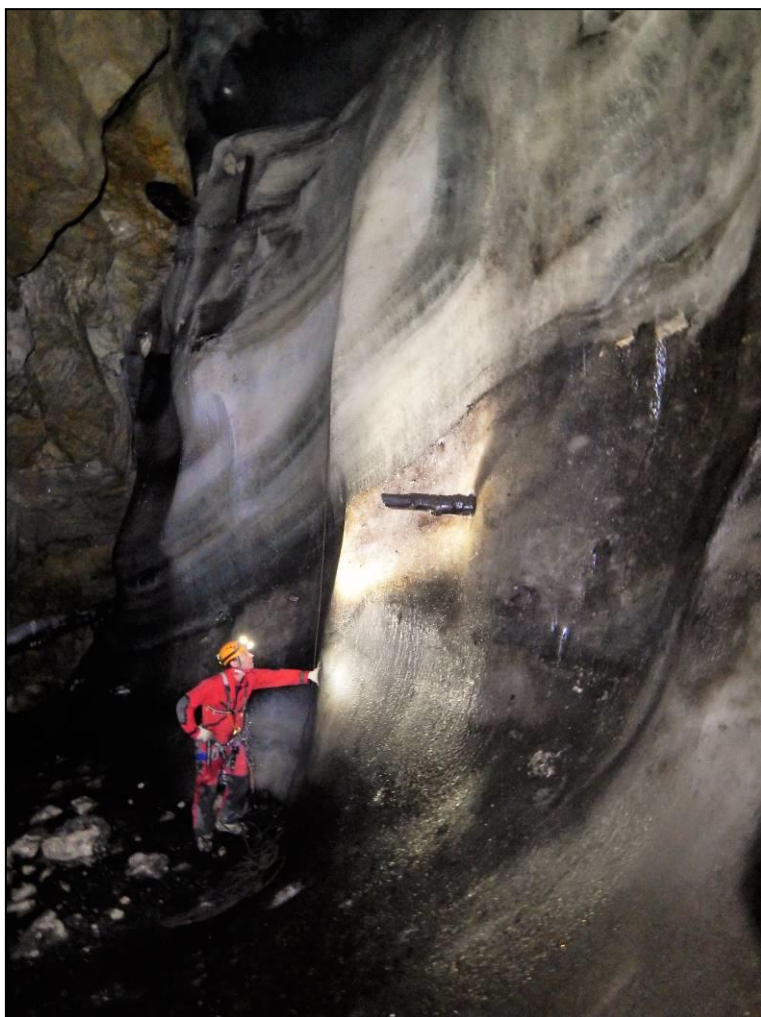
v 33 jamah (26,6 % onesnaženih jam), neeksplozirana ubojna sredstva v 22 (17,7 %), dotok onesnažene vode v treh (2,4 %), plastične odpadke v 56 (45,2 %), živalske odpadke v 51 (41,1 %) ter človeške ostanke v devetih (7,3 %).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1991, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1994, pri srednje onesnaženih leta 1990, pri močno onesnaženih pa leta 1987. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,6 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 25,8 let, pri čemer sta pri malo onesnaženih jamah minili 23,2 leti, pri srednje onesnaženih 26,7 let, pri močno onesnaženih pa 30,2 leti.

Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v sedmih jamah (0,9 % vseh), in sicer v Pavlinovi jami (kat. št. 688), Bošnarjevem breznu (kat. št. 782), Breznu na Plesu (kat. št. 2368), Breznu 2 SZ od Vranjega vrha (kat. št. 4594), Breznu v Zasadi (kat. št. 7638), jami PoKo 2 (kat. št. 10.928) ter Breznu gozdarske čelade (kat. št. 11.457). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 1998, pri čemer je bila pri čistih popisana leta 2007 in pri onesnaženih leta 1985. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 18,1 let, med čistilno akcijo in sedanjostjo pa 19,3 let.

V vzorcu obravnavanih jam je pri 34 jamah (4,8 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih 17 čistih jam (3,1 % čistih jam) in 17 onesnaženih jam (13,7 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam kaže razliko pri stopnji onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi 11 poškodovanih jam (16,9 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi tri poškodovane jame (10,7 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi tri poškodovane jame (9,7 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih z odstranitvijo sedimentov (10 oziroma 1,4 % vseh), napisi na stenah (9 oziroma 1,3 %) ter umetno razširitvijo rogov (7 oziroma 1,0 %).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 140 oziroma 19,9 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 25 jamah (3,6 %) ter raba jam z zmernim vplivom v sedmih jamah (1,0 %). Intenzivnost rabe jam se s stopnjo onesnaženosti praviloma zmanjšuje. Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 128 jamah (18,2 % vseh), znanstvenoraziskovalna raba v 15 jamah (2,1 %), vojaško zaklonišče v 12 jamah (1,7 %) ter množično grobišče v devetih jamah (1,3 %).

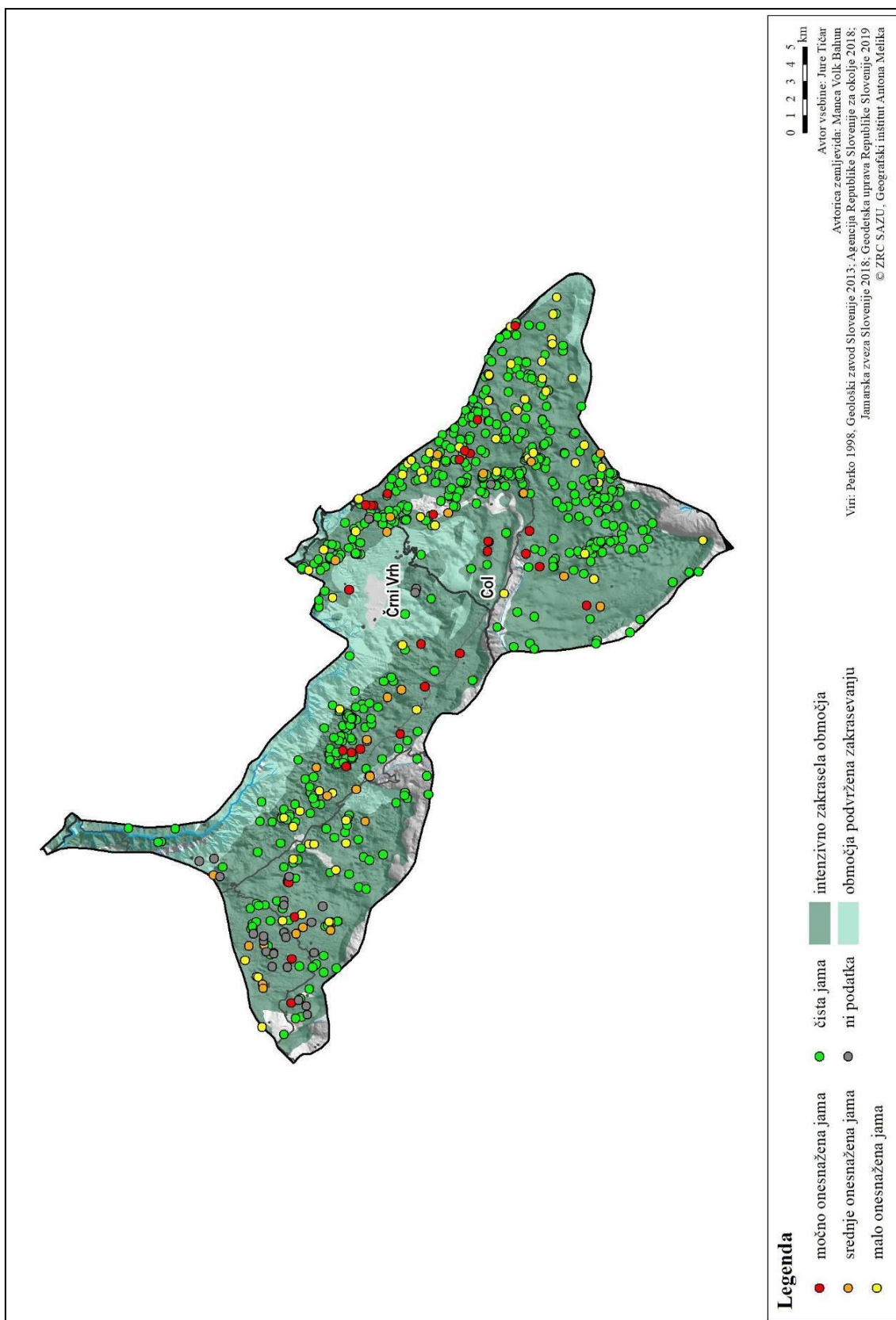


Slika 39: V vhodnem delu Velike ledene jame v Paradani (kat. št. 742) so nekoč pridobivali led in ga izvažali celo v Egipt (fotografija: Jure Tičar, 19. 7. 2017).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 11,5 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 11,2 let in pri onesnaženih 14,5 let. Podobno razliko smo ugotovili tudi pri stopnji onesnaženosti jam, kjer obdobje narašča. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 24,2 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 21,7 let in pri onesnaženih 18,6 let.

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Trnovskega gozda, Nanosa in Hrušice v večji meri opredeljujeta bližina glavnih naselij ter glavnih prometnih povezav na sicer redko poseljenih visokih dinarskih planotah. Poseljenost je redka, prevladuje gozd, s tem pa je povezana razvita gozdarska dejavnost, ki povečuje dostopnost z gozdnimi cestami in vlakami. Onesnaženost jam tu lahko vpliva na kakovost pitne vode v izvirih ob vznožju kraških planot. Posebej so pomembni izviri v Vipavski dolini, zaradi katerih je velik del kraških planot varovan z vodovarstvenimi območji. Veliko močno onesnaženih jam v

bližini naselij je bilo uporabljenih za vaška smetišča, zaradi česar so v njih odloženi raznovrstni odpadki. Sem uvrščamo jame kot so Drejcovo brezno 1 (kat. št. 4075), Poljanski brezen (kat. št. 4557), Povlačeva jama (kat. št. 289), Ruštov brezen (kat. št. 908) in Brezno nad gospodovim vrhom (kat. št. 2573). V okolici naselja Nemci je Brezno 2 pri Korenu (kat. št. 1501), v katerega so v desetletjih onesnaževanja odvrgli kar 180 m³ pnevmatik tovornjakov. V Bezen pod Štanjelom (kat. št. 6211) so vrsto let odlagali odpadke iz tovarne Meblo. Zaradi oddaljenosti območja od odlagališč odpadkov v številnih jamah najdemo ostanke avtomobilov kot na primer v Čukovem breznu (kat. št. 2479), Zalazarci (kat. št. 6465), Škančarjevem breznu (kat. št. 7526) in Breznu pod Staro pošto (kat. št. 11.419). Na območju je večje število jam z neeksplodiranimi ubojnimi sredstvi, na sledove 2. svetovne vojne pa kažejo tudi številna množična grobišča kot na primer v jami Za robom (kat. št. 1278), Andrejčkovem breznu v Koševniku (kat. št. 589) in Breznu v Martinovih hrastnicah (kat. št. 1013). Veliko poškodb v jamah je povezanih z vojaško dejavnostjo na tem območju. Eden izmed tovrstnih primerov je Kozja jama (kat. št. 733), katere vhod so italijanski vojaki v 2. svetovni vojni zaminirali, kasneje pa so gozdarji uredili dostop in v jamo vklesali stopnice, da so lahko dostopali do pitne vode na njenem dnu. Nenavadna poškodba in onesnaženje je prisotno v Laznarjevem breznu (kat. št. 4067), v katerega so zlili večjo količino barve. Ker je na območju veliko ledenih jam, so v njih pred uporabo hladilnih naprav intenzivno izkopavali led. Med takšne jame uvrščamo na primer Veliko ledeno jamo v Paradani (kat. št. 742) (slika 39), Ledenik pod Črnim robom (kat. št. 909) in Škularjev ledenik (kat. št. 4066). Zaradi intenzivne gozdarske dejavnosti v številne jame na tem območju odmetavajo veje in ostanke sečnje. V preteklosti je bila Ciganska jama pri Predgrizah (kat. št. 493) nad Godovičem uporabljena kot turistična jama. V jamo so izklesali stopnice, na stenah najdemo številne podpise.



Slika 40: Stanje onesnaženosti jam na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici.

4.10 Krmsko hribovje in Menišija

V analizo onesnaženosti jam v Krmskem hribovju in Menišiji je bilo vključenih 354 jam. Med **čiste** smo uvrstili 281 jam (79,4 % vseh), **onesnažene** 69 jam (19,5 %), eno **uničeno** jamo (0,3 %), za tri jame (0,8 %) pa ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja. Nadalje je med onesnaženimi jamami 40 **malo onesnaženih** (58,0 % onesnaženih jam), 17 **srednje onesnaženih** (24,6 %) ter 12 **močno onesnaženih** (17,4 %) (slika 42).

Krmsko hribovje in Menišija se uvrščata med območja z večjim deležem čistih jam v Sloveniji, kar je glede na število jam in težko dostopnost jam pričakovan rezultat. Med najbolj onesnažena območja se uvrščajo Krim ter območja razpršene poselitve in urbanih središč. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 14.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
699	Cukalovo brezno	Pokojišče	10,0	32
2088	Brezno pod Koblakom	Planinca	10,0	25
525	Kevderc pri Planinci	Planinca	8,0	4
29	Svinjska jama pri Vrhniku	Vrhnika	5,0	20
149	Škantlovo brezno	Verd	5,0	10
175	Brezno nad Retovjem	Verd	5,0	15
294	Kržiška jama	Pikovnik	5,0	43
524	Brezno v Lipovcah	Jezero	5,0	10
706	Brezno v Pohkovem talu	Kurešček	5,0	50
3902	Brezno dveh Janezov	Tomišelj	5,0	20

Preglednica 14: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Krmskem hribovju in Menišiji.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 106,1 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 11,1 m³, srednje onesnaženih 22,0 m³ ter močno onesnaženih 73,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 1,5 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 18,6 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti neizrazito povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 20,0 m, v srednje onesnaženih 13,9 m, v močno onesnaženih pa 20,8 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo primarni – nenevarni odpadki v 46 jamah (66,7 % onesnaženih jam), komunalni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 39 (56,6 %) ter gradbeni – nenevarni odpadki v 17 jamah (24,6 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v 11 jamah (15,9 % onesnaženih jam), neeksplozivna ubojna sredstva v petih (7,2 %),

dotok onesnažene vode v eni (1,4 %), plastične odpadke v 33 (47,8 %), živalske odpadke v 30 (43,5 %) ter človeške ostanke v osmih (11,6 %) (slika 41).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1988, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1994, pri srednje onesnaženih leta 1984, pri močno onesnaženih pa leta 1974. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,7 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 29,1 let, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 23,5 let, pri srednje onesnaženih 32,7 let, pri močno onesnaženih pa 42,7 let.

Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v sedmih jamah (2,0 % vseh), in sicer v Zevanjščci (kat. št. 156), Breznu na Skedenici (kat. št. 353), Golobinki pri Borovnici (kat. št. 753), Jeseniškem breznu (kat. št. 2564), Pikasti jami (kat. št. 6186), Bezkovem breznu (kat. št. 8154) ter Jami pri Rotovi skali (kat. št. 12.154). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 2002, pri čemer so bile pri čistih popisane leta 2006 in pri onesnaženih leta 1997. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 17,0 let, med čistilno akcijo in sedanjostjo pa 14,9 let.

V vzorcu obravnavanih jam je pri 24 jamah (6,8 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih 11 čistih jam (3,9 % čistih jam) in 12 onesnaženih jam (17,4 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam ne kaže razlike pri stopnji onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi šest poškodovanih jam (15,0 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi pet poškodovanih jam (29,4 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi ena poškodovana jama (8,3 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih s premikom sedimentov (9 oziroma 2,5 % vseh), zasutjem vhoda (7 oziroma 2,0 %) ter umetno razširitvijo rovov (5 oziroma 1,4 %).



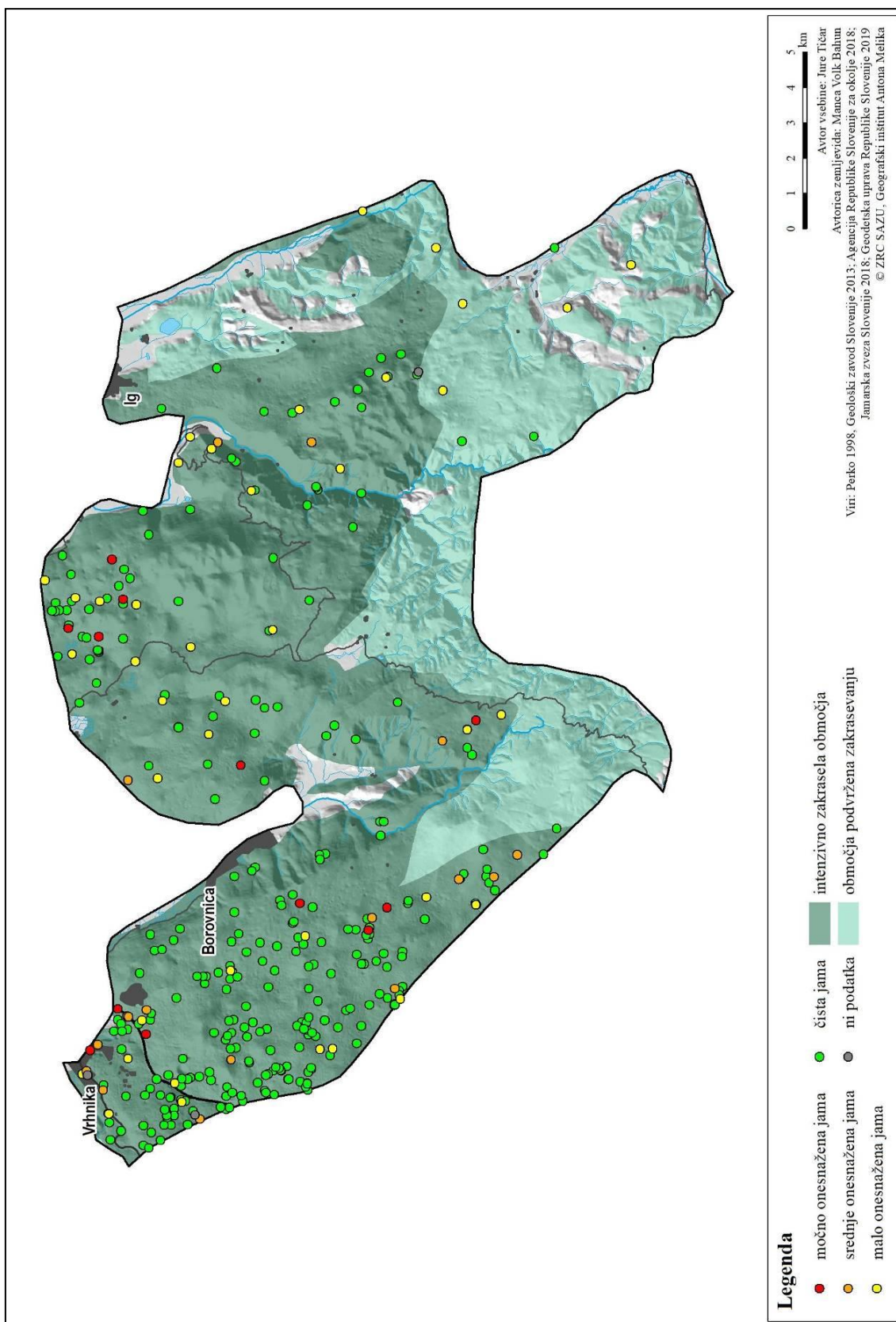
Slika 41: V slovenskih jamah se še vedno najde veliko človeških ostankov. Med znanimi množičnimi grobišči je tudi Krimska jama (kat. št. 293) (fotografija: Jure Tičar, 14. 8. 2020).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 79 oziroma 22,3 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 22 jamah (6,2 %) ter raba jam z zmernim vplivom v dveh jamah (0,6 %). Intenzivnost rabe jam se s stopnjo onesnaženosti praviloma zmanjšuje. Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 74 jamah (20,9 % vseh), množično grobišče v devetih jamah (2,5 %), vojaško zaklonišče v petih jamah (1,4 %) ter zatočišče v petih jamah (1,4 %).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 20,0 let, pri čemer pri čistih jamah povprečno 16,6 let in pri onesnaženih 32,1 let. Podobno razliko smo ugotovili tudi pri stopnji onesnaženosti jam, kjer obdobje narašča. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 23,6 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 25,2 let in pri onesnaženih 15,6 let.

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Krimskega hribovja in Menišije v večji meri opredeljuje bližina glavnih naselij ter glavnih prometnih povezav na sicer redko

poseljenih visokih dinarskih planotah. Zaradi redke poseljenosti tu prevladuje gozd, s tem pa je povezana razvita gozdarska dejavnost, ki povečuje dostopnost z gozdnimi cestami in vlakami. Onesnaženost jam tu lahko vpliva na kakovost pitne vode v izvirih ob vznožju kraških planot. Posebej so pomembni izviri ob Ljubljanskem barju, zaradi katerih je velik del kraških planot varovan z vodovarstvenimi območji. Veliko močno onesnaženih jam v bližini naselij ali ob gozdnih poteh je bilo uporabljenih za vaška smetišča, zaradi česar so v njih odloženi raznovrstni odpadki. Sem uvrščamo jame kot so Cukalovo brezno (kat. št. 699), Brezno pod Koblakom (kat. št. 2088), Kevderc pri Planinci (kat. št. 525) in Brezno v Lipovcah (kat. št. 524). Zaradi odmaknjenosti območja od odlagališč odpadkov v številnih jamah najdemo avtomobile kot na primer v breznu Cicifuj (kat. št. 10.867) in Zavrhovskih skazi (kat. št. 12.303). Na območju je nekaj jam z neeksplodiranimi ubojnimi sredstvi, na sledove 2. svetovne vojne kažejo številna množična grobišča kot na primer v Krimski jami (kat. št. 293), Pavlinovem breznu (kat. št. 687) in Jeseniškem breznu (kat. št. 2564). V posameznih jamah najdemo tudi poškodbe. Z gradnjo avtoceste so poškodovali jame kot so Jama pri Zaviti kladi (kat. št. 8), Mojčina jama (kat. št. 3654) ter Jama tečnega Andreja (kat. št. 1287). Poškodbe so nastale tudi zaradi širitve kamnolomov, in sicer v Breznu nad kamnolomom Verd (kat. št. 4324) ter v Grebenčevi kleti (kat. št. 9804). V jami Kurent (kat. št. 254) so domačini lomili kapnike za okrasitev kapelice. Zaradi intenzivne gozdarske dejavnosti v številne jame na tem območju odmetavajo veje in ostanke sečnje kot na primer v Majaronovo brezno 1 (kat. št. 698), in Pikasto jamo 2 (kat. št. 7589).



Slika 42: Stanje onesnaženosti jam na Krškem hribovju in Menišiji.

4.11 Suha krajina in Dobrepolje

V analizo onesnaženosti jam v Suhi krajini in Dobrepolju je bilo vključenih 515 jam. Med **čiste** smo uvrstili 319 jam (61,9 % vseh), **onesnažene** 187 jam (36,3 %), **uničenih** jam na tem območju ni, za devet jam (1,7 %) pa ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja. Nadalje so med onesnaženimi jamami 102 **malo onesnaženih** (54,5 % onesnaženih jam), 47 **srednje onesnaženih** (25,1 %) ter 38 **močno onesnaženih** (20,3 %) (slika 44).

Suha krajina in Dobrepolje se uvrščata med območja z najvišjim deležem onesnaženih jam v Sloveniji, kar je glede na število jam, razpršeno poselitev in lahko dostopnost jam pričakovan rezultat. Onesnaženost jam je prisotna na celotnem območju, najbolj pa v bližini naselij. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 15.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
1058	Jelenca na Kekovem	Rdeči Kal	100,0	11
2308	Trznarjeva jama	Vodice	100,0	11
8959	Brezno granatka	Lašče	100,0	55
440	Selska jama	Veliki Lipovec	50,0	37
9791	Cavsova jama	Tisovec	50,0	11
6889	Keko	Žužemberk	30,0	22
7499	Lačenca	Srednji Lipovec	30,0	11
10757	Tonča jama	Prevole	20,0	15
9143	Traktorsko brezno	Veliki Lipovec	15,0	18
10760	Rupenca	Sela pri Hinjah	15,0	34

Preglednica 15: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Suhi krajini in Dobrepolju.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 803,4 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 27,4 m³, srednje onesnaženih 73,0 m³ ter močno onesnaženih 703,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 4,3 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 16,9 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 16,5 m, v srednje onesnaženih 16,7 m, v močno onesnaženih pa 18,5 m.

Med **tipi odpadkov** v jamah prevladujejo primarni – nenevarni odpadki v 149 jamah (79,7 % onesnaženih jam), komunalni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 136 (72,7 %) ter industrijski – nenevarni odpadki v 26 jamah (13,9 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v 32 jamah (17,1 % onesnaženih jam), neeksplozirana ubojna sredstva v 11 (5,9 %), dotok onesnažene vode v treh (1,6 %), plastične odpadke v 125 (66,8 %), živalske odpadke v 112 (59,9 %) ter človeške ostanke v eni (0,5 %).

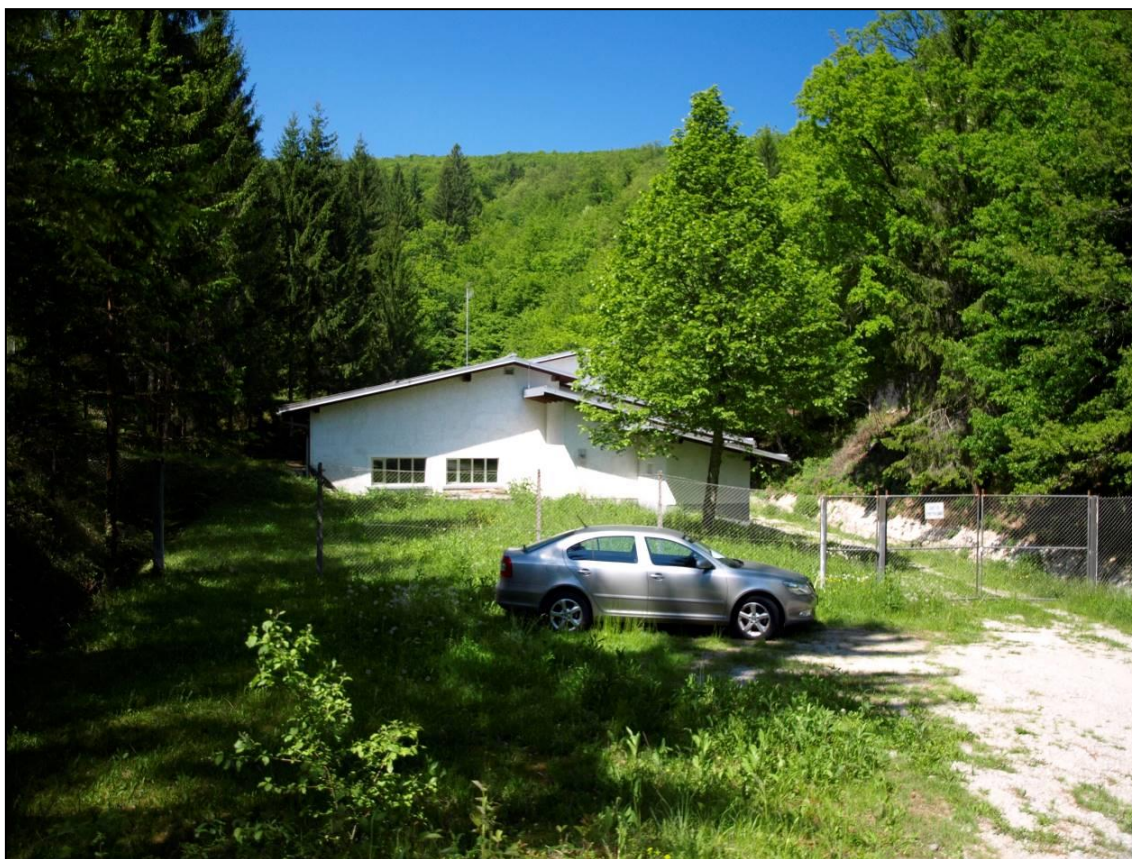
Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1997, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1999, pri srednje onesnaženih leta 1998, pri močno onesnaženih pa leta 1993. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,9 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 19,8 let, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 18,4 let, pri srednje onesnaženih 19,0 let, pri močno onesnaženih pa 24,5 let.

Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v 15 jamah (2,9 % vseh). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 2010, pri čemer so bile pri čistih popisane leta 2010 in pri onesnaženih leta 2009. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 18,3 let, med čistilno akcijo in sedanjostjo pa 7,1 let.

V vzorcu obravnavanih jam je pri 46 jamah (8,9 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih 16 čistih jam (5,0 % čistih jam) in 30 onesnaženih jam (16,0 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam kaže razliko upadanja pri stopnji onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi 19 poškodovanih jam (18,6 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi osem poškodovanih jam (17,0 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi tri poškodovane jame (7,9 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih z umetno razširitvijo rovov (19 oziroma 3,7 % vseh), premikom sedimentov (18 oziroma 3,5 %) ter zasutjem vhoda (8 oziroma 1,6 %).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 205 oziroma 39,8 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 37 jamah (7,2 %) ter raba jam z zmernim vplivom v 11 jamah (2,1 %). Intenzivnost rabe jam se s stopnjo onesnaženosti praviloma zmanjšuje. Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 199 jamah (38,6 % vseh), zatočišče v 20 jamah (3,9 %), znanstvenoraziskovalna raba v 20 jamah (3,9 %) ter zatočišče v 11 jamah (2,1 %).

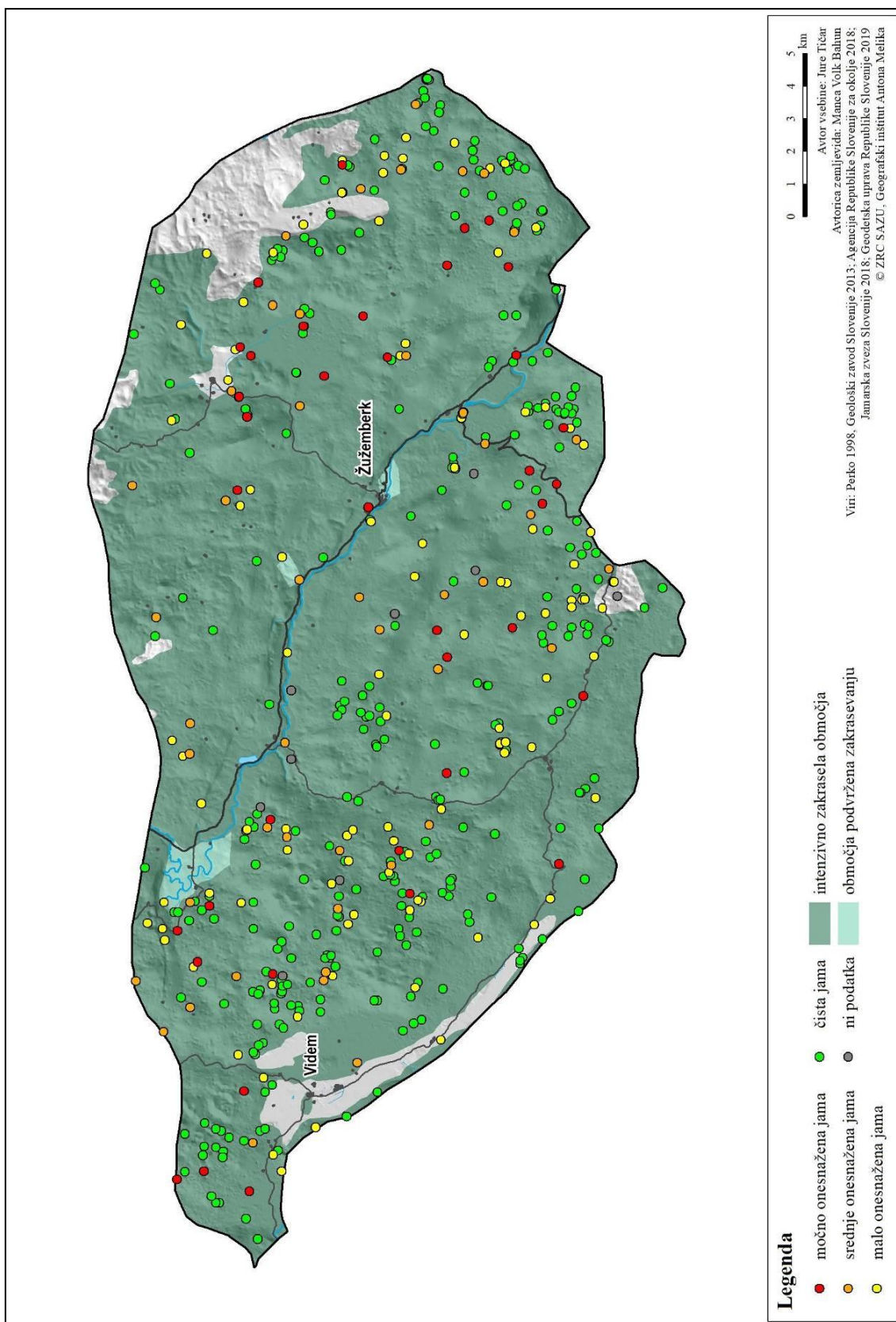
Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 20,8 let, pri čemer pri čistih jamah povprečno 16,9 let in pri onesnaženih 26,1 let. Podobno razliko smo ugotovili tudi pri stopnji onesnaženosti jam, kjer obdobje narašča. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 16,7 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 17,6 let in pri onesnaženih 12,9 let.



Slika 43: V zaledju izvira Globočec, ki je glavni vir pitne vode v Suhi krajini, najdemo številne onesnažene jame (fotografija: Jure Tičar, 12. 5. 2012).

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Suhe krajine in Dobropolja v večji meri opredeljuje bližina naselij ter prometnih povezav na sicer razpršeno poseljenem nizkem dinarskem krasu. Onesnaženost jam tu lahko vpliva na kakovost pitne vode v izvirih v dolini reke Krke. Veliko močno onesnaženih jam v bližini naselij je bilo uporabljenih za vaška smetišča, zaradi česar so v njih odloženi raznovrstni odpadki. Sem uvrščamo jame kot so Jlenca na Kekovem (kat. št. 1508), Trnarjeva jama (kat. št. 2308), Selska jama (kat. št. 440) in Lačenca (kat. št. 7499). V Žužemberku so delavci iz podjetja Keko povsem zasuli brezno Keko (kat. št. 6889) s številnimi gradbenimi odpadki. Pogosto v onesnaženih jamah najdemo mrhovino kot na primer v Cavsovi jami (kat. št. 9791), Rupenci (kat. št. 10760) in Breznu na senožeti (kat. št. 6152). Zaradi odmaknjenosti območja od odlagališč odpadkov v številnih jamah najdemo avtomobile kot na primer v Lačenci (kat. št. 7499), Traktorskem breznu (kat. št. 9143) in Jami na Andrejčetoem delu (kat. št. 2124). Onesnažene jame so tudi na vodovarstvenih območjih kot na primer v zaledju izvira Globočec (slika 43). Tu so močno onesnažene jame kot na primer Brezno II na Petrovki (kat. št. 6287) ter Močova jama (kat. št. 9905), ter številne srednje

onesnažene jame kot na primer Korinjska jama (kat. št. 1917), Brezno na pašniku (kat. št. 4430) in Dučjeva jama 1 (kat. št. 4431). Na območju je večje število jam z neeksploziranimi ubojnimi sredstvi ter poškodovanih jam. V nekaterih jamah so vhodi zazidani kot na primer v Jami nad mostom (kat. št. 9047), v Breznu v garaži na Ilovi gori (kat. št. 6669) ter v Gačnikovem breznu (kat. št. 11.114). Brezno Malikovec pri Prečni (kat. št. 5836) je bilo nekoč v uporabi kot vodnjak, ki so ga kasneje zasuli. V številnih jamah so lomili in odnašali kapnike kot na primer v Lazarjevi jami (kat. št. 445) ali Svetoantonski jami (kat. št. 3881). V Zažganem breznu (kat. št. 9046) so domačini ob sečnji zažgali večjo količino vej, zato je močno poškodovana. Številne jame so bile uporabljene kot vojaška zaklonišča v času 2. svetovne vojne kot na primer Šepčev skedenj 3 (kat. št. 3057), Brezno pri Poganki (kat. št. 5320) in Bolnica (kat. št. 9959). Jama Konteč skedenjc (kat. št. 2758) je služila kot zaklonišče že v času turških vpadov, med 2. svetovno vojno pa kot zaklonišče pred bombardiranjem. V turistično rabo je urejena Krška jama (kat. št. 74).



Slika 44: Stanje onesnaženosti jam v Suhi krajini in Dobropolju.

4.12 Pivško podolje in Vremščica

V analizo onesnaženosti jam v Pivškem podolju in Vremščici je bilo vključenih 458 jam. Med **čiste** smo uvrstili 347 jam (75,8 % vseh), **onesnažene** 104 jam (22,7 %), **uničeno** eno jamo (0,2 %), za šest jam (1,3 %) pa ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja. Nadalje je med onesnaženimi jamami 47 **malo onesnaženih** (45,2 % onesnaženih jam), 23 **srednje onesnaženih** (22,1 %) ter 34 **močno onesnaženih** (32,7 %) (slika 46).

Pivško podolje in Vremščica se uvrščata med območja z zmernim deležem onesnaženih jam v Sloveniji. Onesnaženost jam je enakomerno razporejena po pokrajini, najbolj prisotna pa na območjih večjih urbanih središč in infrastrukturnih objektov. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 16.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
2630	Ravnica	Juršče	4000,0	30
1967	Brezno 2 nad Staro vasjo	Postojna	150,0	10
472	Pivka jama	Postojna	100,0	77
747	Jamski sistem Postojnska jama	Postojna	100,0	115
748	Planinska jama	Planina	100,0	65
884	Golobinja 1 pod Ostrim vrhom	Slavinski ravniki	100,0	15
961	Pivka jama pri Orehku	Orehov	100,0	15
1026	Jama na Ublci	Strmca	100,0	6
1969	Brezno 4 nad Staro vasjo	Postojna	100,0	11
1746	Brezno v Jernejcevem talu	Postojna	50,0	6

Preglednica 16: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Pivškem podolju in Vremščici.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 5259,7 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 11,7 m³, srednje onesnaženih 33,0 m³ ter močno onesnaženih 5215,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 50,6 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 16,3 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti neizrazito povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 14,7 m, v srednje onesnaženih 14,0 m, v močno onesnaženih pa 20,0 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo primarni – nenevarni odpadki v 86 jamah (82,7 % onesnaženih jam), komunalni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 65 (62,5 %) ter gradbeni – nenevarni odpadki v 21 jamah (20,2 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v 19 jamah (18,3 % onesnaženih jam), neeksplozivna ubojna sredstva v 13 (12,5 %),

dotok onesnažene vode v šestih (5,8 %), plastične odpadke v 55 (52,9 %), živalske odpadke v 58 (55,8 %) ter človeške ostanke v šestih (5,8 %).



Slika 45: Brezno Ravnica (kat. št. 2630) v neposredni bližini Juršč je s 4000 m³ odpadkov najbolj onesnažena jama v Sloveniji. Podobno kot pri mnogih močno onesnaženih jamah je tudi tu na vhodu zgrajena betonska rampa za odmetavanje odpadkov (fotografija: Jure Tičar, 24. 6. 2020).

Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v sedmih jamah (1,5 % vseh), in sicer v Bizjakovem spodmolu v Slavni (kat. št. 837), Golobinji 2 za Ostrim vrhom (kat. št. 910), Konjski jami (kat. št. 925), Lenčkovi jami (kat. št. 1012), Jami pod bregom 1 (kat. št. 7677), Okrogličarki (kat. št. 9353) ter Breznu pri Kobiljih grižah (kat. št. 12.038). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 2009, pri čemer so bile pri čistih popisane leta 2009 in pri onesnaženih leta 2010. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 17,6 let, med čistilno akcijo in sedanostjo pa 8,4 let.

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1987, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1993, pri srednje onesnaženih leta 1985, pri močno onesnaženih pa leta 1981. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,9 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanosti minilo 29,9 let, pri

čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 24,2 leti, pri srednje onesnaženih 31,8 let, pri močno onesnaženih pa 36,4 let.

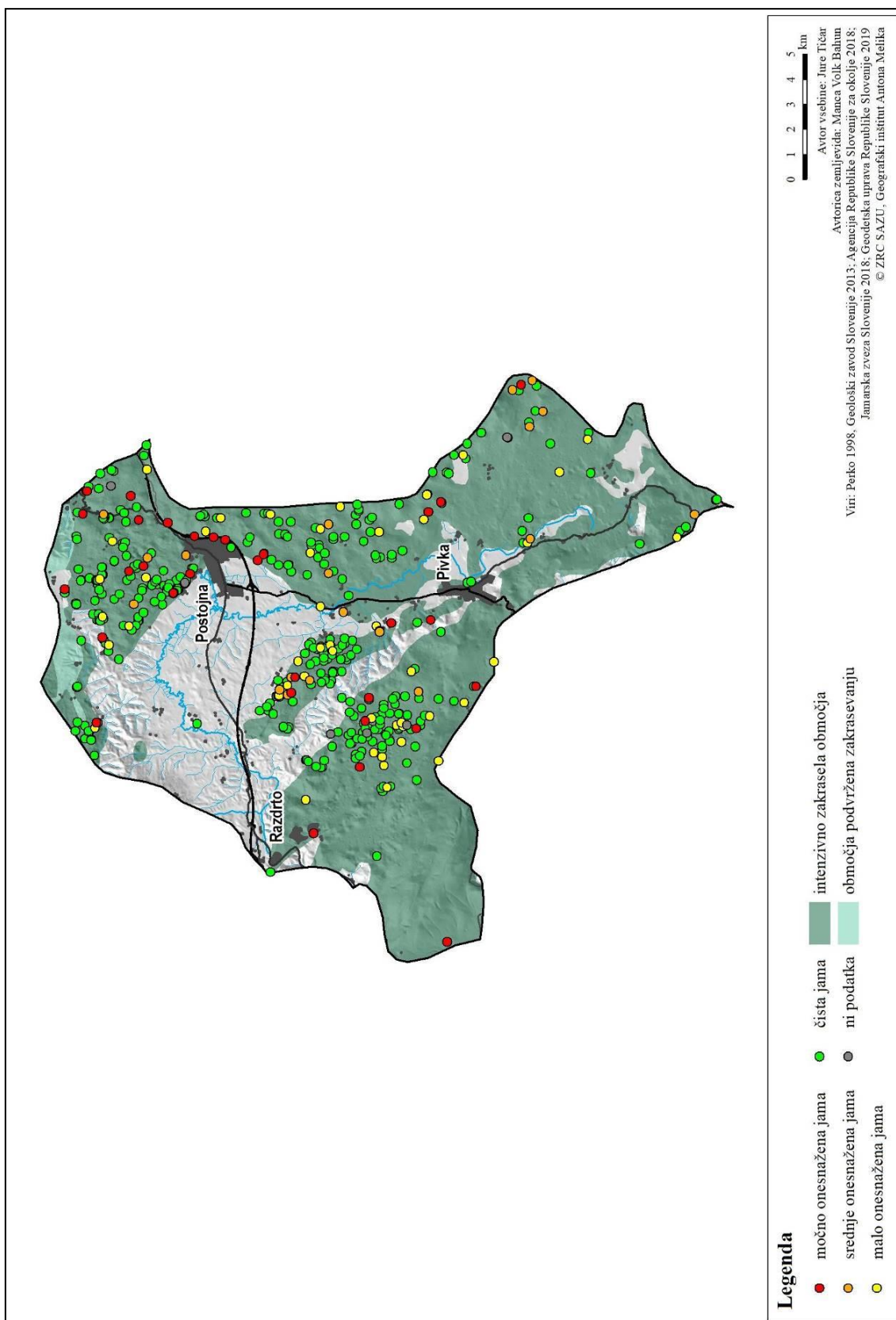
V vzorcu obravnavanih jam je pri 69 jamah (15,1 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih 26 čistih jam (7,5 % čistih jam) in 42 onesnaženih jam (40,4 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam kaže razliko pri stopnji onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi 17 poškodovanih jam (36,2 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi 10 poškodovanih jam (43,5 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi 15 poškodovanih jam (44,1 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih s premikom sedimentov (33 oziroma 7,2 % vseh), odstranitvijo sedimentov (17 oziroma 3,7 %) ter sajastimi stenami (17 oziroma 3,7 %).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 113 oziroma 24,7 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 74 jamah (16,2 %) ter raba jam z zmernim vplivom v 16 jamah (3,5 %). Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 109 jamah (23,8 % vseh), znanstvenoraziskovalna raba v 57 jamah (12,4 %), zatočišče v 21 jamah (4,6 %) ter vojaško zaklonišče v devetih jamah (2,0 %).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 14,8 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 12,8 let in pri onesnaženih 22,1 let. Podobno razliko smo ugotovili tudi pri stopnji onesnaženosti jam, kjer obdobje narašča. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 30,7 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 33,0 let in pri onesnaženih 22,1 let.

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Pivškega podolja in Vremščice v večji meri opredeljuje bližina večjih naselij ter prometnih povezav na nizkem dinarskem krasu. Veliko močno onesnaženih jam v bližini naselij je bilo uporabljenih za vaška smetišča, zaradi česar so v njih odloženi raznovrstni odpadki. Sem uvrščamo jame kot so Ravnica (kat. št. 2630) (slika 45), Pivka jama pri Orehku (kat. št. 961), Jama na Ublci (kat. št. 1026) in Brezno 4 nad Staro vasjo (kat. št. 1969). Med močno onesnažene jame uvrščamo tudi turistične jame kot so Pivka jama (kat. št. 472), Jamski sistem Postojnska jama (kat. št. 747), Planinska jama (kat. št. 748), Črna jama (kat. št. 471) ter Predjamski sistem (kat. št. 734), vendar zgolj zaradi v jamski prostor vnesene turistične infrastrukture. V Polhovo jamo (kat. št. 1557) na Slavinskem ravniku je jugoslovanska vojska odmetavala večje

količine neeksplodiranih ubojnih sredstev, kasneje pa so iz bližnje piščančje farme v jamo odmetavali še klavnične odpadke. V Jami 2 ob Košanski poti (kat. št. 1568) so na kurišču uničevali neeksplodirana ubojna sredstva, zaradi česar so stene sajaste in poškodovane. V Jamo na Presadnikih (kat. št. 2475) je domačin več let odmetaval do 150 l ostankov morskih sadežev na dan, ki jih je čistil za potrebe gostiln. Onesnažene jame so tudi na vodovarstvenih območjih kot na primer v zaledju izvira Korentan pri Orehku. Poleg močno onesnažene Pivke jame pri Orehku ter Jame na Presadnikih, še srednje onesnažene jame kot so Žegnana jama (kat. št. 960), Brezno na Tolstem griču (kat. št. 1060) in Spodmol z vodnjakom (kat. št. 1352). Žegnana jama (kat. št. 960) je bila nekoč urejena za turistični obisk, v jami je tudi srednjeveški žrtvenik in večje število arheoloških najdb. V posameznih jamah kot so Jama Koliševka (kat. št. 147), Jama na poti (kat. št. 583), Košanski spodmol (kat. št. 902) ter Žegnana jama (kat. št. 960) so lomili kapnike, ter jih s tem močno poškodovali. Jame so imele v preteklosti pomembno vlogo tudi z vidika vodooskrbe, kar smo prepoznali v Bruhalniku pri Mrzli jami pri Prestranku (kat. št. 892), Zavinki jami (kat. št. 957), Spodmolu z vodnjakom (kat. št. 1352) in drugih. V jami Tiskarna (kat. št. 6948) je med 2. svetovno vojno delovala partizanska tiskarna. Posamezne jame so zaradi reje drobnice v preteklosti uporabljali za staje kot na primer Ovčarski spodmol pri Orehku (kat. št. 1562) in Spodmol v Preteržji (kat. št. 11.696).



Slika 46: Stanje onesnaženosti jam v Pivškem podolju in Vremščici.

4.13 Ribniško-Kočevsko podolje

V analizo onesnaženosti jam na Ribniško-Kočevskem podolju je bilo vključenih 134 jam. Med **čiste** smo uvrstili 78 jam (58,2 % vseh), **onesnažene** 48 jam (35,8 %) **uničenih** jam na tem območju ni, za osem jam (6,0 %) pa ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja. Nadalje je med onesnaženimi jamami 25 **malo onesnaženih** (52,1 % onesnaženih jam), 12 **srednje onesnaženih** (25,0 %) ter 11 **močno onesnaženih** (22,9 %) (slika 48).

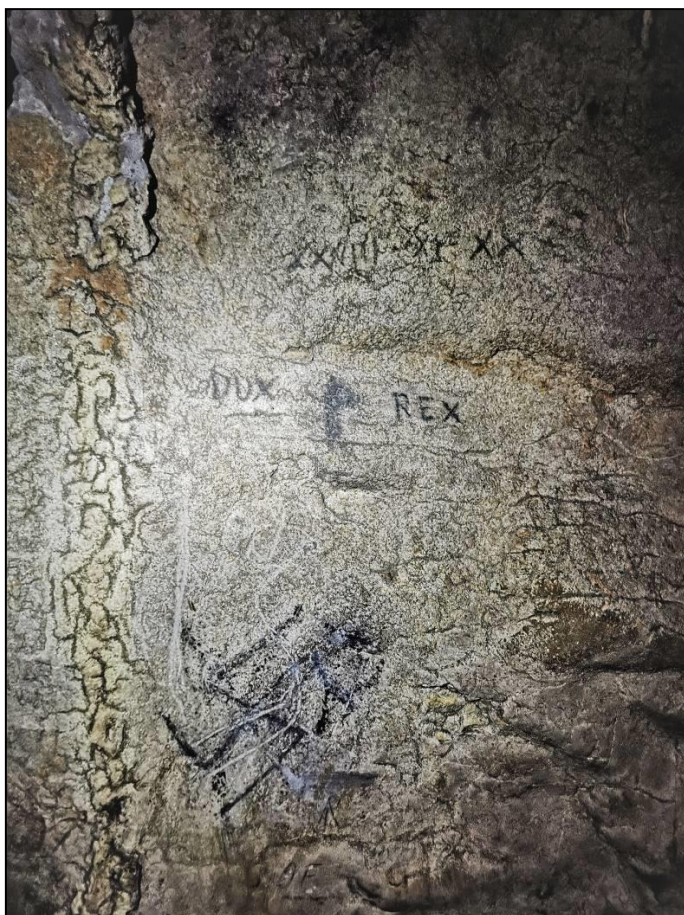
Ribniško-Kočevsko podolje se uvršča med območja z visokim deležem onesnaženih jam v Sloveniji, kar je glede na število jam in lahko dostopnost jam pričakovan rezultat. Onesnaženost jam je najbolj prisotna ob večjih urbanih središčih kot sta Kočevje in Ribnica. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 17.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
2695	Brezno v Šalki vasi	Šalka vas	150,0	11
12	Željnske Jame	Željne	100,0	12
20	Mala Željnska jama	Željne	100,0	5
11984	Jama pod Šalko vasjo	Šalka vas	100,0	5
11985	Jama pri gostilni	Šalka vas	100,0	5
11987	Jama pri koritu	Šalka vas	100,0	1
12162	Blatni rov	Šalka vas	100,0	3
3080	Odpadno brezno	Klinja vas	40,0	14
3202	Mala Stankova jama	Šalka vas	30,0	10
5452	Brezno ob cesti	Livold	10,0	48

Preglednica 17: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Ribniško-Kočevskem podolju.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 857,4 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 6,4 m³, srednje onesnaženih 16,0 m³ ter močno onesnaženih 835,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 17,9 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 13,7 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo komunalni – nenevarni odpadki v 32 jamah (66,7 % onesnaženih jam), primarni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 29 (60,4 %) ter gradbeni – nenevarni odpadki v 12 jamah (25,0 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v šestih jamah (12,5 % onesnaženih jam), dotok onesnažene vode v sedmih (14,6 %), plastične odpadke v 30 (62,5 %), živalske odpadke v 20 (41,7 %) ter človeške ostanke v eni (2,1 %).



Slika 47: Napisi na stenah Jame 1 v Mahovniku (kat. št. 2816) (fotografija: Jure Tičar, 17. 7. 2020).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1995, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1999, pri srednje onesnaženih leta 1996, pri močno onesnaženih pa leta 1986. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,8 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 22,0 let, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 18,5 let, pri srednje onesnaženih 21,40 let, pri močno onesnaženih pa 30,8 let.

Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v desetih jamah (7,5 % vseh). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 2012, pri čemer je bila pri čistih popisana leta 2014 in pri onesnaženih leta 2008. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 10,5 let, med čistilno akcijo in sedanjostjo pa 4,7 let.

V vzorcu obravnavanih jam je pri 16 jamah (11,9 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih pet čistih jam (6,4 % čistih jam) in 11 onesnaženih jam (slika 47) (22,9 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam ne kaže razlike pri stopnji

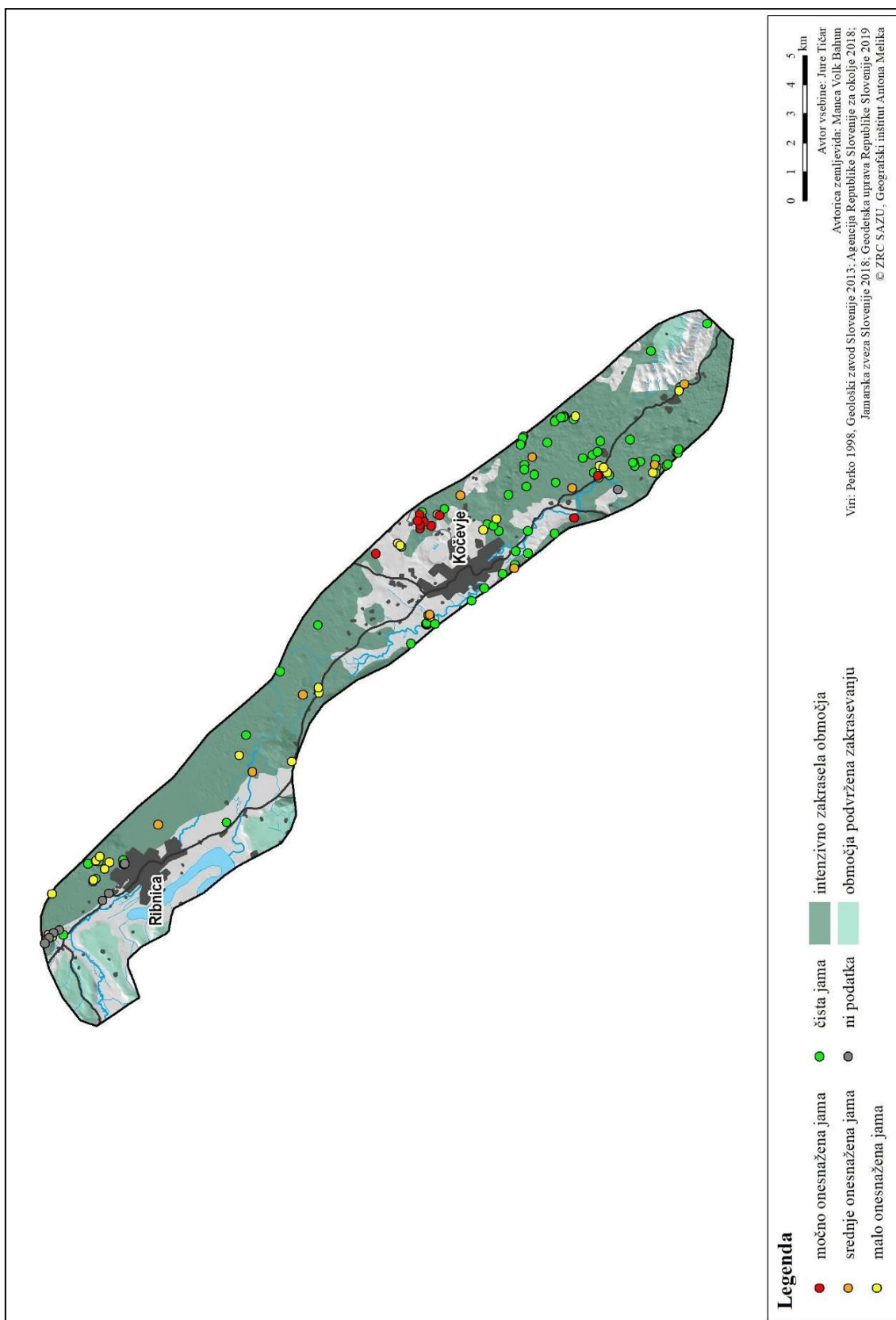
onesnaženosti, saj so med malo onesnaženimi štiri poškodovane jame (16,0 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi šest poškodovanih jam (50,0 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi ena poškodovana jama (9,1 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih s premikom sedimentov (10 oziroma 7,5 % vseh), umetno razširitvijo rovov (6 oziroma 4,5 %) ter zasutim vhodom (4 oziroma 3,0 %).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 55 oziroma 41,0 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 13 jamah (9,7 %) ter raba jam z zmernim vplivom v dveh jamah (1,5 %). Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 55 jamah (41,0 % vseh), znanstvenoraziskovalna raba v 11 jamah (8,2 %), kmetijska raba v dveh jamah (1,5 %) ter zatočišče v dveh jamah (1,5 %).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 17,4 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 11,5 let in pri onesnaženih 27,3 let. Podobno razliko smo ugotovili tudi pri stopnji onesnaženosti jam, kjer obdobje neizrazito narašča. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 21,3 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 24,8 let in pri onesnaženih 9,3 let.

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Ribniško-Kočevskega podolja v večji meri opredeljuje bližina urbanih središč ter glavnih prometnih povezav na gosto poseljenem kraškem podolju. Zaradi pretekle rudarske dejavnosti v Kočevju in okolici je med najbolj onesnaženimi jamami večji del onesnažen z usedlinami premogovega prahu. Primeri takšnih jam so Željnske jame (kat. št. 12), Mala Željnska jama (kat. št. 20), Brezno v Šalki vasi (kat. št. 2695), Jama pod Šalko vasjo (11984) in druge jame v okolici. Veliko močno onesnaženih jam v bližini naselij je bilo uporabljenih za vaška smetišča ali ob gozdnih poteh, zaradi česar so v njih odloženi raznovrstni odpadki. Takšne so Mala Stankova jama (kat. št. 3203), Brezno ob cesti (kat. št. 5452) in Jama podzemske Rinže (kat. št. 6180). Številne jame poleg odpadkov ogroža dotok onesnažene vode. Najbolj izrazit problem je iztekanje gnojnice iz farm v Klinji vasi ter Cvišlerjih, ki ogrožajo jame in podzemno življenje v Vodni jami pri Cvišlerjih (kat. št. 1720), Jami v Šahnu (kat. št. 535), Vodni jami (kat. št. 118) in drugih. Leta 1998 je v jamo Tentera (kat. št. 533) iztekla večja količina kurilnega olja. V Veliko Stankovo jamo (kat. št. 3203) zateka onesnažena voda iz bližnjega odlagališča odpadkov. V okviru projekta Life Kočevsko so na območju očistili nekaj jam, med drugim jamo Mullerloch (kat. št. 2429) iz katere so odstranili 95

m³ odpadkov. Kot zanimivost izpostavljamo, da so v nekaterih jamah kot so Željnske jame (kat. št. 12) in Jama v kamnolomu v Mahovniku (kat. št. 2817) dolga leta prebivali Romi. Na naselitev kočevskih Nemcev na tem območju poleg imen jam kot so Mullerloch (kat. št. 2429), Mala Milerica (kat. št. 12.186), Lobašgrote (kat. št. 2882) in Mehrerschloch (kat. št. 89), opozarjajo tudi podpisi v jamah kot na primer v jami Kočevarka (kat. št. 12.181). V jami Jasnica (kat. št. 9884) je na vhodu postavljen zid, zaradi česar sklepamo, da je bila v preteklosti tu staja za drobnico.



Slika 48: Stanje onesnaženosti jam v Ribniško-Kočevskem podolju.

4.14 Dolenjsko podolje

V analizo onesnaženosti jam na Dolenjskem podolju je bilo vključenih 150 jam. Med **čiste** smo uvrstili 75 jam (44,7 % vseh), **onesnažene** 75 jam (50,0 %), **uničenih** jam na tem območju ni, za osem jam (5,3 %) pa ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja. Nadalje je med onesnaženimi jamami 33 **malo onesnaženih** (44,0 % onesnaženih jam), 23 **srednje onesnaženih** (30,7 %) ter 19 **močno onesnaženih** (25,3 %) (slika 49).

Dolenjsko podolje se uvršča med območja z najvišjim deležem onesnaženih jam v Sloveniji, kar je glede na število jam in enostavno dostopnost jam pričakovan rezultat. Onesnažene jame so prisotne na celotnem območju, pri čemer jih je največ vezanih na območja razpršene poselitve in večjih naselij. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 18.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
2187	Zgonuha	Jezero	1500,0	17
27	Županova jama	Velike Lipljene	100,0	70
2103	Mirniče jama	Velika Loka	100,0	8
787	Skobčeva jama	Stična	30,0	7
2102	Skedenj pri Žalni	Velika Loka	25,0	6
55	Jama pri Hudem	Malo Hudo	20,0	12
1185	Jama Velike Pece	Male Pece	20,0	8
1187	Jama pri železniški postaji	Dob pri Šentvidu	20,0	5
61	Jama v Kavčevem	Stična	15,0	27
2362	Zgončarica	Mirna Peč	10,0	23

Preglednica 18: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Dolenjskem podolju.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 1949,2 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 8,2 m³, srednje onesnaženih 43,0 m³ ter močno onesnaženih 1898,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 26,0 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 12,1 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 10,4 m, v srednje onesnaženih 13,3 m, v močno onesnaženih pa 13,8 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo komunalni – nenevarni odpadki v 58 jamah (77,3 % onesnaženih jam), primarni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 55 (73,3 %) ter industrijski – nenevarni odpadki v 13 jamah (17,3 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v 12 jamah (16,0 % onesnaženih jam), neeksplozivna ubojna sredstva v treh (4,0 %),

dotok onesnažene vode v desetih (13,3 %), plastične odpadke v 54 (72,0 %), živalske odpadke v 45 (60,0 %) ter človeške ostanke v eni (1,3 %).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1992, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1999, pri srednje onesnaženih leta 1984, pri močno onesnaženih pa leta 1988. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,9 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 25,2 leti, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 17,6 let, pri srednje onesnaženih 33,2 leti, pri močno onesnaženih pa 28,5 let.

Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v treh jamah (2,0 % vseh), in sicer v Požiralniku 1 v Lučah (kat. št. 503), Jami dvojnega vhoda (kat. št. 9272) ter Jami na Klanem (kat. št. 12.572). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 2014, med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo je minilo 25,7 let, med čistilno akcijo in sedanjostjo pa 3,3 let.

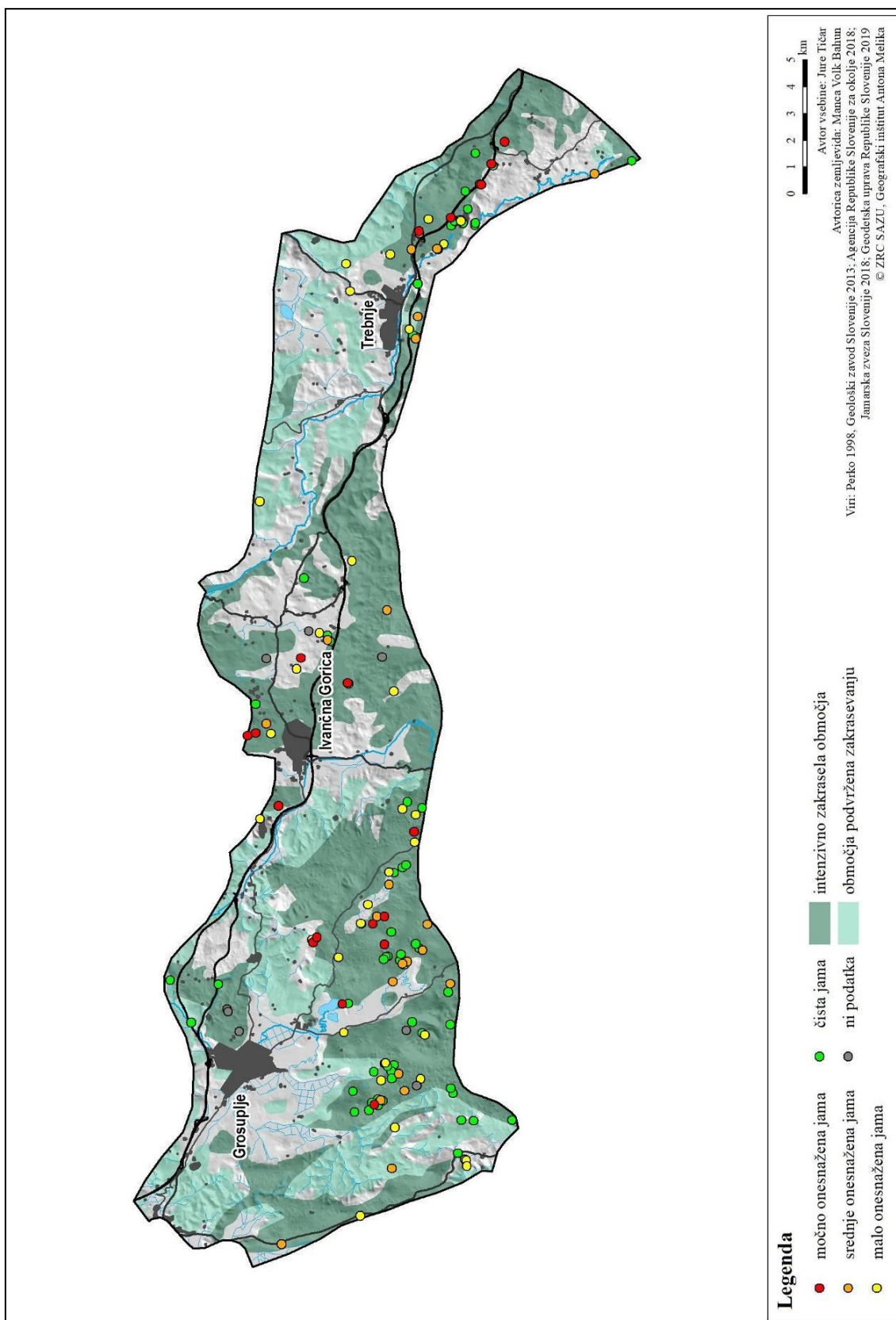
V vzorcu obravnavanih jam je pri 43 jamah (28,7 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih 14 čistih jam (20,9 % čistih jam) in 29 onesnaženih jam (38,7 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam kaže razliko pri stopnji onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi 11 poškodovanih jam (33,3 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi osem poškodovanih jam (34,8 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi deset poškodovanih jam (52,6 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih z umetno razširitvijo rogov (19 oziroma 12,7 % vseh), odstranitvijo sedimentov (13 oziroma 8,7 %) ter premikom sedimentov (12 oziroma 8,0 %).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 80 jamah oziroma 53,3 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 17 jamah (11,3 %) ter raba jam z zmernim vplivom v treh jamah (2,0 %). Intenzivnost rabe jam se s stopnjo onesnaženosti praviloma zmanjšuje. Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 78 jamah (52,0 % vseh), znanstvenoraziskovalna raba v 13 jamah (8,7 %), pridobivanje surovin v treh jamah (2,0 %) ter turistična raba v dveh jamah (1,3 %).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 32,8 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 27,4 let in pri onesnaženih 39,3 let. Podobno

razliko smo ugotovili tudi pri stopnji onesnaženosti jam, kjer obdobje narašča. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 16,0 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 17,4 let in pri onesnaženih 11,4 let.

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Dolenjskega podolja v večji meri opredeljuje dobra dostopnost razpršene poselitve s številnimi cestami. Veliko močno onesnaženih jam v bližini naselij je bilo uporabljenih za vaška smetišča, zaradi česar so v njih odloženi raznovrstni odpadki. Sem uvrščamo jame kot so Skobčeva jama (kat. št. 787), Skedenj pri Žalni (kat. št. 2711) in Jama pri Hudem (kat. št. 55). Kot posebnost izpostavljamo jame, ki so bile nekoč velika odlagališča odpadkov, kasneje pa so jih prekrili z gradivom ob izgradnji avtoceste. Med te uvrščamo jame kot so Zgončarica (kat. št. 2362), Kastelčeva jama 1 (kat. št. 7998) ter Kastelčeva jama (kat. št. 8390). Posamezne jame so zasute tudi z gradbenim materialom kot je na primer Zgonuha (kat. št. 2187). V Mirniče jamo (kat. št. 2103) so domačini dolgo let odmetavali odpadke, ter nato vhod v jamo zravnali s peskom. Med onesnažene jame zaradi infrastrukture prištevamo tudi turistične jame kot sta Županova jama (kat. št. 27) ter Velika jama nad Trebnjem (kat. št. 104). V posamezne ponorne jame na Radenskem polju kot so Zatočna jama (kat. št. 569), Lazarjeva jama (kat. št. 570) in Viršnica (kat. št. 571) odtekajo onesnaženi površinski vodotoki. V Gajčekovi jami (kat. št. 4824) se v ponor izteka kanalizacija. Tudi na območju Dolenjskega podolja najdemo v jamah neeksplozirana ubojna sredstva. Kot zatočišče so med 2. svetovno vojno uporabljali Fantovsko luknjo (kat. št. 2112) ter Zlato jamo (kat. št. 6954). V Lučki jami 2 (kat. št. 2387) domačini prirejajo različne dogodke. V številnih jamah so poškodovani kapniki kot na primer v Veliki jami nad Trebnjem (kat. št. 104), Mikličevi jami (kat. št. 34) in Kuščareku (kat. št. 1190). Zijalko pri Mačjem dolu (kat. št. 2151) so domačini preuredili v hlev za drobnico.



Slika 49: Stanje onesnaženosti jam v Dolenjskem podolju.

4.15 Bela krajina

V analizo onesnaženosti jam v Beli krajini je bilo vključenih 186 jam. Med **čiste** smo uvrstili 110 jam (59,1 % vseh), **onesnažene** 75 jam (40,3 %), **uničenih** jam na tem območju ni, za eno jamo (0,5 %) pa ni bilo mogoče opredeliti njenega stanja. Nadalje je med onesnaženimi jamami 32 **malo onesnaženih** (42,7 % onesnaženih jam), 18 **srednje onesnaženih** (24,0 %) ter 25 **močno onesnaženih** (33,3 %) (slika 51).

Bela krajina se uvršča med območja z najvišjim deležem onesnaženih jam v Sloveniji, kar je glede na število jam in težko dostopnost jam pričakovan rezultat. Med najbolj onesnažena območja se uvrščata osrednji del Črnomaljskega ravnika in vznožje Gorjancev. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 19.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
2356	Jama pri Vranovičih	Vranoviči	200,0	12
853	Kipina jama	Bojanja vas	100,0	35
854	Kadiševa jama	Bojanja vas	100,0	50
8006	Brezno v Vogrju	Semič	100,0	13
2793	Štalcarjeva jama	Naklo	60,0	37
2668	Brezno 2 na Plešivici	Dolenjci	50,0	12
3177	Jastrebinca	Gornja Lokvica	50,0	30
5217	Kotlovnica	Črnomelj	32,0	15
9612	Šikara	Preloka	30,0	22
9751	Brezno nad Jugorjem	Jugorje pri Metliki	30,0	19

Preglednica 19: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Beli krajini.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 935,8 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 10,3 m³, srednje onesnaženih 24,5 m³ ter močno onesnaženih 901,0 m³ (slika 50). V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 12,5 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 15,0 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 12,6 m, v srednje onesnaženih 12,1 m, v močno onesnaženih pa 20,2 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo komunalni – nenevarni odpadki v 48 jamah (64,0 % onesnaženih jam), primarni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 44 (58,7 %) ter gradbeni – nenevarni odpadki v 25 jamah (33,3 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v 12 jamah (16,0 % onesnaženih jam), neeksplozivna ubojna sredstva v štirih (5,3 %), dotok onesnažene vode v eni (1,3 %), plastične odpadke v 43 (57,3 %), živalske odpadke v 38 (50,7 %) ter človeške ostanke v štirih (5,3 %).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1994, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1997, pri srednje onesnaženih leta 1998, pri močno onesnaženih pa leta 1987. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,8 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 23,4 let, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 20,1 let, pri srednje onesnaženih 19,5 let, pri močno onesnaženih pa 30,4 let.

Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v sedmih jamah (3,78 % vseh) in sicer v Judovski hiši (kat. št. 1061), Tomaževem prepadu (kat. št. 1808), Lebici (kat. št. 1812), Zvernjakih (kat. št. 2048), Malikovcu (kat. št. 2316) ter Bečki jami (kat. št. 6275). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 1993, pri čemer so bile pri čistih popisane leta 1992 in pri onesnaženih leta 1994. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 12,9 let, med čistilno akcijo in sedanjostjo pa 11,1 let.

V vzorcu obravnavanih jam je pri 37 jamah (19,9 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer je poškodovanih 11 čistih jam (10,0 % čistih jam) in 26 onesnaženih jam (34,7 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam ne kaže razlike pri stopnji onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi devet poškodovanih jam (28,1 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi 12 poškodovanih jam (66,7 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi pet poškodovanih jam (20,0 % močno onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih z umetno razširitvijo rovov (20 oziroma 10,8 % vseh), odstranitvijo sedimentov (18 oziroma 9,7 %) ter premikom sedimentov (7 oziroma 3,8 %).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 84 oziroma 45,2 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 39 jamah (21,0 %) ter raba jam z zmernim vplivom v devetih jamah (4,8 %). Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 79 jamah (42,5 % vseh), vodni viri v 29 jamah (15,6 %), znanstvenoraziskovalna raba v 11 jamah (5,9 %) ter vojaško zaklonišče v sedmih jamah (3,8 %).

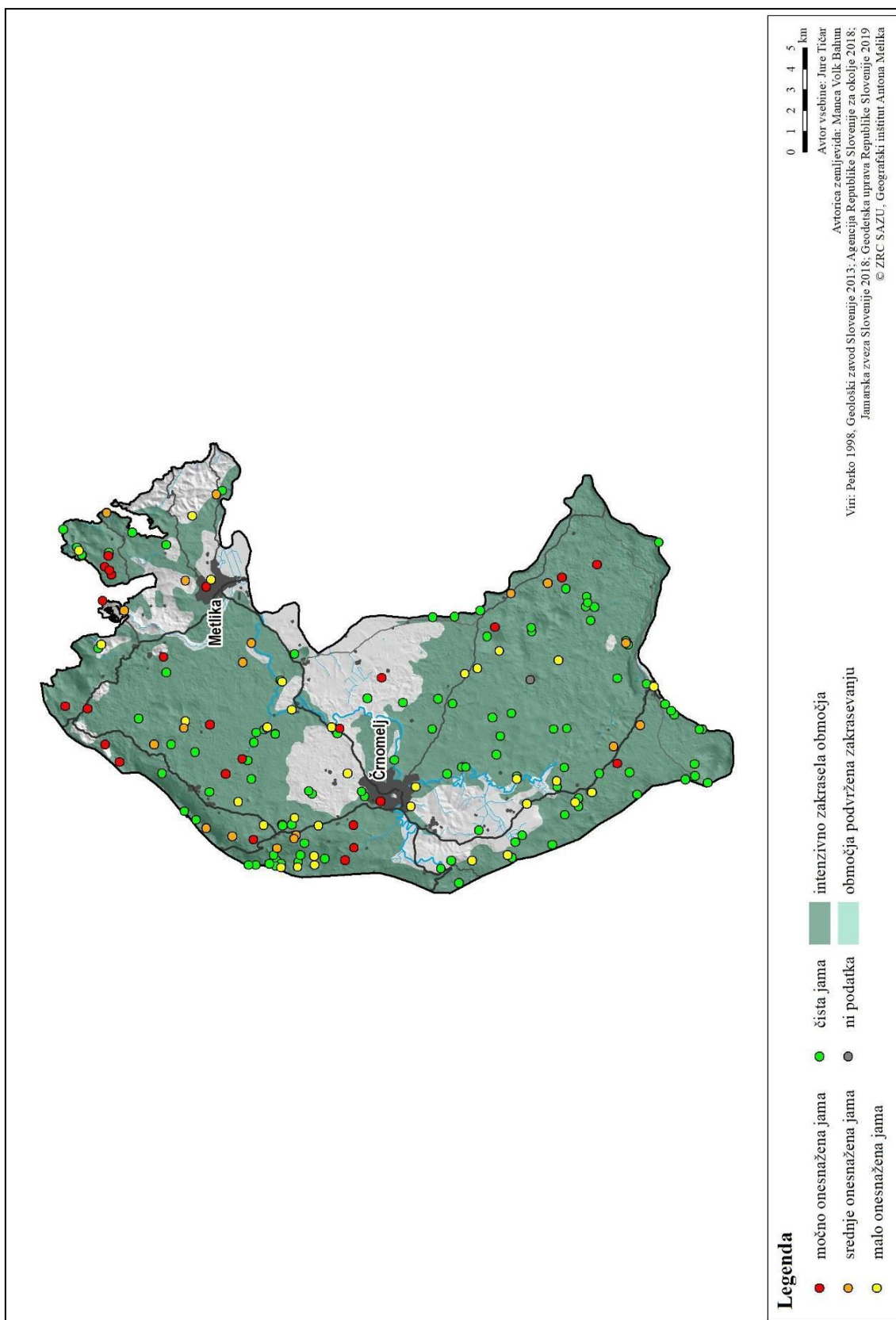


Slika 50: Vhod v Jamo dobrega pajka (kat. št. 6676) v bližini Semiča je popolnoma zasut z odpadki (fotografija: Jure Tičar, 28. 6. 2016).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 21,0 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 14,7 let in pri onesnaženih 30,6 let. Pri stopnji onesnaženosti jam obdobje med bolj onesnaženimi jamami upada. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 18,0 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 20,3 let in pri onesnaženih 13,3 let.

Značilnosti onesnaženosti jam v Beli krajini v večji meri opredeljuje bližina naselij ter prometnih povezav na sicer razpršeno poseljenem nizkem dinarskem krasu. Onesnaženost jam tu lahko vpliva na kakovost pitne vode v izvirih Dobliče, Obrh v Metliki, Gornji Suhor, Vumole ter ostalih. Na vodovarstvenih območjih najdemo močno onesnažene jame kot so Kipina jama (kat. št. 853), Kadiševa jama (kat. št. 854), Brezno nad Jugorjem (kat. št. 9751) in Šulnovka (kat. št. 855). Veliko močno onesnaženih jam v bližini naselij je bilo uporabljenih za vaška smetišča, zaradi česar so v njih odloženi raznovrstni odpadki. Sem uvrščamo jame kot so Brezno v Vogrju (kat. št. 8006), Štalcarjevo jamo (kat. št. 2793) in Brezno 2 na Plešivici (kat. št. 2668). V Črnomlju so v blokovskem naselju brezno Kotlovnica (kat. št. 5217) zalili z več kot 30 m³ betona in

kamenja. Številne jame v Beli krajini so bile v preteklosti uporabljene za dostopanje do pitne vode na plitvem kraškem ravniku. Odnos do teh jam se je v preteklosti zelo spremenil, zato je marsikatera jama onesnažena kot na primer Škofov prepad (kat. št. 6274), Zdenc v jami (kat. št. 6340) in Jama pri Metliki (kat. št. 1275). Na območju je večje število jam z neeksploziranimi ubojnimi sredstvi ter poškodovanih jam. Iz jame Vuzelnica (kat. št. 6272) so domačini izkopali več kot 100 m³ sedimentov. V tej jami je bilo med 2. svetovno vojno večje zatočišče za krajevno prebivalstvo. V tem obdobju so bili v jamah različni vojaški objekti kot na primer skladišče in usnjarna v jami Kopelc (kat. št. 1798) ali skladišče orožja v jamah Veliki Školj (kat. št. 6227) ter Mali Školj (kat. št. 6228). V slednjih je bilo že med turškimi vpadi zatočišče za krajevno prebivalstvo, podobno tudi v Perni jami (kat. št. 3179). V številnih jamah so lomili in odnašali kapnike kot na primer v Špirovem kotu (kat. št. 1213) ali Malikovcu (kat. št. 2316). Slednja je bila v preteklosti očiščena in urejena za turistični ogled. V Božakovski jami (kat. št. 2059) je postavljena manjša kapelica.



Slika 51: Stanje onesnaženosti jam v Beli krajini.

4.16 Srednjesotelsko gričevje

V analizo onesnaženosti jam v Srednjesotelskem gričevju je bilo vključenih deset jam. Med **čiste** smo uvrstili pet jam (50,0 % vseh), med **onesnažene** pet jam (50,0 %), **uničenih** jam pa na tem območju ni. Nadalje je med onesnaženimi jamami pet **malo onesnaženih** (slika 52).

Srednjesotelsko gričevje se uvršča med območja z visokim deležem onesnaženih jam v Sloveniji, predvsem zaradi majhnega števila jam. Onesnaženost je povezana z bližino večjih naselij. **Pet najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 20.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
1381	Jama 3 pri Kozjem	Kozje	0,5	1
7614	Ulekova jama	Prešnica	0,5	6
3586	Krofelnova jama	Kozje	0,2	8
1374	Gruska jama	Gruska	0,1	2
7613	Brezno Boršt	Podsreda	0,1	10

Preglednica 20: Seznam onesnaženih jam v Srednjesotelskem gričevju.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 1,4 m³ **odpadkov**. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 0,3 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 5,4 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo primarni – nenevarni odpadki v treh jamah (60,0 % onesnaženih jam), komunalni – nenevarni odpadki so bili najdeni v treh (60,0 %) ter industrijski – nenevarni odpadki v dveh jamah (40,0 %). Plastične odpadke smo evidentirali v dveh jamah (40,0 %) ter živalske odpadke v dveh (40,0 %).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1995. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 5,7 let, od onesnaženosti do sedanjosti pa je minilo 21,6 let.

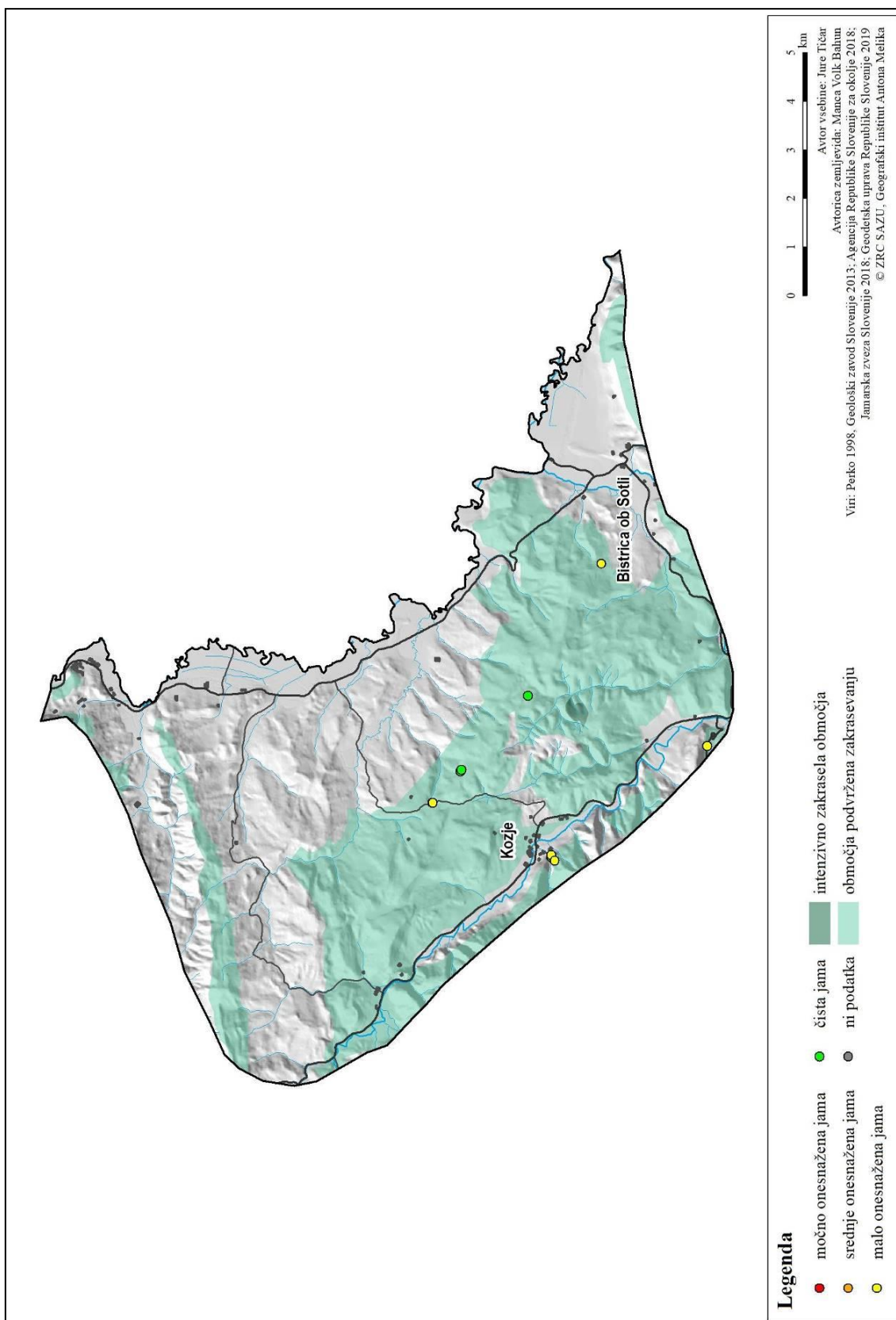
Čistilne akcije v Srednjesotelskem gričevju niso bile izvedene.

V vzorcu obravnavanih jam je pri šestih jamah (60,0 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer sta poškodovani dve čisti jami (40,0 % čistih jam) in štiri onesnažene jame (80,0 % onesnaženih jam). Med poškodbami je največ povezanih z odstranitvijo sedimentov (3 oziroma 30,0 % vseh), umetno razširitvijo rovov (2 oziroma 20,0 %) ter poškodbo kapnikov (1 oziroma 10,0 %).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v petih oziroma 50,0 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v treh jamah (30,0 %) ter raba jam z zmernim vplivom v eni jami (10,0 %). Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v petih jamah (50,0 % vseh), pridobivanje surovin v dveh jamah (20,0 %), vojaško zaklonišče v dveh jamah (20,0 %) ter znanstvenoraziskovalna raba v dveh jamah (20,0 %).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 34,0 let, pri čemer pri čistih jamah povprečno 43,6 let in pri onesnaženih 24,4 let. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 7,2 leti, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 6,2 leti in pri onesnaženih 8,2 leti.

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Srednjesotelskem gričevju v večji meri opredeljuje bližina naselij ter prometnih povezav na redko poseljenem nizkem dinarskem krasu. Med odlagališča odpadkov lahko prištevamo zgolj Jamo 3 pri Kozjem (kat. št. 1381), v vseh ostalih jamah so posamezni odpadki. Poleg omenjene jame so tudi v Krofelnovi jami (kat. št. 3586) izkopavali železovo rudo. V njej je bilo med 2. svetovno vojno skrivališče partizanov. V Gruski jami (kat. št. 1374) je dolgo časa živel puščavnik, zato jo poimenujejo tudi Puščavnikova jama. Jama 1 pri Kozjem (kat. št. 1373) je pomembno arheološko najdišče.



Slika 52: Stanje onesnaženosti jam v Srednjesotelskem gričevju.

4.17 Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje

V analizo onesnaženosti jam v Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju je bilo vključenih 48 jam. Med **čiste** smo uvrstili 24 jam (50,0 % vseh), med **onesnažene** 24 jam (50,0 %), **uničenih** jam pa na tem območju ni. Nadalje je med onesnaženimi jamami osem **malo onesnaženih** (33,3 % onesnaženih jam), šest **srednje onesnaženih** (25,0 %) ter deset **močno onesnaženih** (41,7 %) (slika 55).

Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje se uvrščajo med območja z visokim deležem onesnaženih jam v Sloveniji, kar je glede na število jam in lahko dostopnost jam pričakovano. Med najbolj onesnažena območja se uvršča Krško gričevje ter območja razpršene poselitve. **Deset najbolj onesnaženih jam** je naštetih v preglednici 21.

katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
12441	Drožanjska vodovodna jama	Sevnica	100,0	6
1834	Matkovo brezno	Studenec	60,0	10
3314	Brezno na Kralovem hribu	Arto	30,0	19
7868	Brezno pri Celinah	Celine	15,0	12
8008	Brezno na Zavodu	Pijana Gora	15,0	11
8013	Baršnica	Studenec	15,0	81
8015	Rupa na Kureščku	Mali Trn	10,0	13
476	Brezno 1 na Ilovcu	Studenec	5,0	20
477	Brezno 2 na Ilovcu	Studenec	5,0	24
3221	Brezno na Čadovem hribu	Veliki Trn	5,0	44

Preglednica 21: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 272,5 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 1,5 m³, srednje onesnaženih 11,0 m³ ter močno onesnaženih 260,0 m³. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 11,4 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 15,4 m, pri čemer se povprečna globina odpadkov s stopnjo onesnaženosti povečuje, in sicer je v malo onesnaženih jamah 4,3 m, v srednje onesnaženih 16,0 m, v močno onesnaženih pa 24,0 m.

Med **tipom odpadkov** v jamah prevladujejo komunalni – nenevarni odpadki v 19 jamah (79,2 % onesnaženih jam), primarni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 14 (58,3 %) ter industrijski – nenevarni odpadki v osmih jamah (33,3 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v petih jamah (20,8 % onesnaženih jam), neeksplozivna ubojna sredstva v

dveh (8,3 %), dotok onesnažene vode v dveh (2,3 %), plastične odpadke v 18 (75,0 %), živalske odpadke v 13 (54,2 %) ter človeške ostanke v dveh (2,3 %).

Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1997, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1994, pri srednje onesnaženih leta 2007, pri močno onesnaženih pa leta 1994. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 5,0 let. Povprečno je od onesnaženosti do sedanjosti minilo 19,9 let, pri čemer je pri malo onesnaženih jamah minilo 22,8 let, pri srednje onesnaženih 10,0 let, pri močno onesnaženih pa 23,6 let.



Slika 53: Nelegalen izkop in odstranitev peščenih sedimentov iz Jame v Šteginu (kat. št. 633) (fotografija: Jure Tičar, 30. 3. 2011).

V vzorcu obravnavanih jam je pri 12 jamah (25,0 % vseh) opredeljena **poškodovanost**, pri čemer sta poškodovani dve čisti jami (8,3 % čistih jam) in deset onesnaženih jam (41,7 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam kaže razliko upadanja pri stopnji onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi pet poškodovanih jam (62,5 % malo onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi tri poškodovane jame (50,0 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi dve poškodovani jami (20,0 % močno onesnaženih jam). Med

poškodbami je največ povezanih z odstranitvijo sedimentov (6 oziroma 12,5 % vseh) (slika 53), umetno razširitvijo rovov (5 oziroma 10,4 %) ter napisi na stenah (4 oziroma 8,3 %).

Čistilna akcija je bila izvedena v eni jami (2,1 % vseh) in sicer v Ajdovski hiši (kat. št. 3872) leta 2000. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 5 let, med čistilno akcijo in sedanostjo pa 29 let.

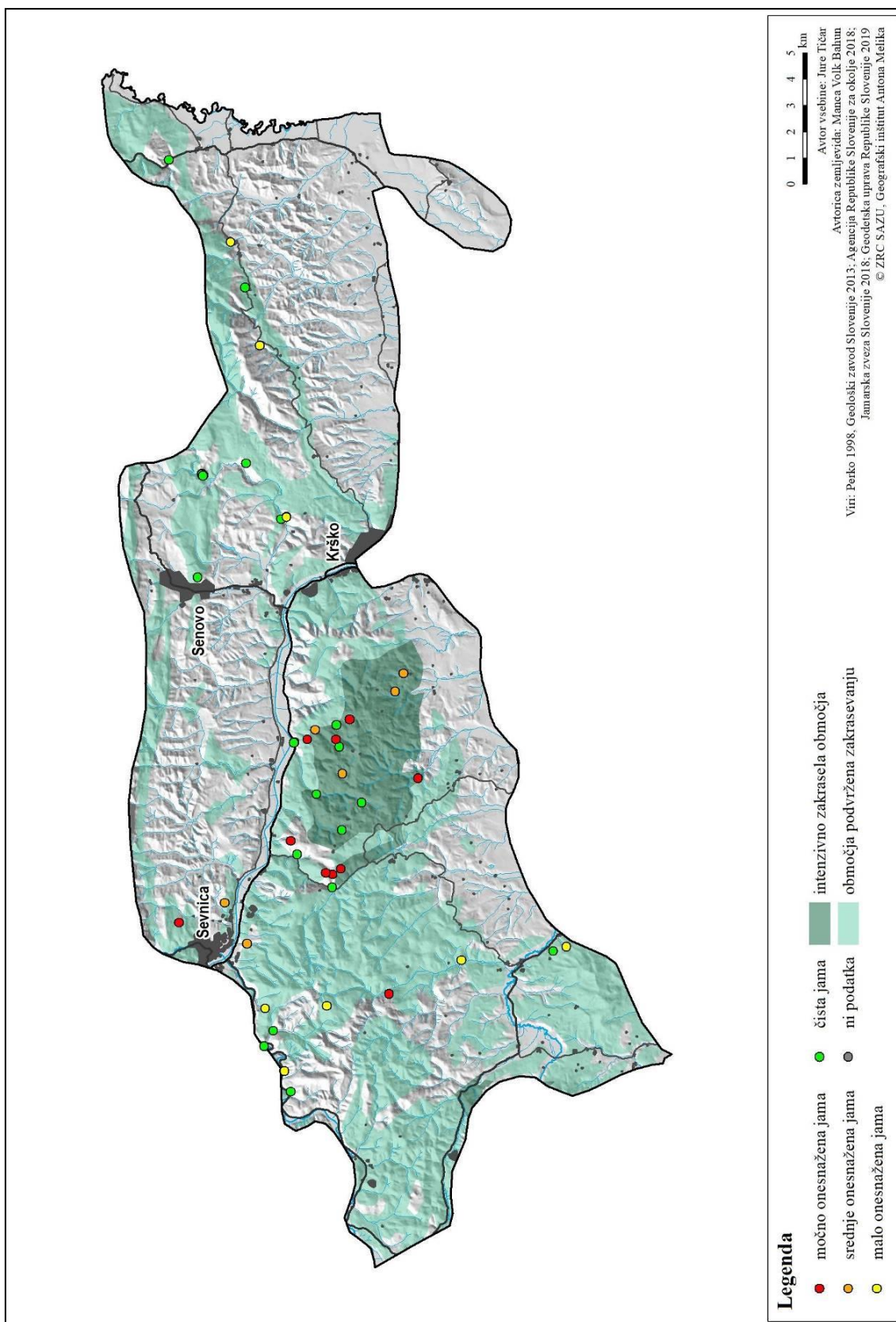
Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 25 oziroma 52,1 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 13 jamah (27,1 %) ter raba jam z zmernim vplivom v eni jami (2,1 %). Intenzivnost rabe jam se s stopnjo onesnaženosti praviloma zmanjšuje. Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 24 jamah (50,0 % vseh), znanstvenoraziskovalna raba v sedmih jamah (14,6 %) (slika 54), vodni vir v štirih jamah (8,3 %) ter zatočišče v treh jamah (6,3 %).



Slika 54: Ajdovska jama pri Nemški vasi (kat. št. 417) je izjemno pomembno arheološko najdišče (fotografija: Jure Tičar, 11. 1. 2020).

Med odkritjem jame in **zadnjo pridobljeno informacijo** je povprečno minilo 27,4 let, pri čemer pri čistih jamah povprečno 23,1 let in pri onesnaženih 31,7 let. Podobno razliko smo ugotovili tudi pri stopnji onesnaženosti jam, kjer obdobje narašča. Čas od zadnje informacije do sedanjosti je povprečno 8,9 let, pri čemer je pri čistih jamah povprečno 8,5 let in pri onesnaženih 9,2 leti.

Značilnosti onesnaženosti jam na območju Krškega, Senovskega in Bizeljskega gričevja v večji meri opredeljuje bližina naselij ter prometnih povezav na redko poseljenem osamelem krasu. Onesnaženost jam tu lahko vpliva na kakovost pitne vode v nekaterih krajevnih izvirih. Na vodovarstvenih območjih so močno onesnažene jame kot so Brezno na Kralovem hribu (kat. št. 3314), Brezno na Celinah (kat. št. 7868), Rupo na Kuršečku (kat. št. 8015), ter Brezno na Čadovem hribu (kat. št. 3221) in druge onesnažene jame. Veliko močno onesnaženih jam v bližini naselij je bilo uporabljenih za vaška smetišča, zaradi česar so v njih odloženi raznovrstni odpadki. Sem uvrščamo jame kot so Matkovo brezno (kat. št. 1843), Baršnco (kat. št. 8013) in Brezno 1 na Ilovcu (kat. št. 476). Iz Jame v Štegini (kat. št. 633) so izkopali več kot 50 m³ sedimentov. Dupla v Pišecah (kat. št. 2089) je vodni vir za del Bizeljskega. Na tem območju so številne pomembne arheološke jame kot na primer Ajdovska peč pri Studencu (kat. št. 390), Ajdovska jama pri Krškem (kat. št. 388) in Ajdovska hiša (kat. št. 3872). Ajdovska jama pri Nemški vasi (kat. št. 417, slika 54) je obenem tudi turistično urejena. Nekaterne jame so bile v času 2. svetovne vojne uporabljene kot zaklonišča kot na primer Spodnja Stopenca (kat. št. 469), Ajdovska hiša (kat. št. 3872) ali Kališka jama (kat. št. 8010). V jami Žrelo nad Radno (kat. št. 480) si je v preteklosti nekdo uredil začasno bivališče.

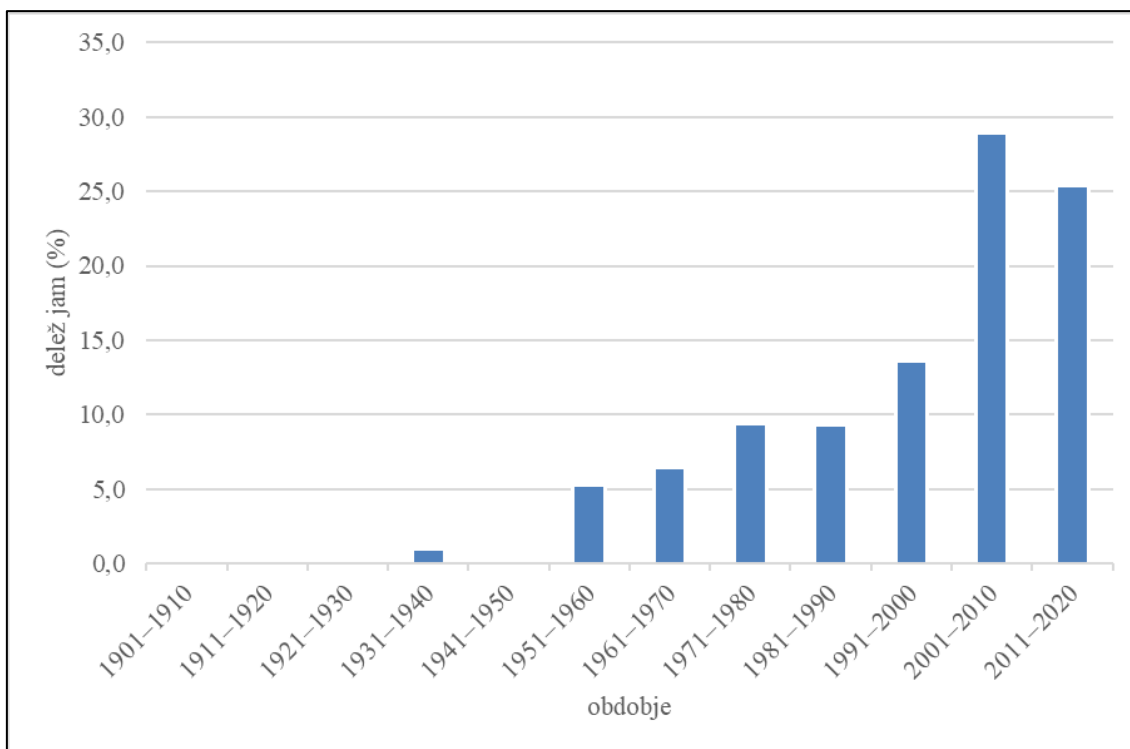


Slika 55: Stanje onesnaženosti jam v Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju.

4.18 Prenos vrednosti onesnaženosti jam na raven Slovenije

Na temelju analize 6965 jam smo podatke o onesnaženosti jam ekstrapolirali na raven Slovenije, in sicer na celotno število registriranih jam (12.588). Pri tem so bili upoštevani le arhivski podatki, saj vsem prostorskim podatkom ni bilo mogoče pripisati vrednosti. Prenos vrednosti onesnaženosti jam je potekal na temelju dejanskih vrednosti, ugotovljenih z analizo arhivskih podatkov, ali pa na temelju razmerij med posameznimi kategorijami podatkov. V nadaljevanju so tako podane izbrane napovedi o onesnaženosti jam na ravni celotne Slovenije.

Od 12.588 jam smo med **čiste** uvrstili 9888 jam (78,5 % vseh), med **onesnažene** 2512 jam (20,0 %), med **uničene** pa 13 jam (0,1 %). Nadalje je med onesnaženimi jamami 1290 **malo onesnaženih** (51,4 %), 629 **srednje onesnaženih** (25,0 %) ter 593 **močno onesnaženih** (23,6 %). Sklepamo, da je v Sloveniji onesnaženost jam še večja. V raziskavi je velik delež jam (28,1 %) pripadal jamam v Julijskih Alpah, kjer je zaradi težje dostopnosti najmanjši delež onesnaženih jam (6,3 %) med vsemi pokrajinami. Ugotavljamo, da je na območjih nizkega in visokega dinarskega krasa, kjer prevladuje gostejša poselitev in število jam, tudi večja stopnja onesnaženosti. Ker nekatera območja kot so na primer Kambreško in Banjšice, Bloke, Notranjsko podolje, Novomeška pokrajina, niso bila vključena v raziskavo, tu upravičeno pričakujemo velik delež onesnaženih jam. Poleg teh dejavnikov na morebitno večjo onesnaženost vpliva tudi posodobljenost podatkov o stanju jam v Katastru jam. Ob pregledu zapisnikov na izbranem vzorcu, smo namreč ugotovili, da ima kar 45,6 % jam zadnjo informacijo o stanju jame pred letom 2000 (slika 56).



Slika 56: Delež jam po obdobjih zadnje pridobljene informacije o stanju jame.

Glede na ekstrapolacijo je 1318 jam (10,5 % vseh) **poškodovanih**, od tega je 631 čistih (6,4 % čistih jam) in 674 onesnaženih jam (26,8 % onesnaženih jam). Med poškodbami je največ jam z umetno razširjenimi rovi (533 oziroma 4,2 % vseh), premiki sedimentov (369 oziroma 2,9 %) ter odstranjenimi sedimenti (284 oziroma 2,3 %). Na poškodovanost jam vplivajo podobni dejavniki kot na stanje jam, zato sklepamo, da je poškodovanih jam na območjih nizkega in visokega dinarskega krasa še več.

Ocenjujemo, da je v jamah skupno **odloženih** 27.586,6 m³ **odpadkov**, od tega v malo onesnaženih 353,0 m³, srednje onesnaženih 964,2 m³ ter v močno onesnaženih 26.269,4 m³. Na temelju ocene stanja jam, sklepamo, da je v jamah odložena še večja količina odpadkov, saj na območjih nizkega in visokega dinarskega krasa pričakujemo večji delež onesnaženih jam ter večjo količino odpadkov.

Čistilne akcije so bile predvidoma izvedene v 199 jamah (1,6 % vseh) (slika 57), od tega v 139 jamah, ki so danes opredeljene kot čiste (1,4 % čistih jam) in 60 jamah, ki so opredeljene kot onesnažene (2,4 % onesnaženih jam). Ocena števila čistilnih akcij je lahko nenatančna, saj so posamezna jamarska društva na posameznih območjih nizkega in visokega dinarskega krasa izvedla več čistilnih akcij.

Med **tipi odpadkov** v jamah prevladujejo primarni – nenevarni odpadki v 1690 jamah (67,3 % onesnaženih jam), komunalni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 1569 (63,5 %) ter gradbeni – nenevarni odpadki v 508 jamah (20,2 %). Ocenjujemo, da so nevarni odpadki v 421 jamah (16,8 % onesnaženih jam), neeksplozivna ubojna sredstva v 211 (8,4 %), dotok onesnažene vode v 92 (3,7 %), plastični odpadki v 1404 (55,9 %), živalski odpadki v 1251 (49,8 %) ter človeški ostanki v 117 (4,7 %). Ocenjujemo, da se struktura odpadkov v jamah ohranja tudi v preostalih delih Slovenije. Pričakujemo, da je zaradi večjega onesnaženja večji tudi delež jam z nevarnimi odpadki, neeksplozivnimi sredstvi, dotokom onesnažene vode ter človeškimi ostanki.



Slika 57: Čistilna akcija v jami Mala Vratnica (kat. št. 164) nad Globodolom, iz katere je bilo odstranjeno okoli 5 m³ odpadkov (fotografija: Jure Tičar, 15. 9. 2018).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** je predvidena raba jam z velikim vplivom v 3007 oziroma 23,9 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 1001 jami (8,0 %) ter raba jam z zmernim vplivom v 184 jamah (1,5 %). Med najpogostejšimi ocenjenimi tipi rabe jam so odlagališča odpadkov v 2651 jamah (21,1 % vseh), znanstvenoraziskovalna raba v 699 jamah (5,6 %), vojaško zaklonišče v 381 jamah (3,0 %) ter zatočišče v 237 jamah (1,9 %). Ocenjujemo, da je v preostalih delih Slovenije, ki niso bili vključeni v raziskavo, intenzivnost rabe jam še večja, predvsem zaradi bližine poselitve in dostopnosti jam.

5 PREGLED ONESNAŽENOSTI JAM V IZBRANIH POKRAJINAH GLEDE NA DEJAVNIKE

Dosedanje raziskave onesnaženosti jam v Sloveniji so se osredotočale na manjša območja oziroma izbrane kraške jame, s čimer so bile povezane omejitve pri ocenah onesnaženosti jam na ravni celotne Slovenije.

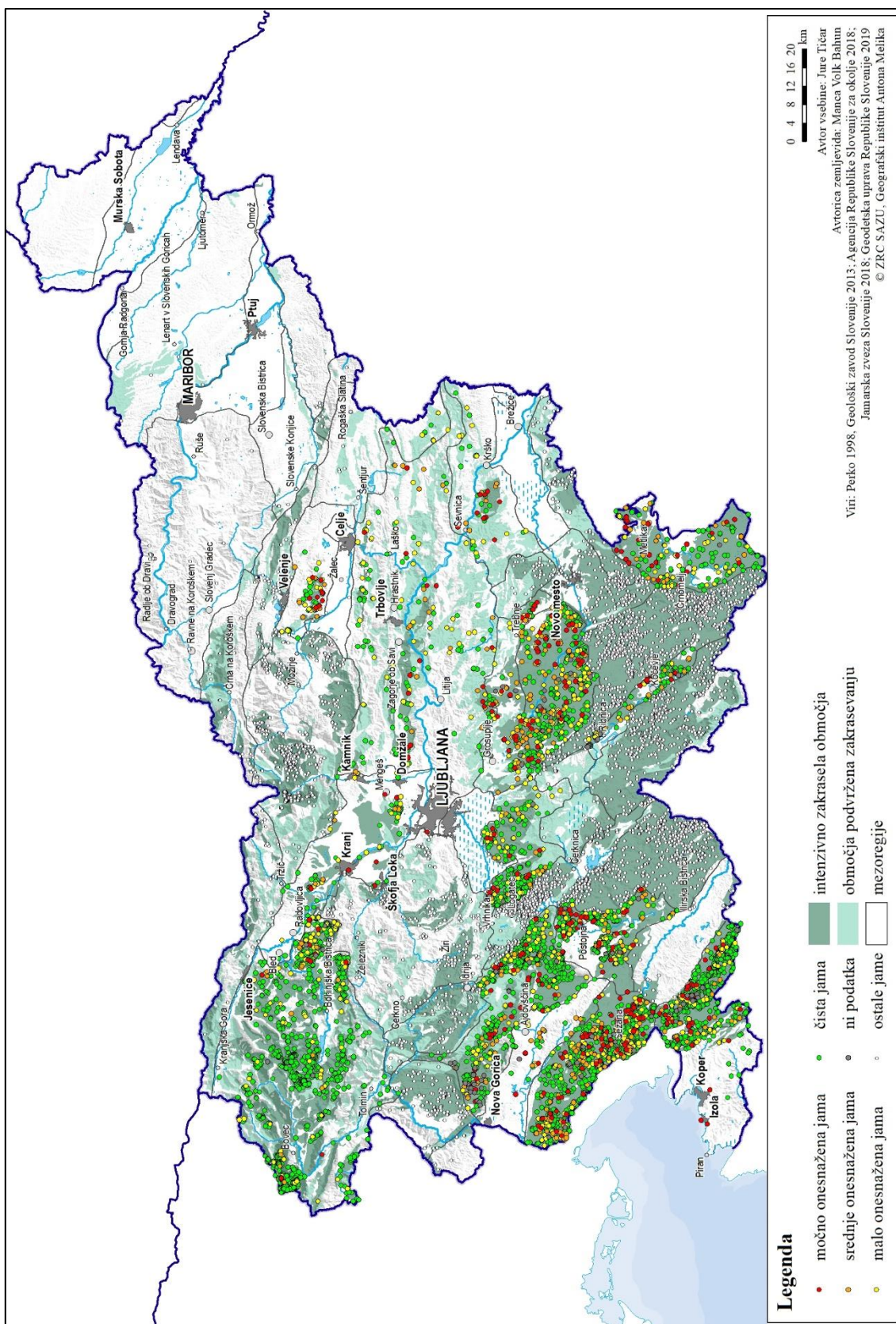
V nadaljevanju podajamo rezultate naše raziskave na ravni izbranih slovenskih pokrajin. Kakovost pridobljenih rezultatov smo v poglavju 3.3 ovrednotili s primerjavo rezultatov dosedanjih raziskav.

5.1 Arhivski podatki

V analizo onesnaženosti jam v izbranih pokrajinah je bilo vključenih 6965 jam. Med **čiste** smo uvrstili 5471 jam (78,5 % vseh), **onesnažene** 1390 jam (20,0 %), **uničene** sedem jam (0,1 %), za 97 jam (1,4 %) pa ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja. Nadalje je med onesnaženimi jamami 714 **malo onesnaženih** (51,4 % onesnaženih jam), 348 **srednje onesnaženih** (25,0 %) ter 328 **močno onesnaženih** (23,6 %) (slika 58). Zaradi majhnosti vzorca so v nadaljevanju podatki o uničenih in jamah brez podatkov izvzeti iz analize.

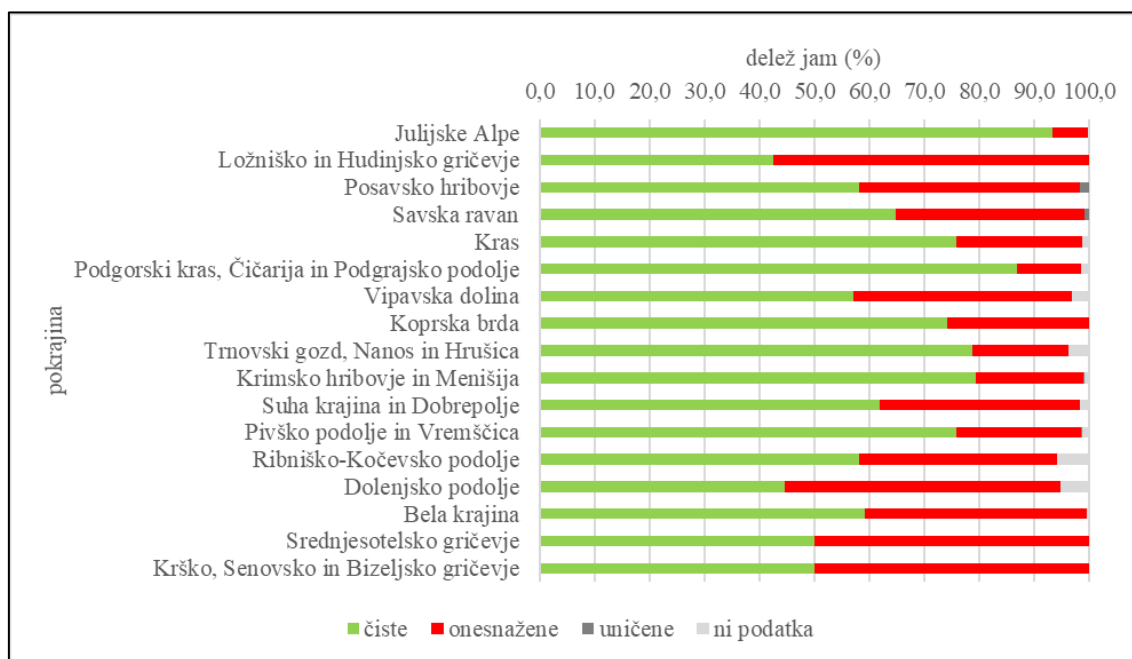
katastrska številka	ime jame	lokacija	količina odpadkov (m ³)	globina odpadkov (m)
2630	Ravnica	Pivško podolje	4000,0	30
2187	Zgonuha	Dolenjsko podolje	1500,0	17
315	Jama na Brundlovem partu	Kras	200,0	86
954	Jeriševa jama	Kras	200,0	70
5235	Brezno ob cesti	Kras	200,0	18
3509	Bezovlaška jama	Vipavska dolina	200,0	8
2356	Jama pri Vranovičih	Bela krajina	200,0	12
1501	Brezno 2 pri Korenu	Trnovski gozd	180,0	114
1967	Brezno 2 nad Staro vasjo	Pivško podolje	150,0	10
3601	Sežansko brezno	Kras	150,0	51

Preglednica 22: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v izbranih pokrajinah.



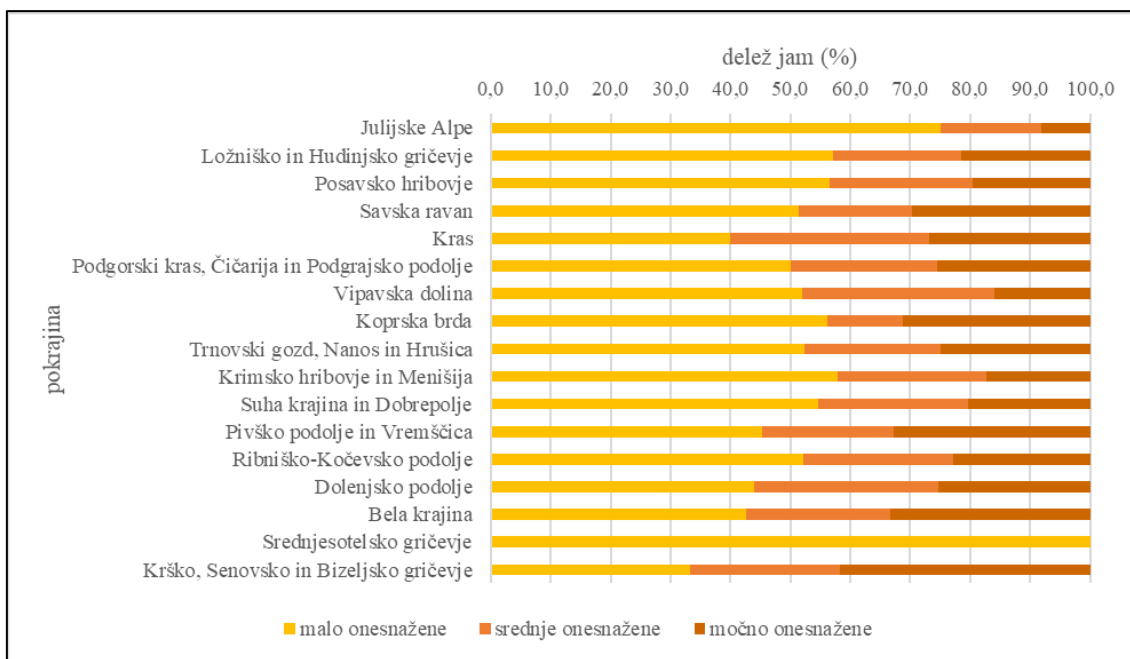
Slika 58: Stanje onesnaženosti jam v izbranih pokrajinah v Sloveniji.

Največ, 245 **onesnaženih** jam je na Krasu, v Suhi krajini in Dobropolju 187, Julijskih Alpah 124, Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici 124 ter v Pivškem podolju in Vremščici 104. Največji delež onesnaženih jam, glede na vse jame v pokrajini je v Ložniškem in Hudinjskem gričevju (57,5 %), Dolenjskem podolju (50,0 %), Srednjesotelskem gričevju (50,0 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (50,0 %) ter v Beli krajini (40,3 %) (slika 59).



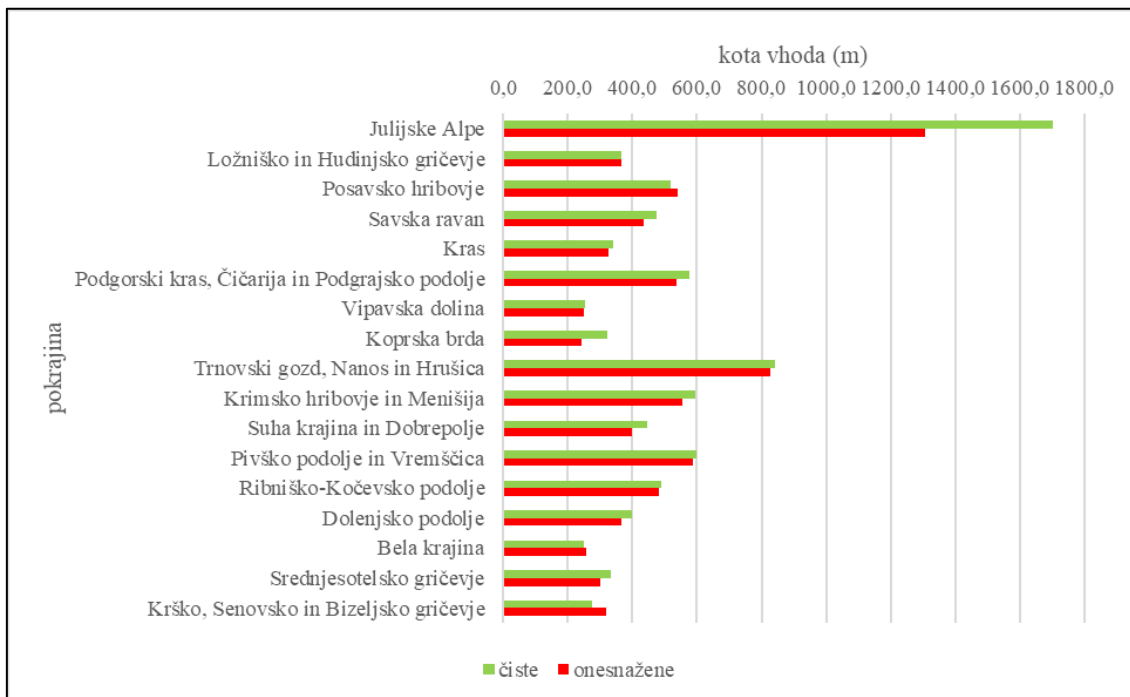
Slika 59: Stanje jam v izbranih pokrajinah.

Glede števila **močno onesnaženih jam** (preglednica 22) s 66 jamami izstopa Kras, Suha krajina in Dobropolje z 38, Pivško podolje in Vremščica z 34, Trnovski gozd, Nanos in Hrušica z 31 ter Bela krajina skupaj z Podgorskim krasom, Čičarijo in Podgrajskim podoljem s 25 jamami. Glede deleža močno onesnaženih jam izstopajo naslednje pokrajine: Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje (41,7 %), Bela krajina (33,3 %), Pivško podolje in Vremščica (32,7 %), Koprška brda (31,3 %) ter Savska ravan (29,7 %) (slika 60).



Slika 60: Stopnja onesnaženosti jam v izbranih pokrajinah.

Vhodi v jame so na povprečni **nadmorski višini** 837,8 m, pri čemer so čiste jame na višjih nadmorskih višinah (919,9 m) od onesnaženih jam (533,1 m). Razlika je izrazita tudi pri stopnji onesnaženosti jam, saj so malo onesnažene jame na povprečni nadmorski višini 576,4 m, srednje onesnažene na 501,2 m in močno onesnažene na nadmorski višini 472,6 m.



Slika 61: Nadmorske višine vhodov čistih in onesnaženih jam v izbranih pokrajinah.

Vhodi v čiste jame so na višjih nadmorskih višinah od onesnaženih v Julijskih Alpah (čiste jame 1702,4 m, onesnažene jame 1306,8 m), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (842,1 m, 824,6 m), Pivškem podolju in Vremščici (599,6 m, 590,8 m), Krmskem hribovju in Menišiji (592,5 m, 552,0 m) ter Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (579,9 m, 538,0 m). Vhodi v čiste jame so le redko na nižjih nadmorskih višinah od onesnaženih in še to praviloma tam, kjer imajo pokrajine povprečno nižje nadmorske višine. Takšni primeri so Bela krajina (čiste jame 251,2 m, onesnažene jame 257,1 m), Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje (275,7 m, 322,5 m) ter Posavsko hribovje (518,8 m, 540,8 m) (slika 61).

Na temelju razporeditve dejavnika nadmorske višine ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo pomembne razlike. Praviloma so onesnažene jame na nižjih nadmorskih višinah, obenem pa se stopnjo onesnaženosti zmanjšuje z nadmorsko višino.

Povprečno so obravnavane jame **dolge** 88,7 m, pri čemer so čiste jame povprečno dolge 79,7 m in onesnažene 128,9 m. Povprečna dolžina jam se poveča predvsem pri višji stopnji onesnaženosti jam, saj so malo onesnažene jame dolge 65,2 m, srednje onesnažene 86,1 m, močno onesnažene pa 312,8 m.

Med posameznimi pokrajinami ni velikih razlik v dolžini čistih in onesnaženih jam. Največja razlika je v Pivškem podolju in Vremščici, kjer so čiste jame dolge 76,7 m in onesnažene 584,1 m. To razliko pripisujemo velikim ponornim jamskim sistemom, ki jih uporabljajo za turizem. Nasprotno so v Vipavski dolini čiste jame daljše (165,0 m) od onesnaženih jam (40,0 m). Dolžino jam ne uvrščamo med vplivne dejavnike.

Povprečno so obravnavane jame **globoke** 27,0 m, pri čemer so čiste jame povprečno globlje (27,8 m) od onesnaženih (24,1 m). Povprečna globina jam se povečuje s stopnjo onesnaženosti jam, saj so malo onesnažene jame globoke 21,4 m, srednje onesnažene 25,5 m, močno onesnažene pa dosežejo povprečno 28,5 m globine.

Med posameznimi pokrajinami obstajajo razlike v globini čistih in onesnaženih jam. Onesnažene jame so globlje na Krasu (čiste 23,3 m, onesnažene 35,0 m), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (21,3 m, 33,3 m), v Ložniškem in Hudinjskem gričevju (5,4 m, 16,4 m), Pivškem podolju in Vremščici (16,0 m, 24,0 m) ter v Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (8,1 m, 16,3 m). Čiste jame so globlje od onesnaženih

v Julijskih Alpah (čiste 41,2 m, onesnažene 32,7 m), Srednjesotelskem gričevju (13,6 m, 5,2 m) ter Koprskih brdih (13,8 m, 9,4 m). V Julijskih Alpah imamo značilna globoka, a večinoma čista brezna, v Srednjesotelskem gričevju ter Koprskih brdih pa prevladujejo manjši, a pretežno vodoravni objekti. Globino jam ne uvrščamo med vplivne dejavnike.

Med 36 **tipi jam** prevladujejo brezna (2583 oziroma 37,1 % vseh), jame z breznom in etažami, poševne jame (1262 oziroma 18,1 %) ter poševna in stopnjasta brezna (968 oziroma 13,9 %). Največ onesnaženih jam je v tipu jam brezna (516 oziroma 37,1 % onesnaženih jam), tipu jama z breznom in etažami, poševna jama (313 oziroma 22,5 %) ter v tipu poševno in stopnjasto brezno (160 oziroma 11,5 %).

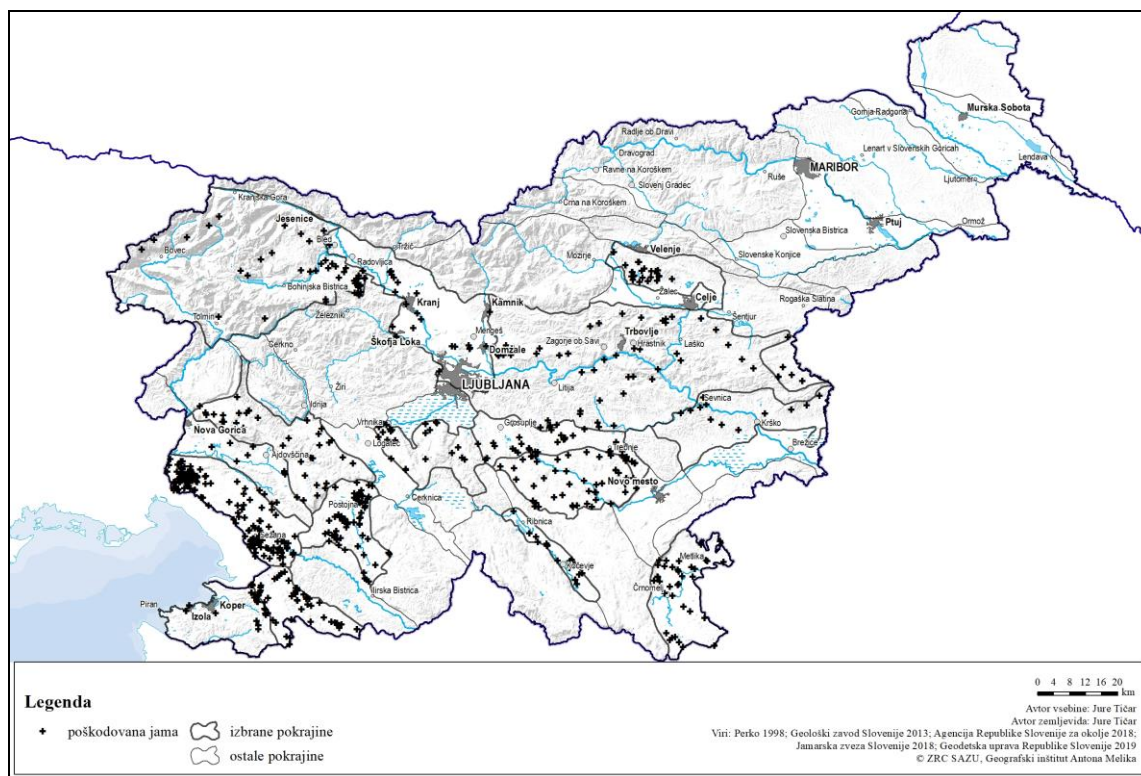
Največji delež med čistimi jamami je v tipu brezno (povprečno 25,4 %), in sicer v Krinskem hribovju in Menišiji (49,1 %), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (47,6 %) ter Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (46,7 %). Prav tako je največji delež med onesnaženimi jamami je v tipu brezno (povprečno 31,5 %), in sicer v Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (56,5 %), Suhi krajini in Dobropolju (49,2 %) ter Julijskih Alpah (42,7 %). Tip jame ne uvrščamo med vplivne dejavnike.

Med tremi **tipi režima vstopa** je največ jam s prostim vstopom (5905 oziroma 84,8 % vseh), sledijo jame, kjer režim ni določen (928 oziroma 13,3 %), ter jame z nadzorovanim vstopom (129 oziroma 1,9 %) in zaprte jame (3 oziroma 0,4 %). Največ onesnaženih jam je v tipu jam s prostim vstopom (1169 oziroma 84,1 % onesnaženih jam).

Glede **režima vstopa** je največji delež onesnaženih jam v tipu jam s prostim vstopom (56,3–93,9 %) ter tipu jam, kjer dostop še ni določen (do 29,8 %). Največji delež med čistimi jamami je v tipu jam s prostim dostopom (povprečno 83,3 %), in sicer v Posavskem hribovju (92,5 %), Dolenjskem podolju (89,6 %) ter Koprskih brdih (89,1 %). Največji delež med onesnaženimi jamami je v tipu jam s prostim dostopom (povprečno 81,6 %), in sicer v Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (93,9 %), Dolenjskem podolju (90,7 %) ter Beli krajini (90,7 %). Režima vstopa ne uvrščamo med vplivne dejavnike.

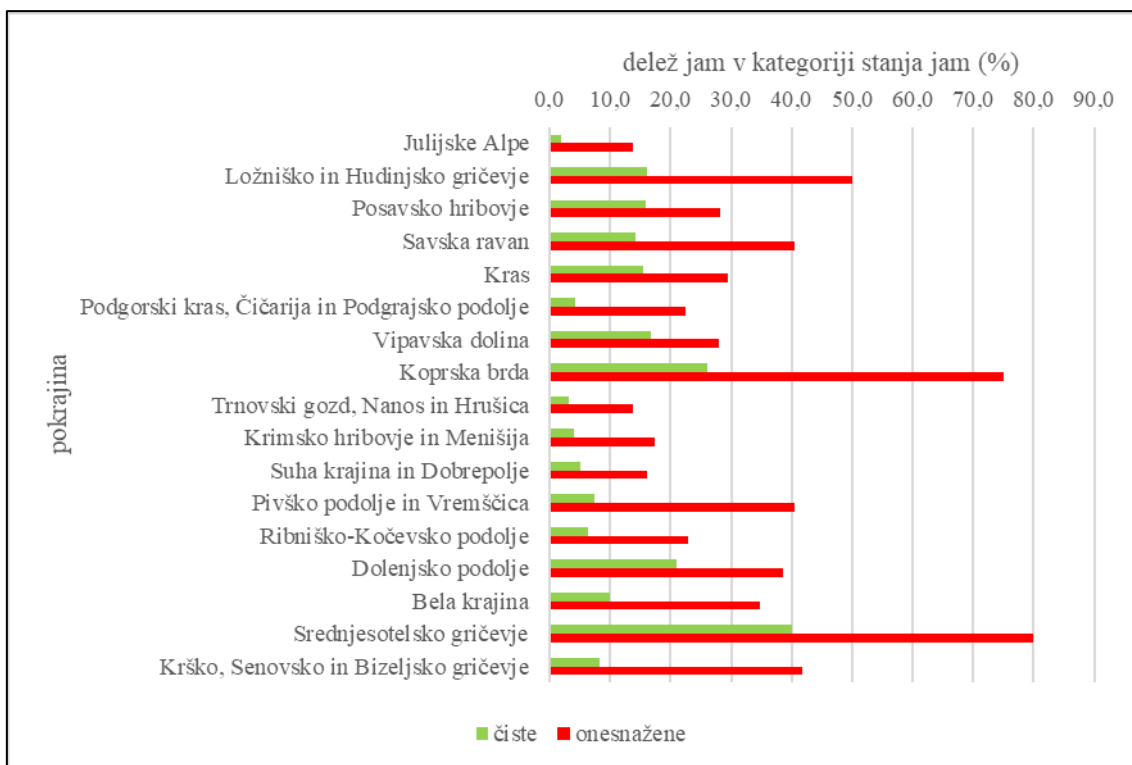
V vzorcu obravnavanih jam je pri 729 jamah (10,5 % vseh) opredeljena **poškodovanost** (slika 62). Ugotavljamo, da je poškodovanih 349 čistih jam (6,4 % vseh čistih jam) in 373 onesnaženih jam (26,8 % onesnaženih jam). Poškodovanost jam je povezana s stopnjo onesnaženosti, saj je med malo onesnaženimi 172 poškodovanih jam (24,1 % malo

onesnaženih jam), med srednje onesnaženimi 101 poškodovanih jam (29,0 % srednje onesnaženih jam) ter med močno onesnaženimi 100 poškodovanih jam (30,5 % močno onesnaženih jam).



Slika 62: Poškodovanost jam v izbranih pokrajinah.

Poškodovanost jam je v vseh pokrajinah izrazito večja med onesnaženimi jamami. Največje razlike so v Koprskih brdih (čiste jame 26,1 %, onesnažene jame 75,0 %), Srednjesotelskem gričevju (40,0 %, 80,0 %), Ložniškem in Hudinjskem gričevju (16,1 %, 50,0 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (8,3 %, 41,7 %) ter Pivškem podolju in Vremščici (7,5 %, 40,4 %). Poškodovanost jam narašča s stopnjo onesnaženosti na Krasu, Vipavski dolini, Koprskih brdih, Pivškem podolju in Vremščici ter Dolenjskem podolju (slika 63). Največji delež poškodovanih jam je v Srednjesotelskem gričevju (80,0 %), Ložniškem in Hudinjskem gričevju (54,8 %), Koprskih brdih (46,8 %), Dolenjskem podolju (42,7 %) ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (37,5 %). Razmeroma majhen delež poškodovanih jam je v Julijskih Alpah (3,3 %), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (5,7 %), Krimskem hribovju in Menišiji (8,5 %), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (8,6 %) ter v Suhi krajini in Dobropolju (13,4 %).



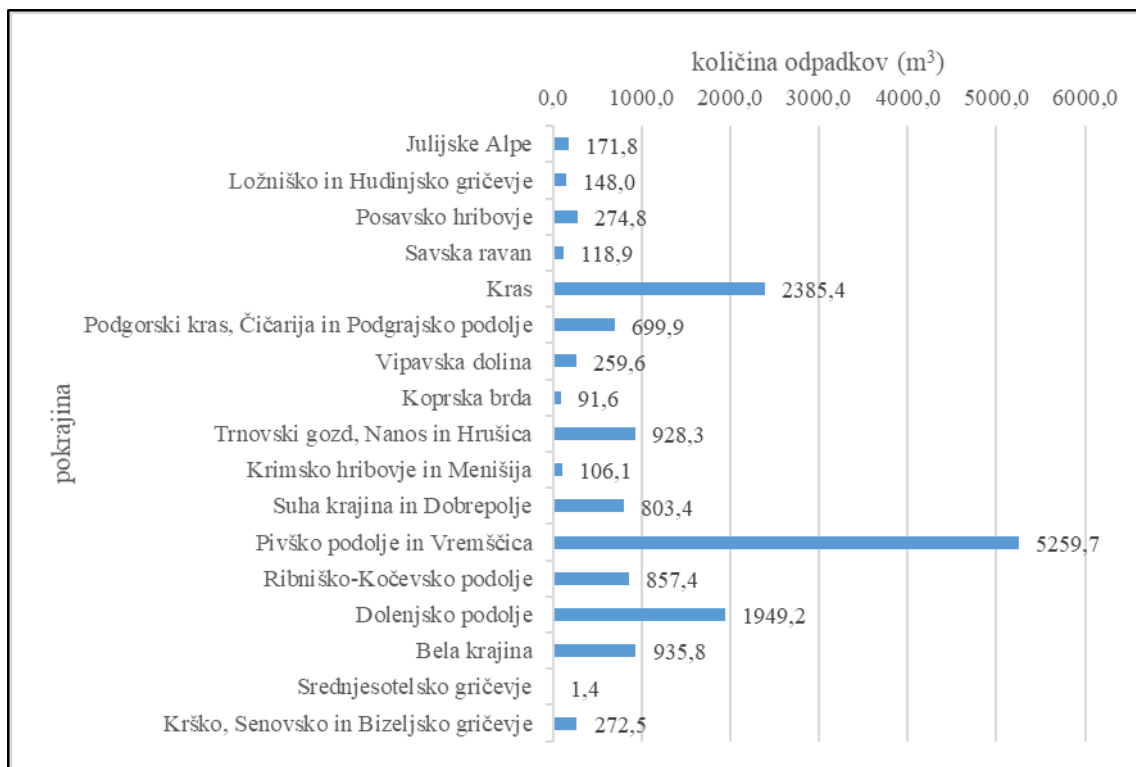
Slika 63: Delež poškodovanih jam v izbranih pokrajinah glede na njihovo onesnaženost.

Med poškodbami prevladujejo jame z umetno razširjenimi rovi (295 oziroma 4,2 % vseh), premiki sedimentov (204 oziroma 2,9 %) ter odstranitvijo sedimentov (157 oziroma 2,3 %). Največji delež jam z umetno razširjenim rovom je v Srednjesotelskem gričevju (20 %), v Dolenjskem podolju (12,7 %) ter na Krasu (12,5 %). Največji delež jam s premiki sedimentov je na Savski ravni (13,0 %) ter v Koprskih brdih (9,7 %) in Dolenjskem podolju (8,0 %). Največji delež jam z odstranjenimi sedimenti je v Srednjesotelskem gričevju (30,0 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (12,5 %) ter Ložniškem in Hudinjskem gričevju (12,3 %). Največji delež jam med onesnaženimi jamami je v jamah z umetno razširjenimi rovi (povprečno 10,4 %), in sicer v Srednjesotelskem gričevju (40,0 %), Beli krajini (21,3 %) ter Ložniškem in Hudinjskem gričevju (19,0 %).

Na temelju razporeditve dejavnika poškodovanosti jam ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo pomembne razlike. Praviloma so onesnažene jame bolj poškodovane, s stopnjo onesnaženosti pa se poškodovanost jam praviloma povečuje.

V obravnavanih jamah (preglednica 1) je po oceni skupno **odloženih** 15.163,8 m³ **odpadkov**, od tega 195,3 m³ v malo onesnaženih, 533,5 m³ v srednje ter 14.535,0 m³ v močno onesnaženih. V povprečju je v onesnaženi jami odloženih 11,0 m³ odpadkov. Odpadki so odloženi na povprečni globini 20,8 m, povprečna globina odpadkov pa se

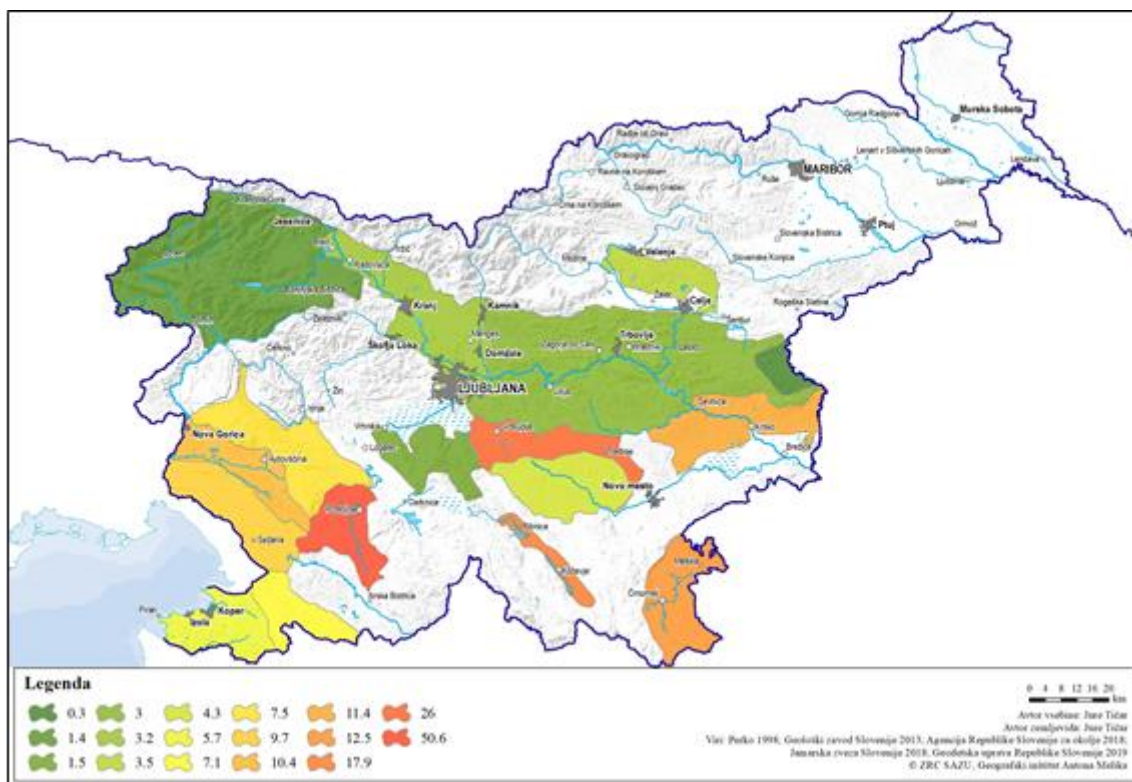
povečuje s stopnjo onesnaženosti in znaša v malo onesnaženih jamah 18,1 m, v srednje onesnaženih 21,5 m in v močno onesnaženih 25,9 m.



Slika 64: Ocenjena skupna količina odpadkov v onesnaženih jamah v izbranih pokrajinah.

Ocenjeno največ odpadkov v onesnaženih jamah je v Pivškem podolju in Vremščici (skupaj 5259,7 m³), na Krasu (2385,4 m³), v Dolenjskem podolju (1949,2 m³), Beli krajini (935,8 m³) ter na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (928,3 m³) (slika 64). Primerjava povprečne količine odpadkov v onesnaženih jamah nam pove, da so jame najbolj onesnažene v Pivškem podolju in Vremščici (50,6 m³/jamo), Dolenjskem podolju (26,0 m³/jamo), Ribniško-Kočevskem podolju (17,9 m³/jamo), Beli krajini (12,5 m³/jamo) ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (11,4 m³/jamo) (slika 65). Odpadki so najgloblje na Krasu (32,9 m), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (26,0 m), Julijskih Alpah (25,1 m), Krimskem hribovju in Menišiji (18,6 m) ter Suhi krajini in Dobropolju (16,9 m).

Ugotavljamo, da je največja ocenjena količina odpadkov na nižje ležečih območjih z gosto poselitvijo, z izjemo visokih kraških planot Trnovskega gozda, Nanosa in Hrušice, ki so odmaknjene od urejenih odlagališč odpadkov.



Slika 65: Povprečna količina odpadkov v jamah v izbranih pokrajinah.

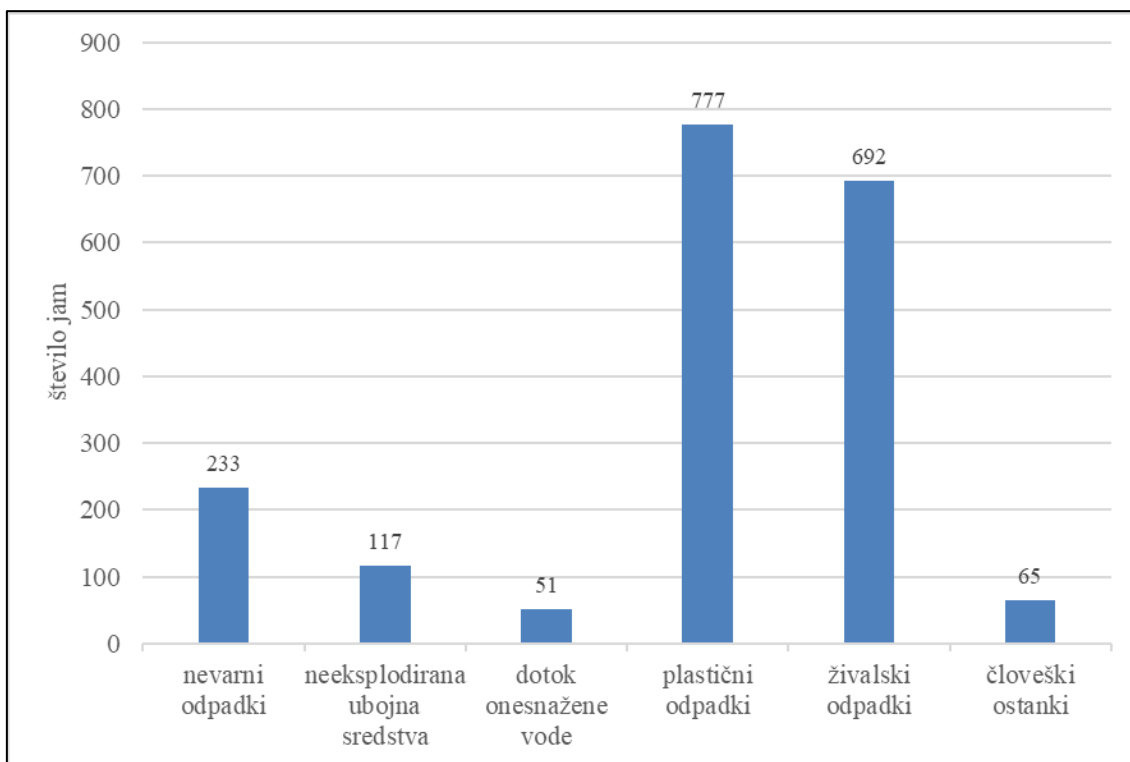
Onesnaženost jam je bila povprečno **zaznana** leta 1990, pri čemer je bila pri malo onesnaženih jamah zaznana leta 1994, pri srednje onesnaženih leta 1987, pri močno onesnaženih pa leta 1985. Povprečno je med odkritjem jame in njenim onesnaženjem minilo okoli 4,6 let, od onesnaženja do sedanjosti pa je minilo 27,0 let, in sicer pri malo onesnaženih jamah 22,8 let, pri srednje onesnaženih 30,4 let, pri močno onesnaženih pa 32,5 let. Ugotavljamo, da so bile močno onesnažene jame zaznane prej kot malo onesnažene in sicer predvsem na nižje ležečih območjih.

Onesnaženost v jamah so v povprečju najprej zaznali na Krasu (leta 1976), Pivškem podolju in Vremščici (1987), Krinskem hribovju in Menišiji (1988), Ložniškem in Hudinjskem gričevju (1989) ter Koprskih brdih (1991). Na Krasu je minilo tudi najmanj časa med odkritjem in onesnaženostjo jam (3,8 let), nekaj več v Koprskih brdih (4,1 leto), Vipavski dolini (4,6 let), Krinskem hribovju in Menišiji (4,7 let) ter Julijskih Alpah (4,7 let). Med onesnaženostjo jam in sedanjostjo je najmanj časa minilo v Vipavski dolini (18,2 leti), Julijskih Alpah (19,4 let), Suhi krajini in Dobropolju (19,8 let), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (19,9 let) ter Srednjesotelskem gričevju (21,6 let). Ugotavljamo, da je bilo na teh območjih onesnaževanje v zadnjem obdobju najbolj aktivno.

Skupno so bile **čistilne akcije** izvedene v 110 jamah (1,6 % vseh), od tega v 77 jamah, ki so danes opredeljene kot čiste (1,4 % čistih jam) in 33 jamah, ki so opredeljene kot onesnažene (2,4 % onesnaženih jam). Največ čistilnih akcij med jamami, ki so še vedno opredeljene kot onesnažene, je bilo izvedenih v malo onesnaženih jamah, in sicer 25 (3,5 % malo onesnaženih jam), sledijo srednje onesnažene jame, in sicer šest (1,7 % srednje onesnaženih jam), ter dve močno onesnaženi jami (0,6 % močno onesnaženih jam). Povprečno so bile čistilne akcije izvedene leta 2007. Povprečno je med odkritjem onesnaženosti in čistilno akcijo minilo 13,2 let, med čistilno akcijo in sedanostjo pa 10,8 let.

Največji delež jam, v katerih so bile izvedene čistilne akcije, je v Ložniškem in Hudinjskem gričevju (8,2 % jam), Ribniško-Kočevskem podolju (7,5 %), Posavskem hribovju (7,4 %), Beli krajini (3,8 %) ter Suhi krajini in Dobropolju (2,9 %). Čistilne akcije so najprej izvedli na Savski ravni (leta 1984), Beli krajini (1993), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (1998), Krmskem hribovju in Menišiji (2002) ter Posavskem hribovju (2002). Med odkritjem onesnaženosti in izvedbo čistilne akcije je najmanj časa minilo v Julijskih Alpah (2,7 leti), Posavskem hribovju (7,3 leta), Ribniško-Kočevskem podolju (10,5 let), Ložniškem in Hudinjskem gričevju (12,7 let) ter Beli krajini (12,9 let). Med čistilno akcijo in sedanostjo je najmanj časa minilo v Dolenjskem podolju (3,3 leta), Ribniško-Kočevskem podolju (4,7 let), Krasu (5,4 let), Suhi krajini in Dobropolju (7,1 let) ter Ložniškem in Hudinjskem gričevju (8,2 leti). Ugotavljamo, da so bila na teh območjih jamarska društva pri čiščenju jam v preteklem obdobju najbolj aktivna.

Med **tipi odpadkov** v jamah prevladujejo primarni – nenevarni odpadki v 935 jamah (67,3 % onesnaženih jam), komunalni – nenevarni odpadki so bili najdeni v 883 (63,5 %) ter gradbeni – nenevarni odpadki v 281 jamah (20,2 %). Nevarne odpadke smo evidentirali v 233 jamah (16,8 % onesnaženih jam), neeksplozirana ubojna sredstva v 117 jamah (8,4 %), dotok onesnažene vode v 51 (3,7 %), plastične odpadke v 777 (55,9 %), živalske odpadke v 692 (49,8 %) ter človeške ostanke v 65 (4,7 %) (slika 66).

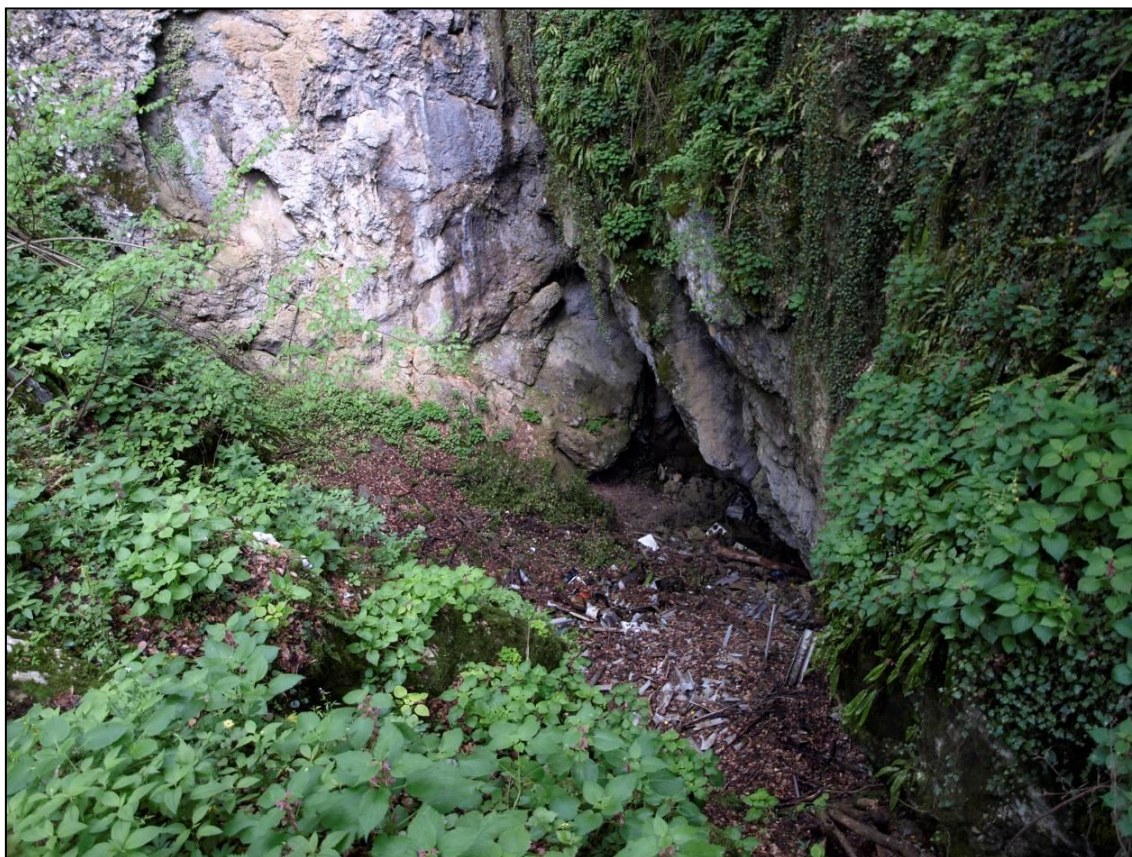


Slika 66: Posebne kategorije odpadkov v onesnaženih jamah.

Med **tipi odpadkov** v onesnaženih jamah prevladujejo primarni – nenevarni odpadki, in sicer predvsem v Pivškem podolju in Vremščici (82,7 %), Suhi krajini in Dobropolju (79,7 %), Dolenjskem podolju (73,3 %), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (70,4 %), ter Posavskem hribovju (67,6 %). Komunalni – nenevarni odpadki prevladujejo v Ložniškem in Hudinjskem gričevju (90,5 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (79,2 %), Dolenjskem podolju (77,3 %), Suhi krajini in Dobropolju (72,7 %) ter Posavskem hribovju (70,7 %). Za območja z obema tipi odpadkov je značilen večji delež vaških smetišč. Gradbeni – nenevarni odpadki prevladujejo v Koprskih brdih (43,8 %), Savski ravni (37,8 %), Vipavski dolini (36,0 %), Beli krajini (33,3 %) (slika 67) ter Ribniško-Kočevskem podolju (25,0 %). Ta območja so bolj gospodarsko razvita oziroma so onesnažene jame blizu večjih urbanih središč.

Nevarni odpadki so najpogostejši na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (26,6 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (20,8 %) ter Krasu (20,8 %). Neeksplozirana ubojna sredstva prevladujejo na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (17,7 %), Krasu (15,1 %) ter Pivškem podolju in Vremščici (12,5 %). Dotok onesnažene vode je značilen za jame v Ribniško-Kočevskem podolju (14,6 %), Dolenjskem podolju (13,3 %) ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (8,3 %) (slika 68). Plastični odpadki so najbolj pogosta posebna kategorija odpadkov, pogosti pa so predvsem v Ložniškem in

Hudinjskem gričevju (81,0 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (75,0 %) ter Dolenjskem podolju (72,0 %). Živalski odpadki so najpogostejši v onesnaženih jamah v Dolenjskem podolju (60,0 %), Suhi krajini in Dobropolju (59,9 %) ter Posavskem hribovju (56,5 %). Človeški ostanki so najpogostejši v Krimskem hribovju in Menišiji (11,6 %), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (11,2 %) ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (8,3 %).

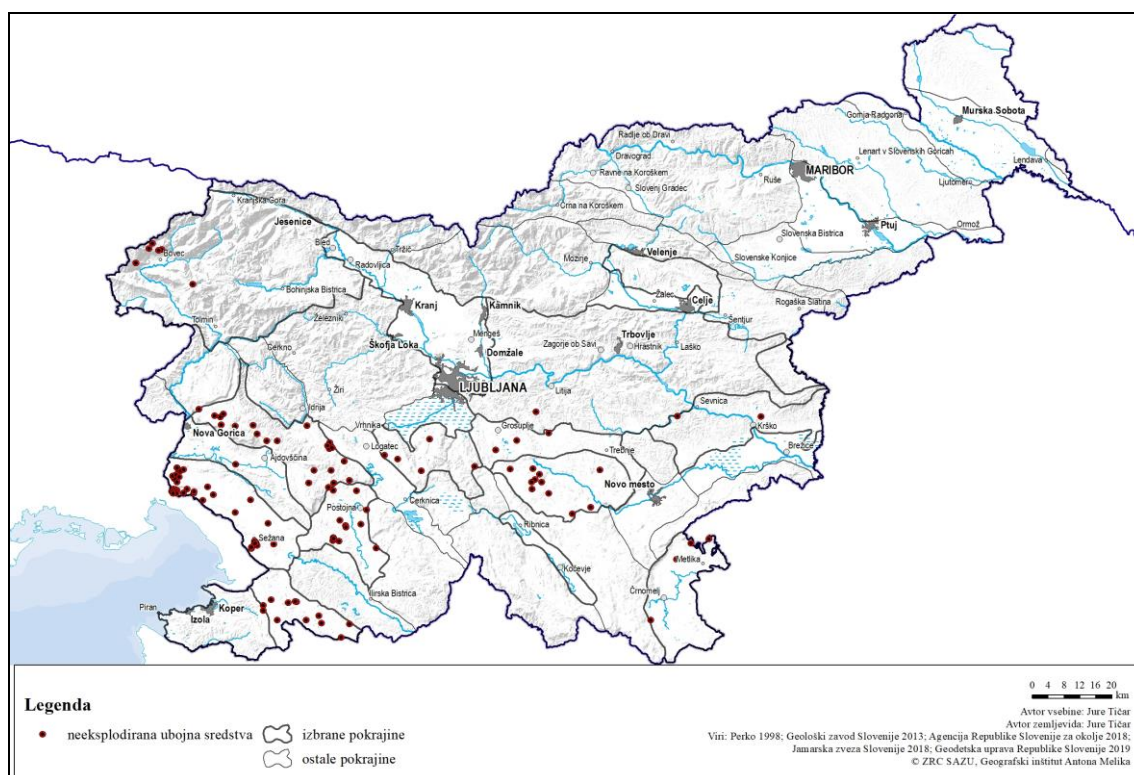


Slika 67: Na dnu Kipine jame (kat. št. 853) v okolici Bojanje vasi je odložena velika količina gradbenih in komunalnih odpadkov (fotografija: Jure Tičar, 20. 4. 2016).

Glede na **tip intenzivnosti rabe jam** prevladujejo jame z ocenjenim velikim vplivom v 1664 oziroma 23,9 % vseh jam, sledi raba jam z majhnim vplivom v 554 jamah (8,0 %) ter raba jam z zmernim vplivom v 102 jamah (1,5 %). Intenzivnost rabe jam se s stopnjo onesnaženosti praviloma zmanjšuje. Med najpogostejšimi tipi rabe jam so odlagališče odpadkov v 1467 jamah (21,1 % vseh), znanstvenoraziskovalna raba v 387 jamah (5,6 %), vojaško zaklonišče v 211 jamah (3,0 %) ter zatočišče v 131 jamah (1,9 %).

Raba jam z velikim vplivom, najbolj izrazito prevladuje v Ložniškem in Hudinjskem gričevju (61,6 % jam), Dolenjskem podolju (53,3 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem

gričevju (52,1 %), Posavskem hribovju (52,0 %), ter Beli krajini (45,2 %). Raba jam z zmernim vplivom je najizrazitejša v Srednjesotelskem gričevju (10,0 %), Koprskih brdih (6,5 %), Beli krajini (4,8 %), Pivškem podolju in Vremščici (3,5 %) ter Vipavski dolini (3,2 %). Raba jam z majhnim vplivom je najizrazitejša v Koprskih brdih (32,3 %), Srednjesotelskem gričevju (30,0 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (27,1 %), Vipavski dolini (22,2 %) ter Beli krajini (21,0 %). Odlagališča odpadkov v jamah so pogosta v Ložniškem in Hudinjskem gričevju (61,6 % jam), Dolenjskem podolju (52,0 %) ter Srednjesotelskem gričevju (50,0 %). Znanstvenoraziskovalna raba je pogosta v Koprskih brdih (21,0 %), Srednjesotelskem gričevju (20,0 %) ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (14,6 %). Raba jam za vojaška zaklonišča je pogosta v Srednjesotelskem gričevju (20,0 %), na Krasu (11,7 %) ter Savski ravni (5,6 %). Zatočišča v jamah so pogosta v Koprskih brdih (11,3 %) ter v Posavskem hribovju (10,5 %) in Srednjesotelskem gričevju (10,0 %).

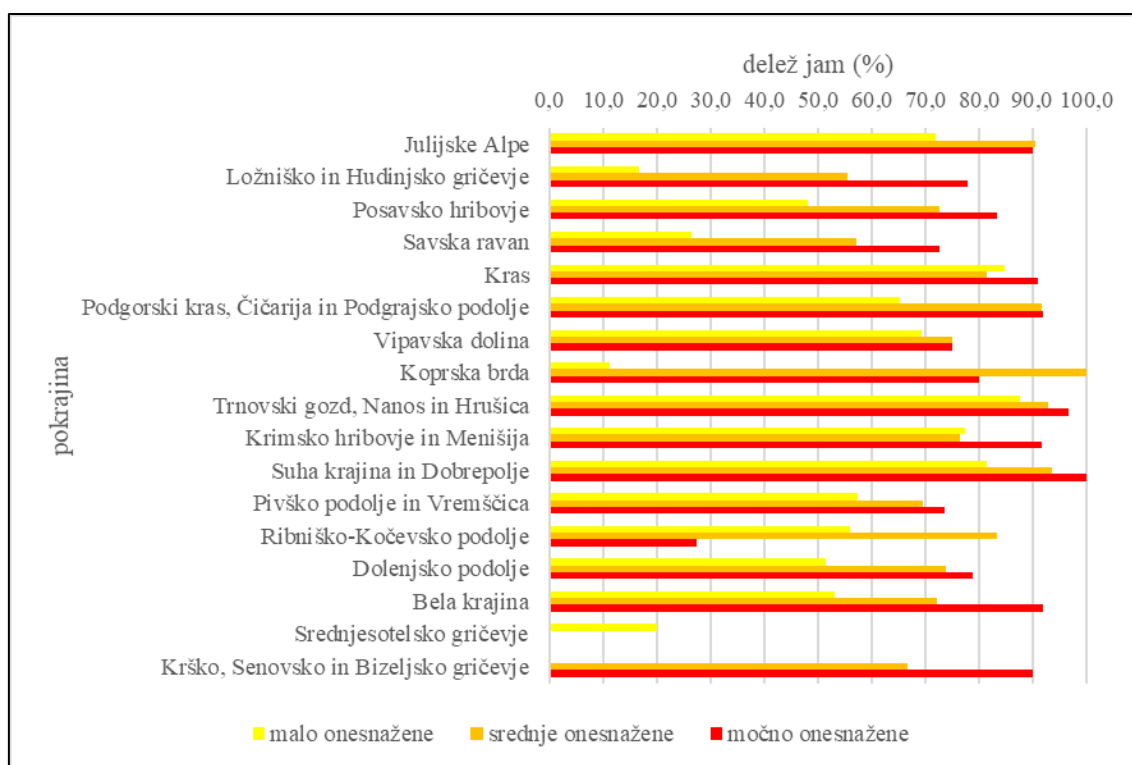


Slika 68: Onesnažene jame z neeksplodiranimi ubojnimi sredstvi v izbranih pokrajinah.

Ustno izročilo o jamah je bilo popisano pri 182 jamah (2,6 % vseh), od tega 102 v čistih jamah (1,9 % čistih jam) in 78 v onesnaženih jamah (5,6 % onesnaženih jam). Ustno izročilo o jamah je pri onesnaženih jamah manj pogosto kot pri čistih jamah. Najbolj je sicer prisotno v Koprskih brdih (21,0 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (10,4 %), Srednjesotelskem gričevju (10,0 %), Krasu (9,7 %) ter Savski ravni (8,3 %).

Arheološka najdišča so bila popisana v 250 jamah (3,6 % vseh), od tega 171 v čistih jamah (3,1 % čistih jam) ter 79 v onesnaženih jamah (5,7 % onesnaženih jam). Arheološka najdišča so najpogostejša v Posavskem hribovju (12,2 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (10,4 %), Koprskih brdih (9,7 %), Vipavski dolini (6,3 %) ter Beli krajini (4,8 %).

1582 jam (22,7 % vseh) ima vodoraven **vhod**, 5371 jam (77,1 %) pa navpičen vhod. V preostalih 12 jamah (0,2 %) vrste vhoda ni bilo mogoče opredeliti. Med jamami z vodoravnimi vhodi je 1211 čistih jam (22,1 % čistih jam) ter 351 onesnaženih jam (25,3 % onesnaženih jam). Med jamami z navpičnim vhodom je 4260 čistih jam (77,9 % čistih jam) ter 1039 onesnaženih jam (74,7 % onesnaženih jam). Z naraščanjem stopnje onesnaženosti delež jam z navpičnim vhodom narašča, in sicer je malo onesnaženih jam 473 (66,2 % malo onesnaženih jam), srednje onesnaženih 283 (81,3 % srednje onesnaženih jam) in močno onesnaženih 283 (86,3 % močno onesnaženih jam).



Slika 69: Primerjava deleža jam z navpičnim vhodom v izbranih pokrajinah glede na stopnjo onesnaženosti.

Vodoravni **vhodi** v jame prevladujejo v Srednjesotelskem gričevju (70,0 %), Koprskih brdih (66,1 %), Ložniškem in Hudinjskem gričevju (65,8 %), Savski ravni (62,0 %) ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (58,3 %), navpični vhodi pa prevladujejo na

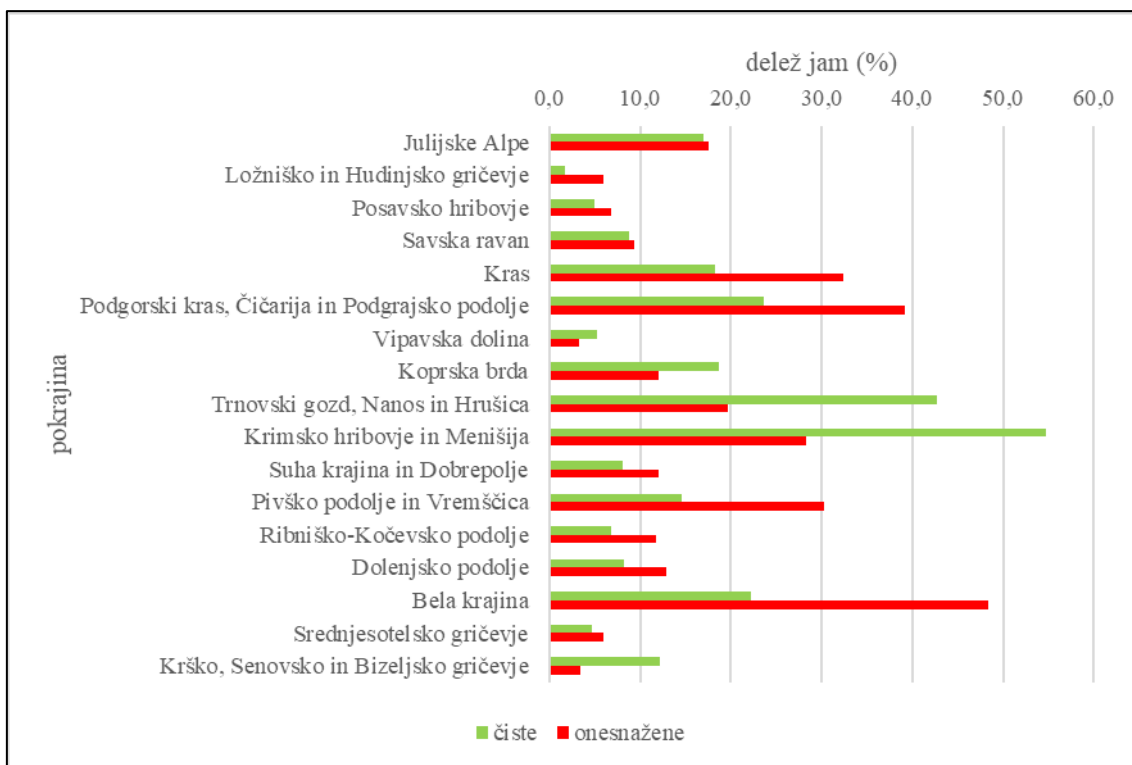
Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (87,0 %), Suhi krajini in Dobropolju (85,2 %), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (84,7 %) ter v Julijskih Alpah (81,8 %) in na Krasu (80,0 %) (slika 69).

Na temelju razporeditve dejavnika tipa vhoda ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo pomembne razlike. Praviloma ima več onesnaženih jam navpičen vhod, s stopnjo onesnaženosti pa se delež jam z navpičnim vhodom povečuje v večini pokrajin.

Povprečna **velikost vhoda** pri obravnavanih jamah je 21,1 m², pri čemer je velikost vhoda čistih jam 21,2 m², povprečni vhod v onesnažene jame pa meri 22,0 m². Velikost vhoda s stopnjo onesnaženosti močno narašča, in sicer je pri malo onesnaženih jamah 16,2 m², pri srednje onesnaženih 19,0 m², pri močno onesnaženih pa 37,6 m².

Povprečna velikost vhodov v jame se med pokrajinami močno razlikuje. Največje povprečne velikosti imajo vhodi v Krinskem hribovju in Menišiji (49,1 m²), na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (37,1 m²) ter v Beli krajini (32,6 m²) in Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (25,2 m²). V večini pokrajin je velikost vhodov onesnaženih jam večja od velikosti vhodov čistih jam (slika 70). Velikost vhodov s stopnjo onesnaženosti jam močno narašča v Julijskih Alpah, na Krasu, na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici ter v Dolenjskem podolju.

Na temelju razporeditve dejavnika tipa vhoda ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo pomembne razlike. Praviloma imajo v večini pokrajin onesnažene jame večji vhod, s stopnjo onesnaženosti pa se velikost vhodov v posameznih pokrajinah močno povečuje.



Slika 70: Velikost vhodov jam v izbranih pokrajinah glede na njihovo onesnaženost.

5.2 Prostorski podatki

Povprečna **površina območja naselja**, kjer so vhodi v jame, je 17,9 km², pri čemer je površina naselij, kjer so vhodi v čiste jame, večja, in sicer 20,1 km², od tistih naselij, kjer so vhodi v onesnažene jame, in sicer 9,9 km². V večjih naseljih je več čistih jam v Julijskih Alpah (čiste jame 39,5 km², onesnažene jame 27,8 km²), Krinskem hribovju in Menišiji (čiste jame 14,2 km², onesnažene jame 10,6 km²) ter Ribniško-Kočevskem podolju (čiste jame 9,5 km², onesnažene jame 7,1 km²). Nasprotno je v večjih naseljih več onesnaženih jam v Savski ravni (čiste jame 3,3 km², onesnažene jame 13,9 km²), Pivškem podolju in Vremščici (čiste jame 14,7 km², onesnažene jame 16,9 km²) ter Srednjesotelskem gričevju (čiste jame 4,4 km², onesnažene jame 6,5 km²). Velikost naselij se s stopnjo onesnaženosti zmanjšuje v Posavskem hribovju, Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju, Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici ter Ribniško-Kočevskem podolju, povečuje pa v Pivškem podolju in Vremščici ter Dolenjskem podolju.

Povprečna **površina območja občine**, kjer so vhodi v jame, je 241,4 km² pri čemer je površina občin, kjer so vhodi v čiste jame, večja, in sicer 251,9 km², od tistih občin, kjer so vhodi v onesnažene jame, in sicer 202,4 km². V večjih občinah je več čistih jam v Julijskih Alpah (čiste jame 315,8 km², onesnažene jame 238,9 km²), Koprskih brdih (čiste

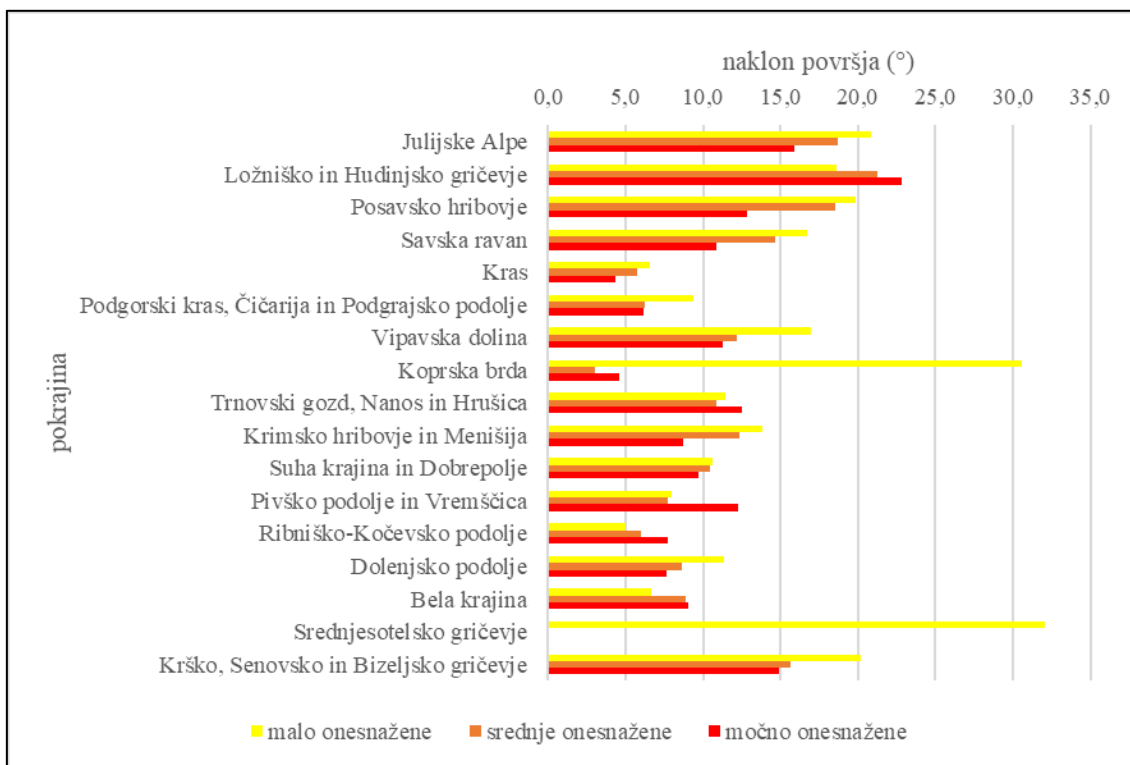
jame 303,3 km², onesnažene jame 234,6 km²) ter Ribniško-Kočevskem podolju (čiste jame 503,9 km², onesnažene jame 454,9 km²). Nasprotno je v večjih občinah več onesnaženih jam v Vipavski dolini (čiste jame 192,4 km², onesnažene jame 210,2 km²), Dolenjskem podolju (čiste jame 137,7 km², onesnažene jame 152,7 km²) ter Posavskem hribovju (čiste jame 139,2 km², onesnažene jame 154,6 km²). Velikost občin se s stopnjo onesnaženosti zmanjšuje v Posavskem hribovju, Krasu, Suhi krajini in Dobropolju, Dolenjskem podolju ter Beli krajini, povečuje pa v Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici ter Ribniško-Kočevskem podolju.

Povprečna **površina območja statističnih regij**, kjer so vhodi v jame, je 1906,1 km² pri čemer je površina statističnih regij, kjer so vhodi v čiste jame, manjša, in sicer 1899,0 km², od tistih statističnih regij, kjer so vhodi v onesnažene jame, in sicer 1931,5 km². Pri primerjavi površine statističnih regij v katerih so čiste in onesnažene jame ni zaznati večjih razlik, prav tako ne pri primerjavi s stopnjo onesnaženosti jam.

Na temelju razporeditve dejavnikov površine naselij, občin in statističnih regij ugotavljamo, da na ravni pokrajin kot med njimi ni pomembnih razlik. Prav tako nismo zaznali povezanosti med stopnjami onesnaženosti jam in posameznimi administrativnimi enotami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanja vpliva na onesnaženost jam.

Površje v okolici vhodov v jame ima povprečni **naklon** 14,1°. Nakhlon je pri čistih jamah malenkost večji, in sicer 14,9°, medtem ko je pri onesnaženih manjši, in sicer 11,3°. Izrazito razliko je opaziti pri stopnji onesnaženosti, saj imajo malo onesnažene jame povprečen naklon okoliškega površja 12,8°, srednje onesnažene jame 10,1° in močno onesnažene jame 9,5°. Največji nakloni površja v okolici jam so v Srednjesotelskem gričevju (27,0°), Julijskih Alpah (22,8°), Koprskih brdih (22,4°), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (22,0°) ter Posavskem hribovju (20,8°). Nakloni v okolici čistih jam so praviloma višji od naklonov v okolici onesnaženih jam, z izjemo Srednjesotelskega gričevja (čiste jame 21,9°, onesnažene jame 32,0°), Ribniško-Kočevskega podolja (5,4°, 5,9°) ter Krimskega hribovja in Menišije (12,1°, 12,6°). Nakloni se povečini s stopnjo onesnaženosti zmanjšujejo, povečujejo se le v Ložniškem in Hudinjskem gričevju, Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici, Pivškem podolju in Vremščici, Ribniško-Kočevskem podolju ter Beli krajini (slika 71).

Na temelju razporeditve dejavnika naklona ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo pomembne razlike. Praviloma so onesnažene jame na območjih z manjšimi nakloni, obenem pa se nakloni s stopnjo onesnaženosti zmanjšujejo.



Slika 71: Povprečni nakloni površja v okolici jam v primerjavi s stopnjo onesnaženosti jam v izbranih pokrajinah.

Pri **usmerjenosti površja** so povprečni podatki popačeni, saj je povprečje posameznega vzorca vedno blizu aritmetični sredini 180° (med $0,0^\circ$ in $359,9^\circ$). Povprečna usmerjenost površja je $173,5^\circ$, medtem ko je pri čistih jamah $173,0^\circ$ in pri onesnaženih $176,7^\circ$. Povprečna usmerjenost površja z izrazitejšo zahodno orientacijo je v Vipavski dolini ($221,8^\circ$), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju ($216,2^\circ$), Koprskih brdih ($215,2^\circ$), Krimskem hribovju in Menišiji ($196,7^\circ$) ter Krasu ($192,4^\circ$). Izrazitejša vzhodna orientacija pobočij pa je v Julijskih Alpah ($156,2^\circ$), Srednjesotelskem gričevju ($163,8^\circ$), Ribniško-Kočevskem podolju ($164,0^\circ$), Beli krajini ($165,2^\circ$) ter Savski ravni ($166,5^\circ$).

Na temelju razporeditve dejavnika usmerjenosti površja ugotavljamo, da tako na ravni pokrajin kot med njimi ni pomembne razlike. Prav tako nismo zaznali povezanosti med stopnjami onesnaženosti jam in usmerjenostjo površja. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanja vpliva na onesnaženost jam.

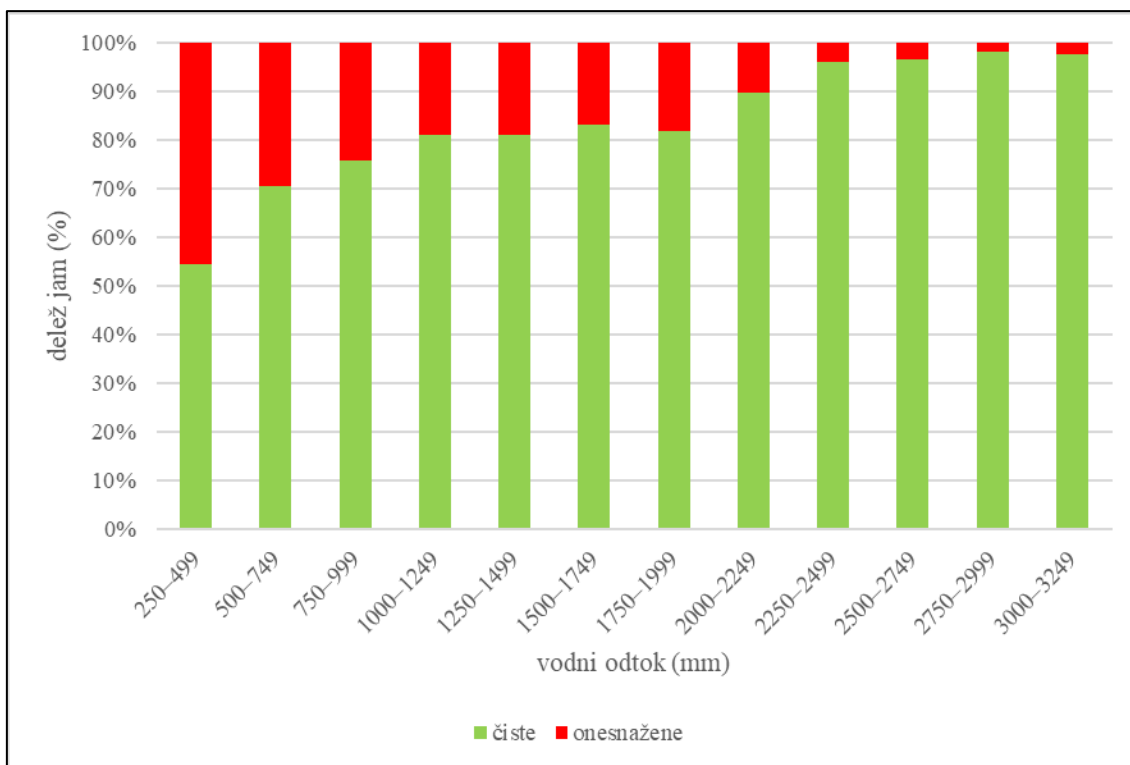
Glede na **kamninsko podlago** je največ jam v paleozojskih, mezozojskih in paleogenskih plastnatih apnencih (4647 oziroma 66,7 % vseh), sledijo jame v permskih in mezozojskih dolomitih (642 oziroma 9,2 %), permskih in mezozojskih apnencih in dolomitih (632 oziroma 9,1 %), paleozojskih in mezozojskih masivnih apnencih (342 oziroma 4,9 %) ter krednih in terciarnih fliših (139 oziroma 2,0 %). Največ onesnaženih jam je pričakovano v paleozojskih, mezozojskih in paleogenskih plastnatih apnencih (879 jam oziroma 63,2 %), največji delež pa je v Pivškem podolju in Vremščici (92,5 % onesnaženih jam), Koprskih brdih (87,5 %), Suhi krajini in Dobropolju (82,9 %), Julijskih Alpah (75,0 %) ter Krasu (73,1 %).

Na temelju razporeditve dejavnika kamninske podlage ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam.

Na temelju izračuna **vodnega odtoka** je povprečje za vse jame 1315 mm. Ker je vodni odtok odvisen tudi od reliefnih oblik in nadmorske višine, je med čistimi jamami vodni odtok veliko višji, in sicer 1428 mm kot pri onesnaženih jamah, kjer je 894 mm. Manjši vodni odtok je značilen za jame z večjo stopnjo onesnaženosti. Vodni odtok je najvišji na zahodu, v Julijskih Alpah (2447 mm), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (1561 mm), Pivškem podolju in Vremščici (1123 mm), Vipavski dolini (1031 mm) ter Krinskem hribovju in Menišiji (975 mm). Razlike v vodnem odtoku med čistimi in onesnaženimi jamami so znotraj pokrajin majhne, največje so v Julijskih Alpah (čiste jame 2488 mm, onesnažene jame 1875 mm), Beli krajini (264 mm, 424 mm) ter Ribniško-Kočevskem podolju (819 mm, 860 mm).

Pri primerjavi deležev jam v posameznih razredih vodnega odtoka ugotavljamo, da je najvišji delež onesnaženih jam v razredu 250–499 mm (45,4 %) in z razredi vodnega odtoka upada (slika 72). Dejavnik je v večji meri povezan z razporeditvijo visokih dinarskih planot ter alpskega krasa z večjo količino padavin. Podatek bi bil lahko uporaben za preučevanje spiranja onesnažil iz onesnaženih jam.

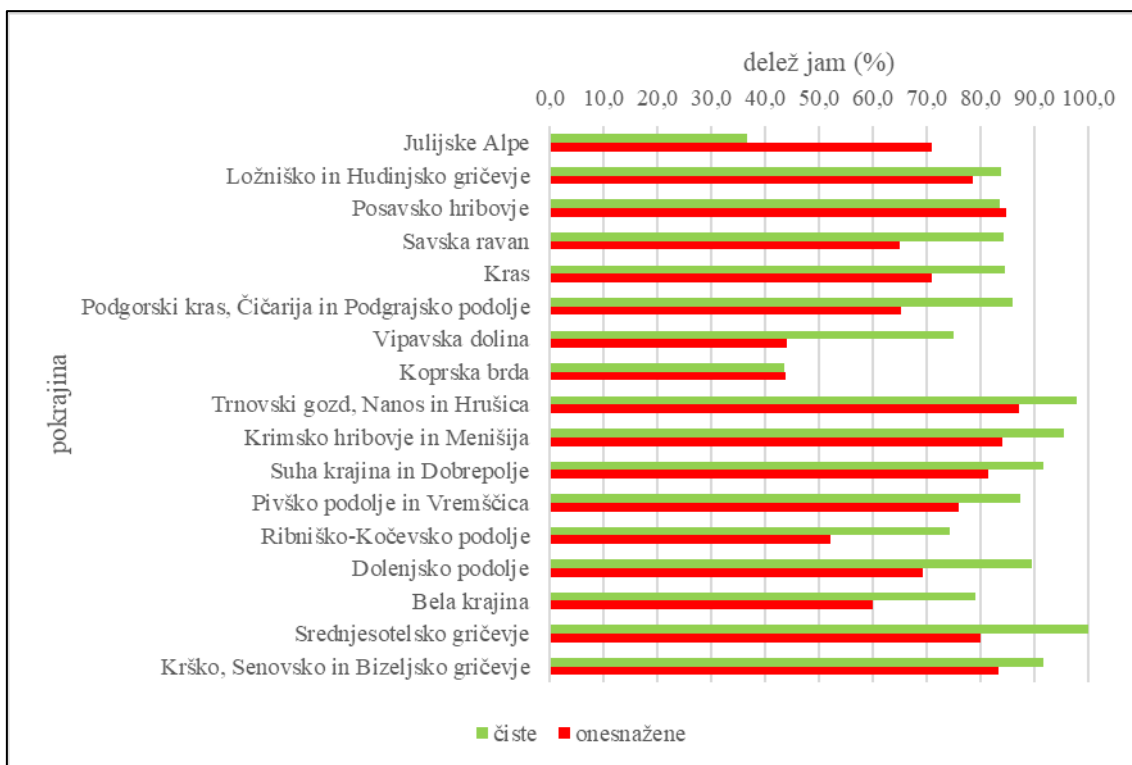
Na temelju razporeditve vodnega odtoka sicer ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam.



Slika 72: Deleži čistih in onesnaženih jam po razredih vodnega odtoka.

Glede na **rabo zemljišč** je največ jam v gozdu (4962 oziroma 71,2 % vseh), sledijo jame na odprtih zemljiščih brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom (650 oziroma 9,3 %), na suhih odprtih zemljiščih s posebnim rastlinskim pokrovom (512 oziroma 7,4 %), trajnih travnikov (350 oziroma 5,0 %) ter pozidanih in sorodnih zemljiščih (165 oziroma 2,4 %). Največ onesnaženih jam je v gozdu, in sicer 1022 (73,5 % onesnaženih jam). Pri tej kategoriji se delež onesnaženih jam zmanjšuje z naraščanjem stopnje onesnaženosti, saj je v gozdu malo onesnaženih jam 80,4 %, srednje onesnaženih 69,0 %, močno onesnaženih pa 63,4 %. V nasprotju s tem se delež jam glede na stopnjo onesnaženosti izrazito povečuje pri kategorijah rabe zemljišč pozidano in sorodno zemljišče, trajni travniki, kmetijsko zemljišče v zaraščanju ter kategoriji drevesa in grmičevje.

Največji delež onesnaženih jam v gozdovih je sicer na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (87,1 %), Posavskem hribovju (84,8 %), Krmskem hribovju in Menišiji (84,1 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (83,3 %) ter Suhi krajini in Dobropolju (81,3 %) (slika 73).



Slika 73: Položaj vhodov v gozdovih v izbranih pokrajinah glede na njihovo onesnaženost.

Na temelju razporeditve dejavnika rabe zemljišč ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi kategorijami. V kategoriji gozd sicer zaznavamo zmanjšanje deleža onesnaženih jam, ki so bližje poseljenim območjem. Ugotavljamo, da dejavnik kot celota ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam.

Večina, 4420 jam oziroma 63,5 % vseh jam, leži v zelo zakraselih karbonatnih **vodonosnikih** s kraško razpoklinsko poroznostjo, sledijo jame v srednje zakraselih karbonatnih vodonosnikih s kraško razpoklinsko poroznostjo (1445 jam oziroma 20,7 %) ter malo zakraselih karbonatnih vodonosnikih s kraško razpoklinsko poroznostjo (409 jam oziroma 5,9 %). V teh kategorijah je tudi največ onesnaženih jam (skupno 83,7 % onesnaženih jam). Povezave s stopnjo onesnaženosti jam nismo zaznali. Največji delež čistih jam je v zelo zakraselih karbonatnih vodonosnikih s kraško razpoklinsko poroznostjo (povprečno 40,1 %), in sicer na Krasu (88,0 %), Pivškem podolju in Vremščici (83,6 %) ter Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (80,3 %). Največji delež onesnaženih jam je v zelo zakraselih karbonatnih vodonosnikih s kraško

razpoklinsko poroznostjo (povprečno 35,2 %), in sicer v Pivškem podolju in Vremščici (85,6 %), Krasu (84,5 %) ter Julijskih Alpah (69,4 %).

Na temelju razporeditve dejavnika tip vodonosnika ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi kategorijami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam, vendar je pomemben za preučevanje posledic onesnaževanja v posameznih tipih vodonosnikov.

Vhodi v jame so od **najbližjega izvira** povprečno oddaljeni 2102 m, pri čemer so čiste jame oddaljene 2169 m in onesnažene 1852 m. Onesnažene jame so bližje izvirom kot čiste jame v Julijskih Alpah (onesnažene jame 1212 m, čiste jame 1762 m), Krasu (3753 m, 4264 m), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (1916 m, 2396 m), Krinskem hribovju in Menišiji (1286 m, 2120 m), Ribniško-Kočevskem podolju (1177 m, 1389 m). Onesnažene jame so sicer najbližje izvirom v Ložniškem in Hudinjskem gričevju (554 m), Srednjesotelskem gričevju (578 m), ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (592 m). Na teh območjih so kraški izviri najbolj ogroženi.

Na temelju razporeditve dejavnika oddaljenost od izvira ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi pokrajinami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam, vendar je pomemben za preučevanje posledic onesnaževanja na izvire.

Vhodi v jame so od **najbližjega vodotoka** povprečno oddaljeni 1553 m, pri čemer so čiste jame oddaljene 1602 m in onesnažene 1345 m. Onesnažene jame so bližje vodotokom kot čiste jame v Julijskih Alpah (onesnažene jame 835 m, čiste jame 1168 m), Krasu (2427 m, 2841 m), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (1421 m, 2026 m), Krinskem hribovju in Menišiji (1062 m, 1855 m), Ribniško-Kočevskem podolju (513 m, 846 m). Onesnažene jame so sicer najbližje vodotokom v Srednjesotelskem gričevju (89 m), Ložniškem in Hudinjskem gričevju (142 m) ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (191 m). Na teh območjih so kraški izviri najbolj ogroženi.

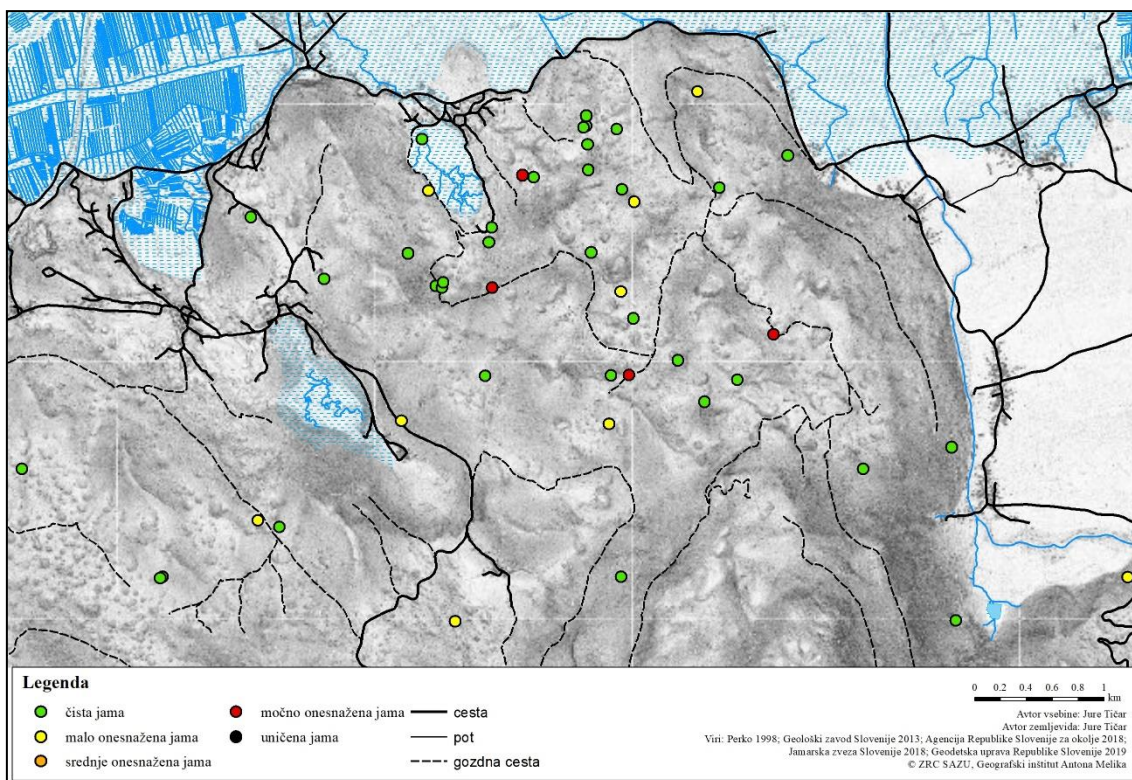
Na temelju razporeditve dejavnika oddaljenost od vodotoka ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med

posameznimi pokrajinami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam, vendar je pomemben za preučevanje posledic onesnaževanja na vodotoke. Pomembna je tudi oddaljenost onesnaženih jam od ponikalnic, ki pa v raziskavi ni bil preučevana.

V poenostavljeni **kategorizaciji cest** je največji delež jam v bližini gozdnih cest (4000 oziroma 57,4 % vseh), sledijo ceste (1686 oziroma 24,2 %), poti (1187 oziroma 17,0 %) ter avtoceste (92 oziroma 1,3 %). Največji delež onesnaženih jam je v bližini gozdnih cest (531 oziroma 38,2 % onesnaženih jam), in sicer v Julijskih Alpah (80,6 %), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (70,2 %), Krmskem hribovju in Menišiji (55,1 %), Pivškem podolju in Vremščici (50 %) ter Ribniško-Kočevskem podolju (39,6 %). Na teh območjih je razvita gozdarska dejavnost, ki z gozdnimi cestami povečuje dostopnost območij. V vseh preostalih kategorijah cest je delež med onesnaženimi jamami v primerjavi s čistimi višji. Ob teh kategorijah cest, ki so bližje naseljem se onesnaženost izrazito povečuje. Delež jam s stopnjo onesnaženosti narašča pri avtocestah, upada pa pri gozdnih cestah.

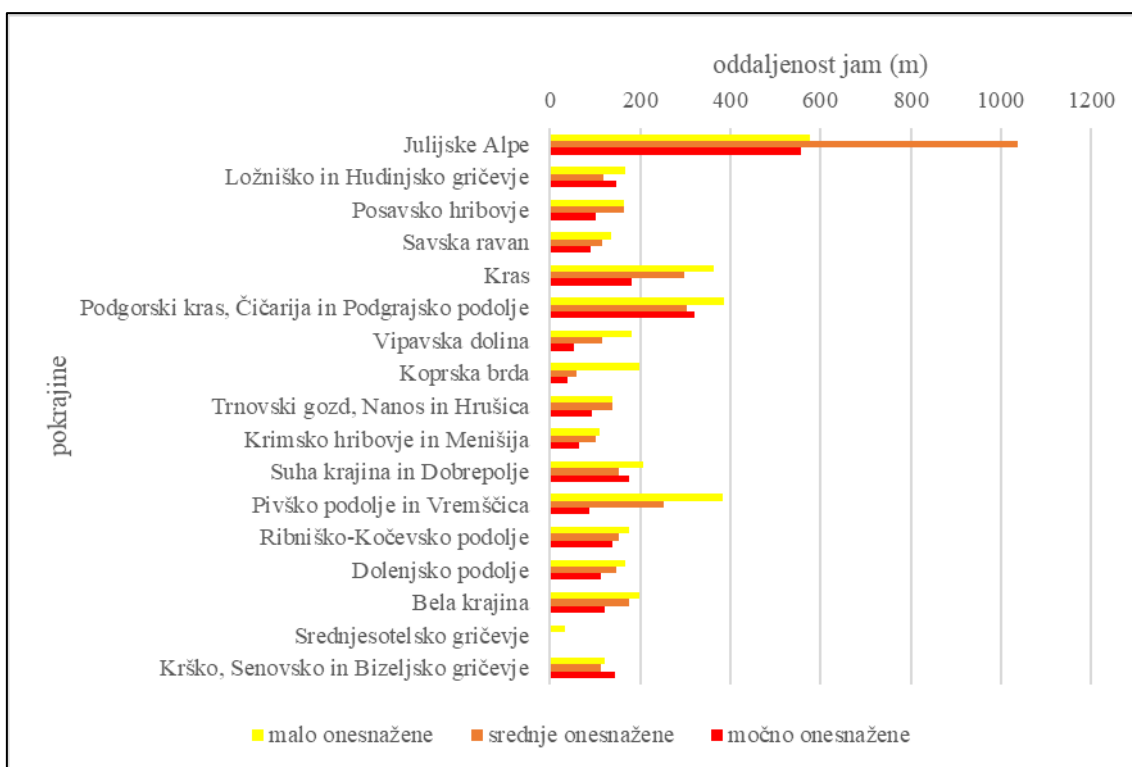
Na temelju razporeditve dejavnika kategorije cest ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi pokrajinami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam.

Izračunali smo tudi **oddaljenost od najbližjih cest**. Povprečno so jame oddaljene od najbližje ceste 663 m, pri čemer je zaznati veliko razliko med čistimi jamami (776 m) ter onesnaženimi jamami (242 m). Tovrstna razlika upadanja oddaljenosti je izrazita tudi v povezavi s stopnjo onesnaženosti, kjer so malo onesnažene jame od cest povprečno oddaljene 276 m, srednje onesnažene 251 m, močno onesnažene pa 157 m.



Slika 74: Onesnaženost jam v bližini cest na območju med Krimom in Ljubljanskim barjem.

Vhodi v jame so od najbližjih cest najmanj oddaljeni v Srednjesotelskem gričevju (37 m), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (118 m) ter Savski ravni (149 m), najbolj pa v Julijskih Alpah (1621 m), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (514 m) ter Krasu (400 m). Praviloma so čiste jame bolj oddaljene od cest kot onesnažene, bližje so le v Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju. Z naraščanjem stopnje onesnaženosti so jame bližje cestam v Posavskem hribovju, Savski ravni, Krasu, Vipavski dolini, Koprskih brdih, Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici, Krmskem hribovju in Menišiji (slika 74), Pivškem podolju in Vremščici, Ribniško-Kočevskem podolju, Dolenjskem Podolju ter Beli krajini (slika 75).



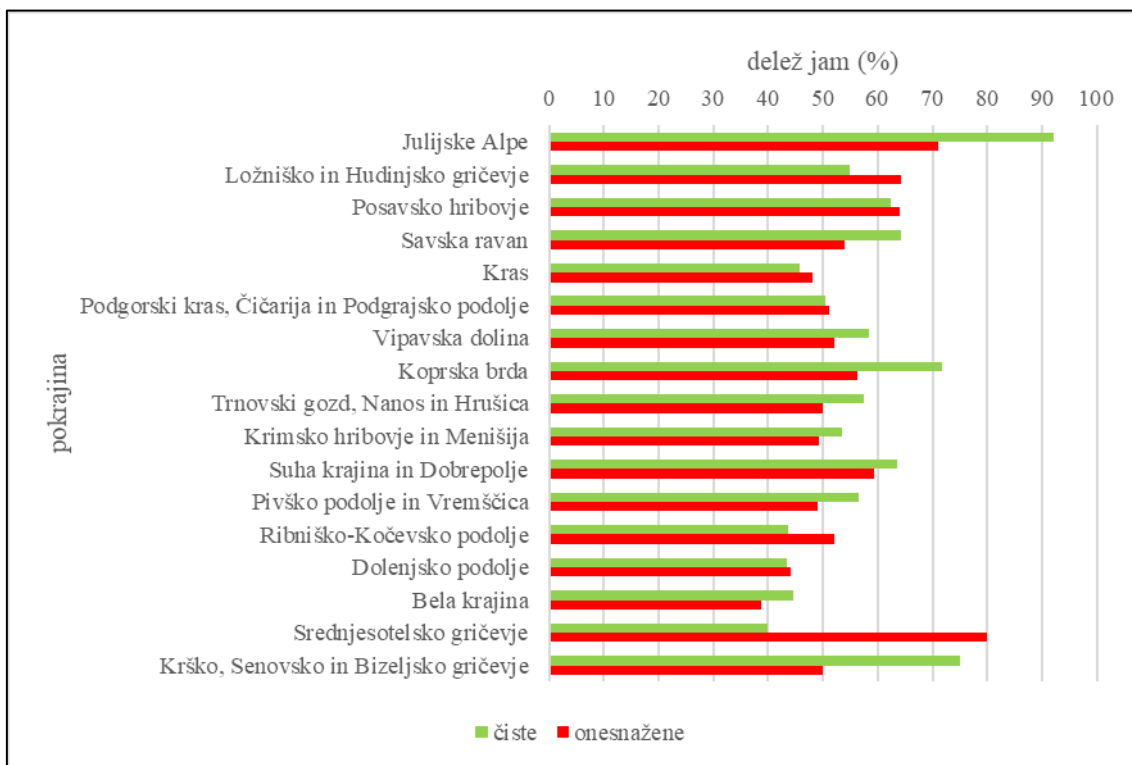
Slika 75: Oddaljenost jam od najbližjih cest v izbranih pokrajinah glede na stopnjo onesnaženosti.

Na temelju razporeditve dejavnika oddaljenosti od najbližjih cest ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo pomembne razlike. Praviloma so onesnažene jame bližje cestam, obenem pa se z oddaljenostjo cest stopnja onesnaženosti zmanjšuje.

Pri **legi vhoda v jamo glede na najbližjo cesto** smo ugotovili, da je večji del vhodov v jame nad cesto (4422 oziroma 63,5 % vseh), le dobra tretjina pa pod cesto (2543 oziroma 36,5 %). Vendar se razlika med njimi pokaže ob primerjavi med deleži čistih in onesnaženih jam. Pod cesto je delež čistih jam 33,8 %, onesnaženih pa 46,4 %, nad cesto pa je delež čistih jam 66,2 % in delež onesnaženih 53,6 %.

Največji delež jam nad cesto je v Julijskih Alpah (90,8 %), Koprskih brdih (67,7 %), Posavskem hribovju (63,8 %), Suhi krajini in Dobropolju (61,7 %) ter Savski ravni (61,1 %), največji delež jam pod cesto pa v Beli krajini (57,5 %), Dolenjskem podolju (54,0 %), Krasu (53,9 %), Ribniško-Kočevskem podolju (53,0 %) ter Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (49,9 %). Večji delež čistih jam nad cesto smo zaznali v Julijskih Alpah, Savski ravni, Vipavski dolini, Koprskih brdih, Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici, Krmskem hribovju in Menišiji, Suhi krajini in Dobropolju, Pivškem podolju in Vremščici, Beli krajini ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (slika

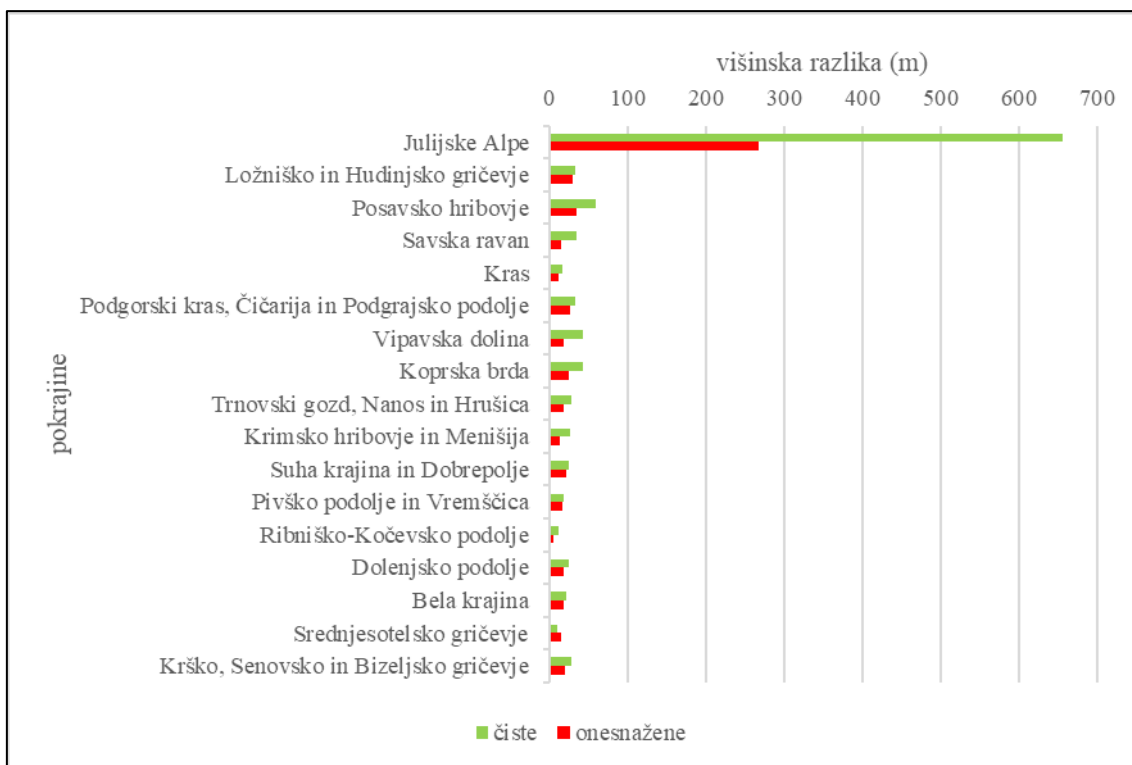
76). Delež onesnaženih jam nad cestro narašča s stopnjo onesnaženosti jam v Julijskih Alpah, Ložniškem in Hudinjskem gričevju, Krasu ter Suhi krajini in Dobrepolju.



Slika 76: Deleži jam nad cestro v izbranih pokrajinah glede na njihovo onesnaženost.

Na temelju razporeditve dejavnika lege vhoda v jamo glede na najbližjo cesto ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo pomembne razlike. Praviloma se delež onesnaženih jam pod cestro povečuje, stopnja onesnaženosti pa povečuje pri močno onesnaženih jamah nad cestro.

Povprečna **višinska razlika med vhodom v jamo in najbližjo cesto** je 194 m. Izjemno visoka je razlika med višinsko razliko čistih jam (236 m) ter onesnaženih jam (40 m). Višinska razlika se s stopnjo onesnaženosti izrazito zmanjšuje, pri čemer imajo malo onesnažene jame povprečno višinsko razliko 50 m, srednje onesnažene 42 m, močno onesnažene pa 18 m.



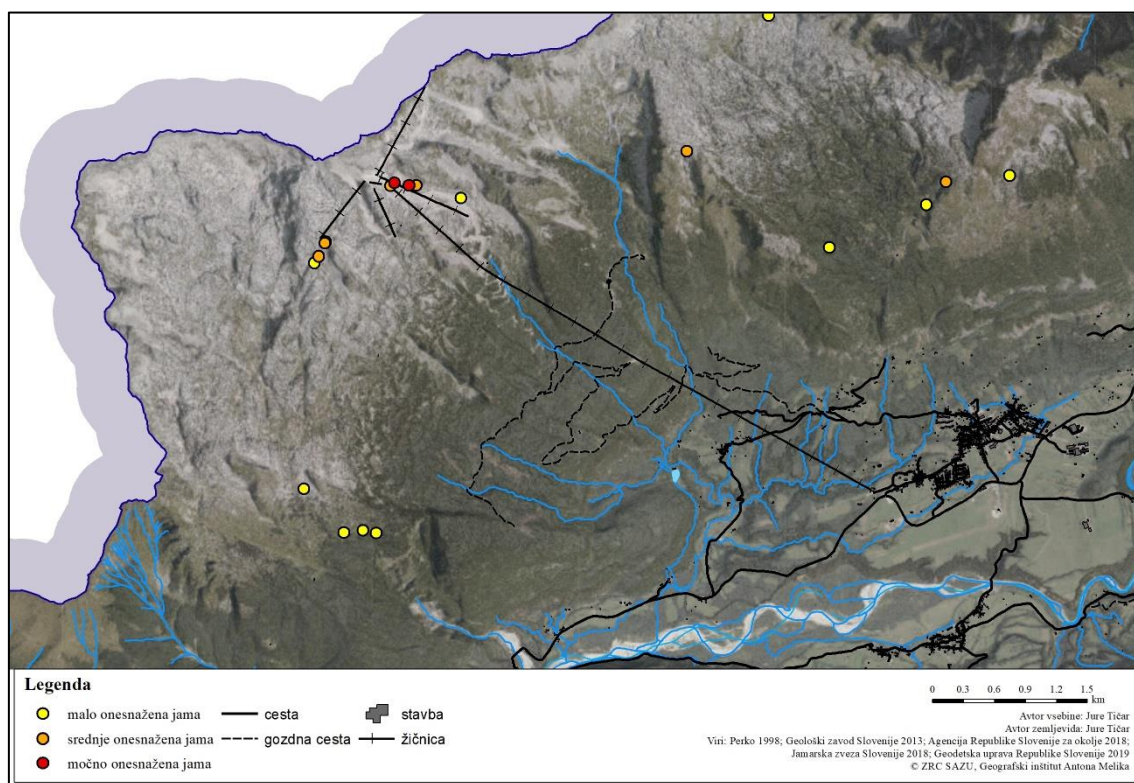
Slika 77: Višinska razlika med jamami in cestami glede na onesnaženost jam v izbranih pokrajinah.

Vhodi v jame so glede na višinsko razliko najbližje cestam v Ribniško-Kočevskem podolju (9 m), Srednjesotelskem gričevju (12 m) ter Krasu (15 m), najmanj pa v Julijskih Alpah (631 m), Posavskem hribovju (49 m) ter Koprskih brdih (38 m). V vseh pokrajinah razen Srednjesotelskega gričevja imajo čiste jame večjo višinsko razliko od onesnaženih jam (slika 77). Višinska razlika se s stopnjo onesnaženosti jam zmanjšuje v Posavskem hribovju, Savski ravni, Krasu, Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju, Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici, Krimskem hribovju in Menišiji, Suhi krajini in Dobropolju ter Pivškem podolju in Vremščici.

Na temelju razporeditve dejavnika višinske razlike med vhodom v jamo in najbližjo cesto ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo pomembne razlike. Praviloma so onesnažene jame bližje cestam, prav tako se z bližino povečuje stopnja onesnaženosti.

Onesnaženje se lahko pojavlja tudi zaradi **bližine drugih infrastrukturnih objektov** kot so železnice in žičnice. Jame so od železni oddaljene povprečno 8646 m, pri čemer so čiste jame oddaljene 9651 m in onesnažene 4955 m. Podobno se oddaljenost zmanjšuje tudi s stopnjo onesnaženosti jam. Vhodi v jame so najbližje železnicam v Dolenjskem

podolju (1794 m), Koprskih brdih (2042 m) ter Savski ravni (2768 m), najbolj oddaljeni pa v Julijskih Alpah (18.232 m), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (9547 m) ter Suhi krajini in Dobropolju (5744 m). Na temelju podatkov ni mogoče sklepati na neposreden vpliv infrastrukture na splošno onesnaženost jam, saj vpliva le na posamezne jame. Povprečno so jame od žičnic oddaljene 12.033 m, in sicer čiste 11.708 m in onesnažene 13.327 m. Vhodi v jame so nabljižje žičnicam v Julijskih Alpah (2765 m), Ribniško-Kočevskem podolju (4636 m) ter Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (4861 m), najbolj oddaljeni pa v Koprskih brdih (40.165 m), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (27.471 m) ter Krasu (24.178 m). Žičnice so praviloma umeščene v visokogorska območja, zato je neposreden ali posreden vpliv viden le pri posameznih jamah na teh območjih (slika 78).

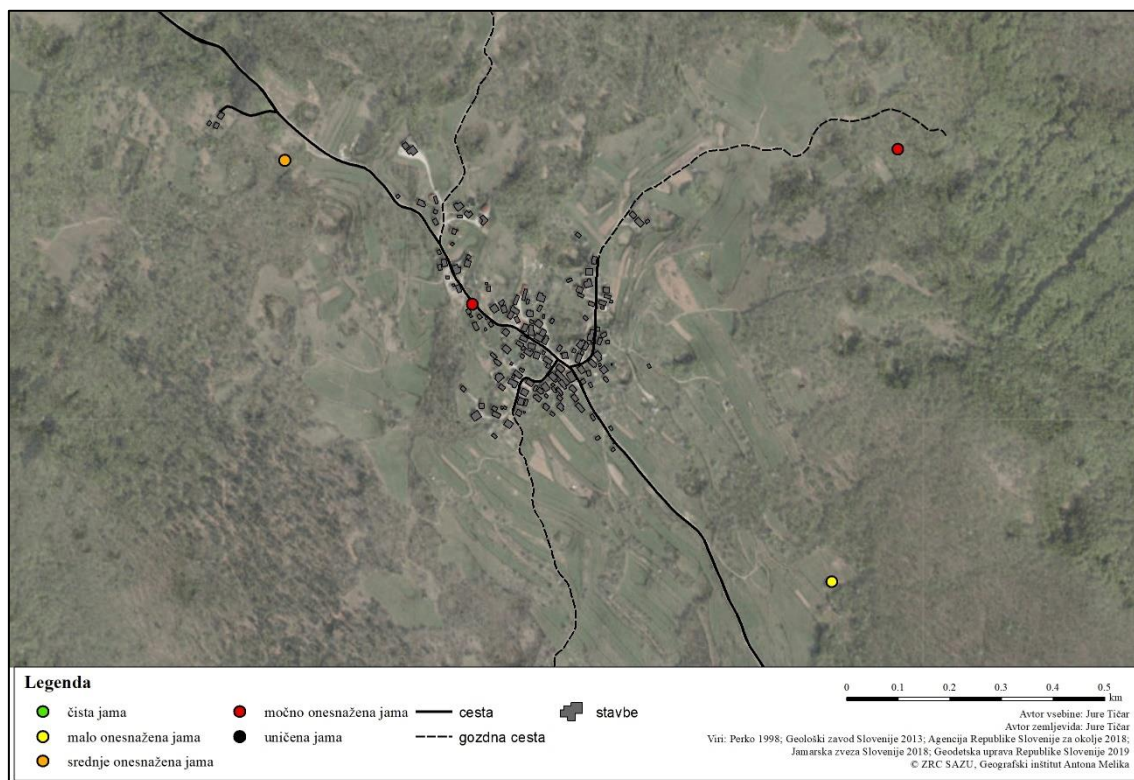


Slika 78: Onesnažene jame v bližini žičnic na Kaninu.

Na temelju razporeditve dejavnikov oddaljenost od železnic ali žičnic ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi pokrajinami. Ugotavljamo, da dejavnika nista primerna za preučevanje vpliva na onesnaženost jam.

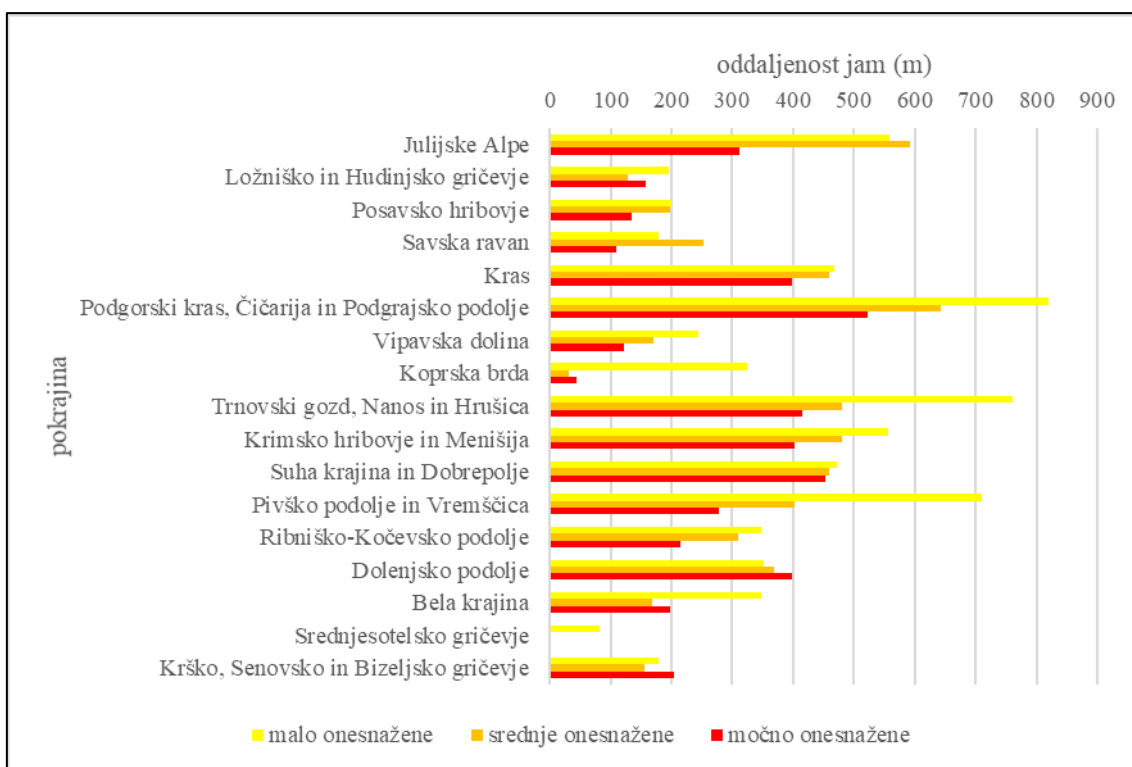
Glede na **oddaljenost objektov od vhodov v jame** je zaznati podobno razliko kot pri oddaljenosti od cest. Povprečno so jame od objektov oddaljene 716 m, in sicer čiste jame

791 m in onesnažene 432 m. Pri primerjavi s stopnjo onesnaženosti je razlika izrazita, in sicer so malo onesnažene jame oddaljene 489 m, srednje onesnažene 409 m in močno onesnažene 334 m.



Slika 79: Onesnažene jame v bližini naselja Visejec v Suhi krajini.

Vhodi v jame so od objektov najmanj oddaljeni v Srednjesotelskem gričevju (101 m), Ložniškem in Hudinjskem gričevju (192 m) ter Savski ravni (213 m), najbolj pa v Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (1066 m), Julijskih Alpah (923 m) ter Krimskem hribovju in Menišiji (788 m). Praviloma so čiste jame bolj oddaljene od objektov kot onesnažene v vseh pokrajinah, razen v Dolenjskem podolju. Z bližino objektov se stopnja onesnaženosti jam povečuje v Posavskem hribovju, Krasu, Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju, Vipavski dolini, Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici, Krimskem hribovju in Menišiji, Suhi krajini in Dobropolju (slika 79), Pivškem podolju in Vremščici ter Ribniško-Kočevskem podolju (slika 80).

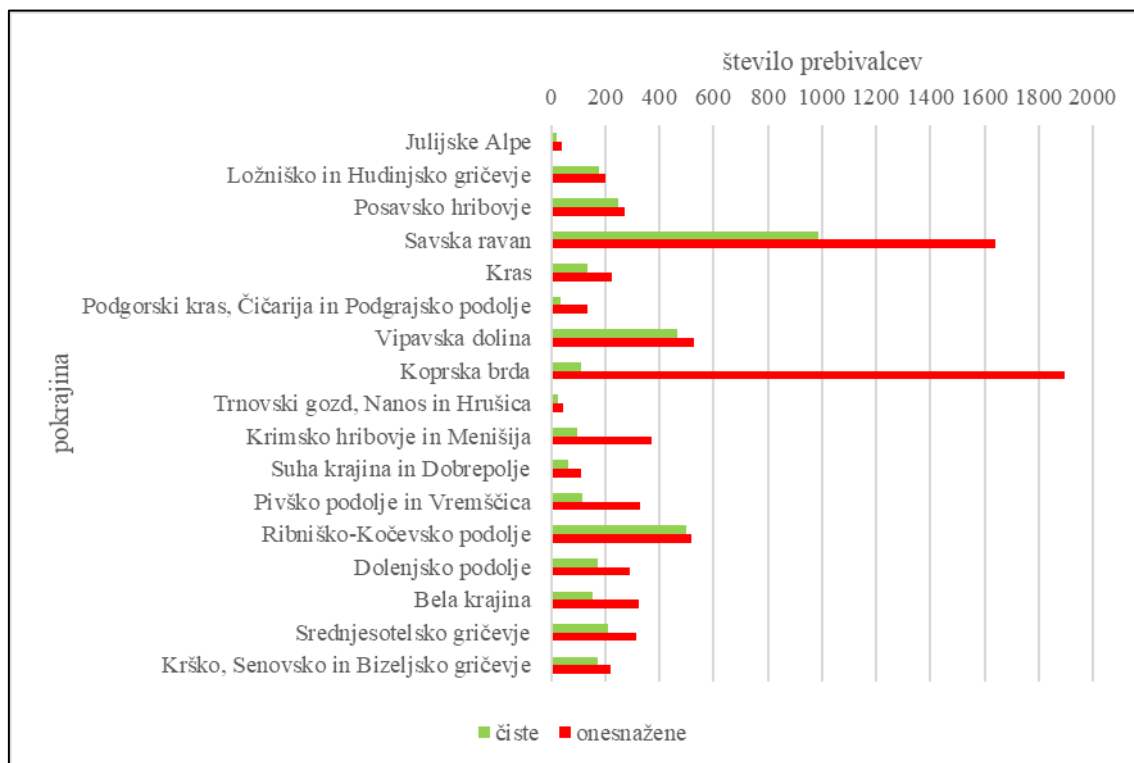


Slika 80: Oddaljenost jam od objektov glede na stopnjo onesnaženosti jam v izbranih pokrajinah.

Na temelju razporeditve dejavnika oddaljenosti od najbližjih objektov ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo pomembne razlike. Praviloma so onesnažene jame bližje objektom, obenem pa se z bližino objektov stopnja onesnaženosti povečuje.

V raziskavo smo vključili tudi podatek o **številu prebivalstva** v polmeru 500, 1000, 1500 in 2000 m od vhoda v jamo. Povprečno v polmeru 500 m od vhodov v jamo živi 27 prebivalcev; pri čistih jamah 15 in pri onesnaženih 70. Povprečno v polmeru 1000 m od vhodov v jamo živi 124 prebivalcev; pri čistih jamah 85 in pri onesnaženih 268. Povprečno v polmeru 1500 m od vhodov v jamo živi 306 prebivalcev; pri čistih jamah 227 in pri onesnaženih 594. Povprečno v polmeru 2000 m od vhodov v jamo živi 575 prebivalcev; pri čistih jamah 453 in pri onesnaženih 1026. Opažamo torej, da je v okolici onesnaženih jam veliko več prebivalcev, razlika med številom prebivalstva v okolici čistih in onesnaženih jam pa se z oddaljenostjo manjša. Pri oddaljenosti 500 m od vhoda v jamo je tako 4,7-krat več prebivalcev v okolici onesnaženih jam kot v okolici čistih, pri oddaljenosti 2000 m od vhoda v jamo pa je ta razlika 2,3-kratna. S povečevanjem stopnje onesnaženosti se zvišuje tudi število prebivalcev, še posebej pri močno onesnaženih

jamah. Na primer, v oddaljenosti 500 m od jame živi v okolici malo onesnaženih jam 188 prebivalcev, srednje onesnaženih 265, močno onesnaženih pa 446.



Slika 81: Število prebivalcev v oddaljenosti 1000 m od jam glede na onesnaženost jam v izbranih pokrajinah.

Največja razlika v številu prebivalcev med onesnaženimi in čistimi jamami je v Koprskih brdih (22,4-krat več prebivalcev v okolici onesnaženih jam), Julijskih Alpah (6,3-krat) ter Krimskem hribovju in Menišiji (5,5-krat). Število prebivalcev se s stopnjo onesnaženosti jam povečuje v Ložniškem in Hudinjskem gričevju, Posavskem hribovju, Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju, Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici, Krimskem hribovju in Menišiji, Pivškem podolju in Vremščici ter Ribniško-Kočevskem podolju. V polmeru 1000 m od vhodov v jamo je največ prebivalcev v Savski ravni (1233 prebivalcev), Koprskih brdih (571) ter Ribniško-Kočevskem podolju (526), najmanj prebivalcev pa je v Julijskih Alpah (19), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (26) ter Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (47). Največja razlika v številu prebivalcev med onesnaženimi in čistimi jamami je v Koprskih brdih (17,2-krat več prebivalcev v okolici onesnaženih jam), Krimskem hribovju in Menišiji (3,9-krat) ter Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (3,8-krat) (slika 81). Število prebivalcev se s stopnjo onesnaženosti jam povečuje v Ložniškem in Hudinjskem

gričevju, Krasu, Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju, Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici, Pivškem podolju in Vremščici ter Dolenjskem podolju. V polmeru 1500 m od vhodov v jamo je največ prebivalcev v Savski ravni (2775 prebivalcev), Ribniško-Kočevskem podolju (1173) ter Koprskih brdih (1064), najmanj pa v Julijskih Alpah (51), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (66) ter Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (113). Največja razlika v številu prebivalcev med onesnaženimi in čistimi jamami je v Koprskih brdih (12,1-krat več prebivalcev v okolici onesnaženih jam), Krmskem hribovju in Menišiji (2,9-krat) ter Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (2,5-krat). Število prebivalcev se s stopnjo onesnaženosti jam povečuje na Krasu, Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju, Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici ter Pivškem podolju. V polmeru 2000 m od vhodov v jamo je največ prebivalcev v Savski ravni (4494 prebivalcev), Ribniško-Kočevskem podolju (2172) ter Vipavski dolini (1633), najmanj prebivalcev pa v Julijskih Alpah (95), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (139) ter Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (236). Največja razlika v številu prebivalcev med onesnaženimi in čistimi jamami je v Koprskih brdih (9,6-krat več prebivalcev v okolici onesnaženih jam), Julijskih Alpah (2,8-krat) ter Krmskem hribovju in Menišiji (2,7-krat). Število prebivalcev se s stopnjo onesnaženosti jam povečuje na Krasu, Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju, Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici, Pivškem podolju ter Vremščici in Dolenjskem podolju.

Na temelju razporeditve dejavnika števila prebivalcev v okolici jam ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo pomembne razlike. Praviloma je v bližini onesnaženih jam več prebivalcev, obenem pa se z naraščanjem števila prebivalstva stopnja onesnaženosti jam povečuje.

Analiza podatkov o **številu prebivalcev po naseljih**, v katerih so vhodi v jame, kaže podobne rezultate. V naseljih povprečno živi 610 prebivalcev, pri čemer v naseljih s čistimi jamami živi 486 prebivalcev, v naseljih z onesnaženimi jamami pa 1102 prebivalca. Podobno se število prebivalcev povečuje s stopnjo onesnaženosti, še posebej pri naseljih z močno onesnaženimi jamami. V naseljih z malo onesnaženimi jamami živi povprečno 631 prebivalcev, v naseljih s srednje onesnaženimi jamami 651 prebivalcev in v naseljih z močno onesnaženimi jamami 2607 prebivalcev.

Povprečno je največ prebivalcev v Savski ravni (6929 prebivalcev), Krmskem hribovju in Menišiji (2430) ter Pivškem podolju in Vremščici (956), najmanj prebivalcev pa v Suhi

krajini in Dobropolju (111), Julijskih Alpah (203) ter Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (227). Število prebivalcev v naseljih z onesnaženimi jamami je praviloma večje kot v naseljih s čistimi jamami, razen na Krasu, Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju, Vipavski dolini, Krmskem hribovju in Menišiji, Suhi krajini in Dobropolju, Ribniško-Kočevskem podolju ter Srednjesotelskem gričevju.

Na temelju razporeditve dejavnika števila prebivalcev po naseljih ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi sicer pojavljajo razlike, a dejavnik ni tako primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam kot dejavnik števila prebivalcev v okolici jam.

Glede **izobrazbe prebivalstva** po naseljih z vhodi v jame so bile v analizi upoštevane tri kategorije stopnje izobrazbe. V naseljih z vhodi v jame ima osnovnošolsko izobrazbo 24,1 %, srednješolsko izobrazbo 39,7 % ter višjo oziroma visokošolsko izobrazbo 15,3 % prebivalstva. S primerjavo deležev med čistimi in onesnaženimi jamami smo ugotovili, da je delež prebivalcev z osnovnošolsko izobrazbo v naseljih z onesnaženimi jamami manjši, in sicer je pri čistih jamah 24,6 % in onesnaženih 22,4 %. Podobna razlika je pri višji oziroma visokošolski izobrazbi, kjer je delež pri čistih 15,5 %, pri onesnaženih pa 14,5 %. Le v primeru srednješolske izobrazbe se ta povečuje z onesnaženostjo jam, in sicer je pri čistih jamah 39,5 %, pri onesnaženih jamah pa 40,2 %. Glede na majhne razlike med deleži znotraj posameznih kategorij ni mogoče prepoznati značilnosti v primerjavi s stopnjo onesnaženosti.

Na temelju razporeditve dejavnikov izobrazbe prebivalstva ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi pokrajinami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam.

Pri **starosti prebivalstva** v naseljih z vhodi v jame je bilo preučenih več spremenljivk. Povprečna starost prebivalstva je 41,8 let, pri čemer je pri čistih jamah 42,3 let in pri onesnaženih 39,8 let. Še večje razlike so pri spremenljivki indeks staranja, ki je povprečno 170,7, in je pri čistih jamah 181,5, pri onesnaženih pa 129,6. Delež prebivalstva med 0 in 14 let starosti je 13,1 %, med 15 in 64 let je 58,4 %, delež prebivalstva z več kot 65 let pa 21,3 %. V kategoriji 0–14 let ter 15–64 let smo zaznali večji delež pri onesnaženih jamah, pri kategoriji nad 65 let pa manjši delež pri onesnaženih jamah v primerjavi s čistimi

jamami. Pri vseh spremenljivkah, povezanih s starostjo prebivalstva, sicer nismo opazili značilnih razlik glede na stopnjo onesnaženosti jam.

Najvišja povprečna starost prebivalcev je v Julijskih Alpah (45,5 let), Krasu (43,9 let) ter Pivškem podolju in Vremščici (42,9 let), najnižja pa v Beli krajini (35,7 let), Suhi krajini in Dobropolju (36,4 let) ter Vipavski dolini (37,9 let). Razlika starosti prebivalstva v bližini čistih in onesnaženih jam je raznovrstna, prav tako ni zaznati razlike glede na stopnjo onesnaženosti. Indeks staranja prebivalstva je najvišji v Julijskih Alpah (257,5), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (192,3) ter Krasu (151,8), najnižji pa v Dolenjskem podolju (89,9), Vipavski dolini (98,2) ter Ložniškem in Hudinjskem gričevju (99,0). Razlika indeksa staranja prebivalstva v bližini čistih in onesnaženih jam je raznovrstna, prav tako ni zaznati razlike glede na stopnjo onesnaženosti. Delež prebivalstva v starostni skupini 0-14 let je najvišji v Savski ravni (17,3 %), Ložniškem in Hudinjskem gričevju (17,0 %) ter Dolenjskem podolju (16,3 %), najnižji pa v Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (11,2 %), Julijskih Alpah (11,6 %) ter Koprskih brdih (12,2 %). Delež prebivalstva v starostni skupini 15-64 let je najvišji v Srednjesotelskem gričevju (68,1 %), Ložniškem in Hudinjskem gričevju (66,4 %) ter Dolenjskem podolju (64,2 %), najnižji pa v Savski ravni (18,2 %), Julijskih Alpah (52,9 %) ter Beli krajini (53,4 %). Delež prebivalstva v starostni skupini več kot 65 let je najvišji v Julijskih Alpah (29,5 %), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (20,6 %) ter Pivškem podolju in Vremščici (20,5 %), najnižji pa v Dolenjskem podolju (14,2 %), Suhi krajini in Dobropolju (14,4 %) ter Beli krajini (15,8 %). Razlika v starostnih skupinah v bližini čistih in onesnaženih jam je raznovrstna, prav tako ni zaznati razlike s stopnjo onesnaženosti.

Na temelju razporeditve dejavnikov starosti prebivalstva ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi pokrajinami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam.

Pri **koeficientu razvitosti občin** je povprečna vrednost v občinah, v katerih so vhodi v jame, 1,00; pri čistih jamah je koeficient 0,99 in pri onesnaženih 1,04. Ugotavljamo, da so onesnažene jame v bolj razvitih občinah. Sklepamo, da je to povezano z razvito gospodarsko dejavnostjo, ki omogoča nastanek večje količine odpadkov, obenem pa na teh območjih živi več ljudi. Najvišje vrednosti koeficienta razvitosti občin so v

Dolenjskem podolju (1,23), Savski ravni (1,19) ter Koprskih brdih (1,15), najnižje pa v Srednjesotelskem gričevju (0,70), Ribniško-Kočevskem podolju (0,88) ter Beli krajini (0,90). Razlika med koeficienti razvitosti občin v bližini čistih in onesnaženih jam je raznovrstna, prav tako ni zaznati razlike glede na stopnjo onesnaženosti.

Na temelju razporeditve dejavnika koeficient razvitosti občin ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi pokrajinami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam.

Na območjih, kjer so vhodi v jame, je letna zmogljivost **za odlaganje odpadkov** 1603 t. Pri čistih jamah je ta zmogljivost 1519 t in pri onesnaženih 1894 t. Glede na stopnjo onesnaženosti je najvišja zmogljivost pri močno onesnaženih, in sicer 2014 t. Na območjih, kjer so vhodi v jame, je letna zmogljivost za odlaganje odpadkov v občinah najvišja v Koprskih brdih (6869 t), Savski ravni (5304 t) ter Posavskem hribovju (2497 t), najnižja pa v Srednjesotelskem gričevju (407 t), Julijskih Alpah (802 t) ter Suhi krajini in Dobropolju (1137 t). Razlika med zmogljivostjo za odlaganje odpadkov v bližini čistih in onesnaženih jam je raznovrstna, prav tako ni zaznati razlike glede na stopnjo onesnaženosti.

Na temelju razporeditve dejavnika zmogljivost za odlaganje odpadkov ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi pokrajinami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam, vendar ga bomo s statističnimi analizami ovrednotili, saj izpostavlja območja nastanka večjih količin odpadkov.

Povprečna **oddaljenost vhodov jam od komunalnih odlagališč odpadkov** je 8962 m, pri čemer so čiste jame oddaljene 9210 m in onesnažene 8022 m. Z naraščanjem stopnje onesnaženosti jam so jame bližje komunalnim odlagališčem odpadkov, in sicer so malo onesnažene jame oddaljene 8180 m, srednje onesnažene 7904 m ter močno onesnažene 7801 m. Vhodi v jame so od najbližjih komunalnih odlagališč najbolj oddaljeni v Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (11.752 m), Julijskih Alpah (10.182 m) ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (9969 m), najmanj pa v Srednjesotelskem gričevju (2868 m), Ribniško-Kočevskem podolju (3861 m) ter Koprskih brdih (4909 m).

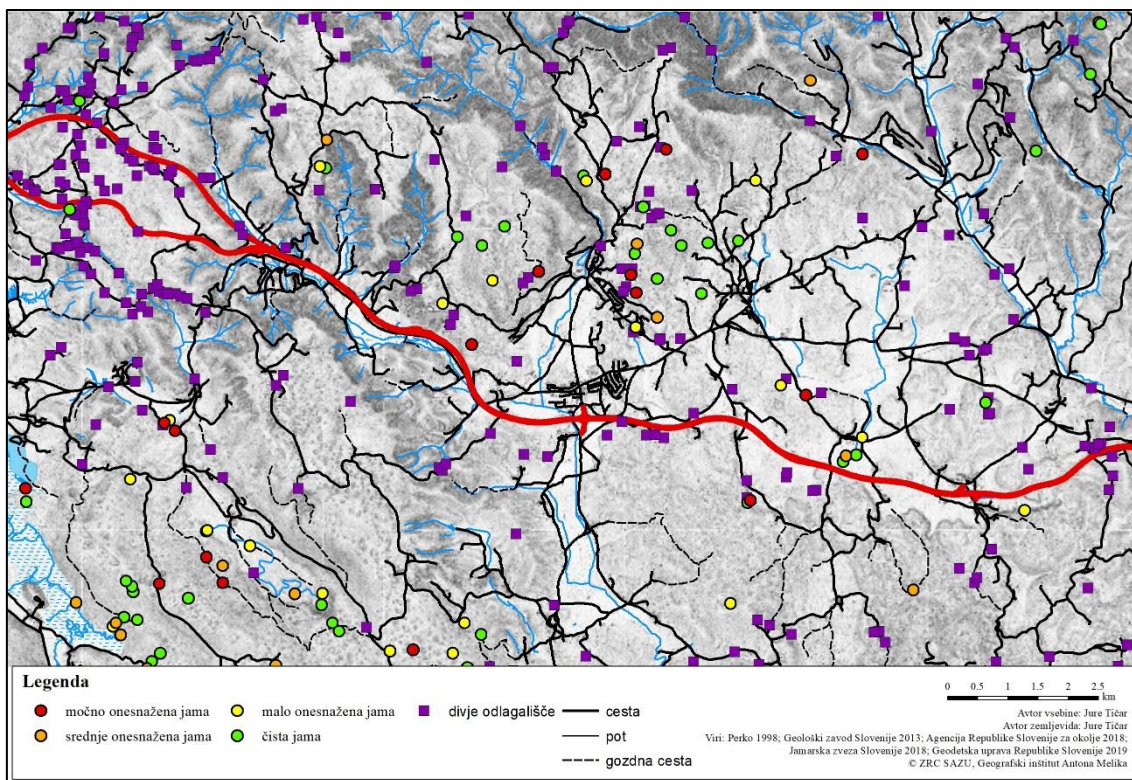
Na temelju razporeditve dejavnika oddaljenost vhodov jam od komunalnih odlagališč odpadkov ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo manjše, a pomembne razlike. Praviloma so onesnažene jame bližje komunalnim odlagališčem, obenem pa se z zmanjšanjem oddaljenosti stopnja onesnaženosti jam povečuje.

Povprečna **oddaljenost vhodov jam od komunalnih čistilnih naprav** je 4342 m, pri čemer so čiste jame oddaljene 4443 m in onesnažene 3965 m. Z naraščanjem stopnje onesnaženosti jam so jame bližje komunalnim čistilnim napravam, in sicer so malo onesnažene jame oddaljene 4182 m, srednje onesnažene 3947 m, močno onesnažene pa 3514 m. Vhodi v jame so od najbližjih komunalnih čistilnih naprav najbolj oddaljeni v Suhi krajini in Dobropolju (5650 m), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (5216 m) ter Julijskih Alpah (4827 m), najmanj pa v Srednjesotelskem gričevju (2095 m), Vipavski dolini (2336 m) ter Koprskih brdih (2484 m). Razlika med oddaljenostjo od komunalne čistilne naprave v bližini čistih in onesnaženih jam je raznovrstna, prav tako na ravni pokrajin ni izrazite razlike glede na stopnjo onesnaženosti.

Na temelju razporeditve dejavnika oddaljenost vhodov jam od komunalnih čistilnih naprav ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo manjše razlike. Ker v osnovi oddaljenost vpliva le na onesnaženost posameznih jam, ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam.

Obravnavana je bila tudi **oddaljenost jam od nelegalnih odlagališč odpadkov**. Povprečna oddaljenost je 1752 m, pri čistih jamah znaša 1940 m in pri onesnaženih 1066 m. Z naraščanjem stopnje onesnaženosti jam so jame bližje nelegalnim odlagališčem odpadkov, in sicer so malo onesnažene jame oddaljene 1188 m, srednje onesnažene 1043 m, močno onesnažene pa 824 m. V polmeru 1000 m od vhoda v jamo je povprečno 1,6 nelegalnih odlagališč odpadkov, v okolici čistih jam 1,4, v okolici onesnaženih pa 2,4. Z naraščanjem stopnje onesnaženosti jam se povečuje število nelegalnih odlagališč odpadkov, in sicer jih je v povprečju pri malo onesnaženih jamah 2,1, pri srednje onesnaženih 2,4, pri močno onesnaženih pa 3,1. Povprečna oddaljenost od divjih odlagališč je najvišja v Julijskih Alpah (3460 m), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (1876 m) ter Krimskem hribovju in Menišiji (1418), najnižja pa v Ribniško-Kočevskem podolju (336 m), Srednjesotelskem gričevju (429 m) ter Vipavski dolini (489 m). Večinoma so onesnažene jame bližje divjim odlagališčem (slika 82), razen v Ložniškem in Hudinjskem gričevju, Savski ravni, Srednjesotelskem gričevju ter Krškem, Senovskem

in Bizeljskem gričevju. Največ divjih odlagališč v oddaljenosti 1000 m od jame je v Ribniško-Kočevskem podolju (8,5), Savski ravni (5,4) ter Vipavski dolini (4,5), najmanj pa v Julijskih Alpah (0,3), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (0,7) ter Beli krajini (1,2).



Slika 82: Divja odlagališča v bližini onesnaženih jam v okolici Ivančne Gorice.

Na temelju razporeditve dejavnikov povezanih z divjimi odlagališči odpadkov ugotavljamo, da se tako na ravni pokrajin kot med njimi pojavljajo pomembne razlike. Praviloma so divja odlagališča odpadkov bližje onesnaženim jamam, s stopnjo onesnaženosti jam pa se njihovo število povečuje.

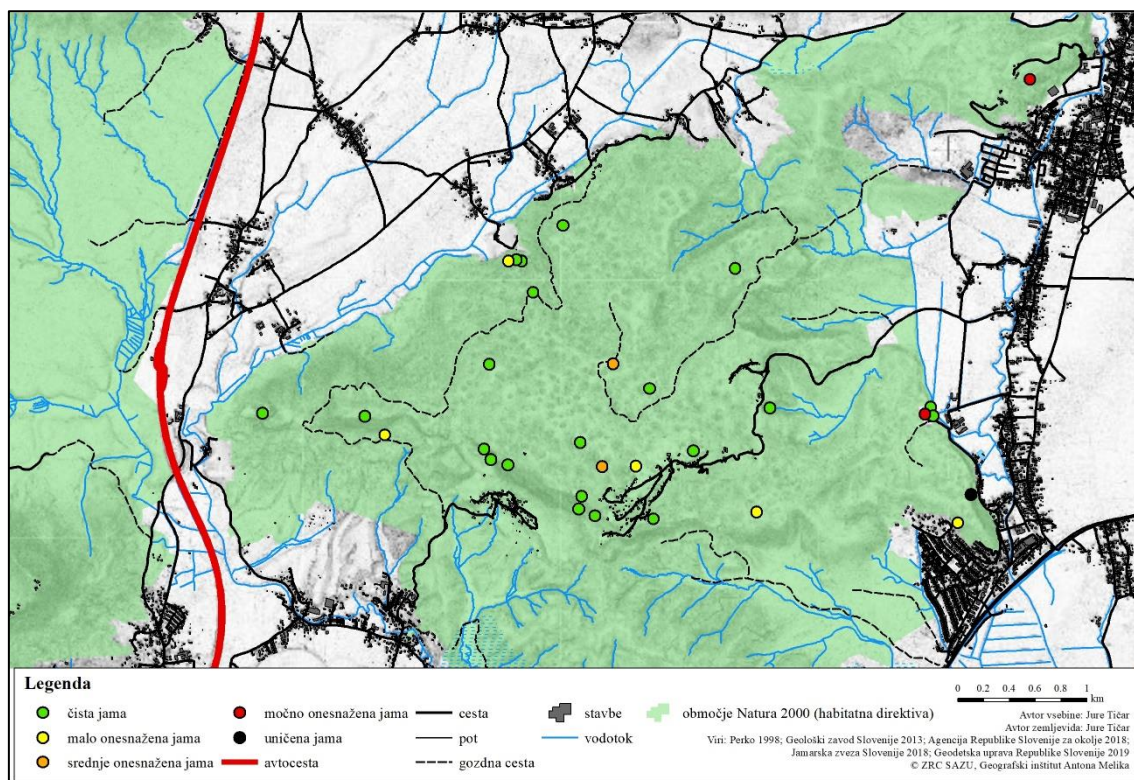
Kraške jame so tudi na **zavarovanih območjih**. Znotraj vseh kategorij zavarovanih območij narave je 1290 obravnavanih jam oziroma 18,5 %. Največ jam je v narodnem parku (679 jam oziroma 9,7 % vseh), sledijo naravni spomeniki (333 oziroma 4,8 %), krajinski parki (178 oziroma 2,6 %), regijski parki (95 oziroma 1,4 %), naravni rezervati (4 oziroma 0,1 %) ter spomeniki oblikovane narave (1 oziroma 0,1 %). Pri primerjavi deležev čistih in onesnaženih jam smo ugotovili nekatere značilne razlike. V narodnem parku je 11,7 % vseh čistih jam in 2,5 % vseh onesnaženih, podobno je večji delež čistih jam na območju naravnih spomenikov, kjer je 5,5 % vseh čistih jam in 2,4 % vseh onesnaženih. V regijskih parkih je razmerje obratno, saj je tu 1,3 % vseh čistih jam ter

1,9 % vseh onesnaženih, še bolj očitna razlika je v krajinskih parkih, kjer je 2,0 % vseh čistih jam ter 4,6 % vseh onesnaženih. Značilna razlika v primerjavi s stopnjo onesnaženosti jam je vidna zgolj pri narodnem parku in regijskih parkih, kjer delež jam s stopnjo onesnaženosti upada. Vse jame v narodnem parku so v Julijskih Alpah (34,7 %), največ jam v naravnih spomenikih je v Srednjesotelskem gričevju (20,0 %), Vipavski dolini (15,9 %) ter Julijskih Alpah (11,6 %). Največ jam krajinskih parkih je v Ložniškem in Hudinjskem gričevju (32,9 %), Vipavski dolini (20,6 %) ter Savski ravni (13,9 %), največ jam v regijskih parkih pa v Srednjesotelskem gričevju (80 %) ter Krmskem hribovju in Menišiji (14,4 %). Največ jam znotraj zavarovanih območij je v Srednjesotelskem gričevju (vse), Julijskih Alpah (46,2 %) ter Ložniškem in Hudinjskem gričevju (34,2 %), najmanj pa v Koprskih brdih (nič), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (2,2 %) ter Suhi krajini in Dobropolju (2,7 %).

Na temelju razporeditve dejavnika zavarovana območja ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi kategorijami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam, vendar je pomemben za preučevanje posledic onesnaževanja v posameznih kategorijah zavarovanih območij.

Skupno je na območjih **Nature 2000** kar 5054 jam oziroma 72,6 % vseh obravnavanih jam, pri čemer je 4254 čistih jam (77,8 % vseh čistih jam) in 742 onesnaženih jam (53,4 % vseh onesnaženih jam). Največ jam na teh območjih je na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (95,0 %), Srednjesotelskem gričevju (90,0 %) ter Krasu (91,7 %), najmanj pa v Ložniškem in Hudinjskem gričevju (4,1 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (10,4 %), ter Posavskem hribovju (19,2 %). Praviloma je na območjih Nature 2000 delež onesnaženih jam manjši od deleža čistih jam (slika 83), razen v Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju. Največji deleži onesnaženih jam so v Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (60,0 %), Srednjesotelskem gričevju (44,4 %), Posavskem hribovju (38,6 %), Vipavski dolini (34,8 %) ter Ložniškem in Hudinjskem gričevju (33,3 %). Delež jam se s stopnjo onesnaženosti zmanjšuje le v Julijskih Alpah, Suhi krajini in Dobropolju ter Beli krajini. Pri primerjavi deleža onesnaženih jam na ravni vseh pokrajin (20,0 %) ugotovimo, da je delež onesnaženih jam na območjih Nature 2000 manjši (14,7 %).

Na temelju razporeditve dejavnika Natura 2000 ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi kategorijami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam, vendar je pomemben za preučevanje posledic onesnaževanja na teh območjih.



Slika 83: Stanje jam na zavarovanem območju Nature 2000 na Rašici.

Še več jam je na **ekološko pomembnih območjih**, in sicer 5946 oziroma 85,4 % vseh obravnavanih jam, od tega je 4861 čistih (88,9 % vseh čistih jam) in 999 onesnaženih jam (71,9 % vseh onesnaženih jam). Največ jam na teh območjih je v Ribniško-Kočevskem podolju (vse), Srednjesotelskem gričevju (vse) ter Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (98,6 %), najmanj pa v Ložniškem in Hudinjskem gričevju (4,1 %), Posavskem hribovju (27,9 %) ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (29,2 %). Praviloma je na ekološko pomembnih območjih delež onesnaženih jam manjši od deleža čistih jam. Največji deleži onesnaženih jam so v Srednjesotelskem gričevju (50,0 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (42,9 %), Dolenjskem podolju (41,9 %), Posavskem hribovju (35,9 %) ter Ribniško-Kočevskem podolju (35,8 %). Delež jam se s stopnjo onesnaženosti jam zmanjšuje le v Krmskem hribovju in Menišiji, Suhi krajini in Dobropolju ter Beli krajini. Pri primerjavi deleža onesnaženih jam na ravni vseh pokrajin

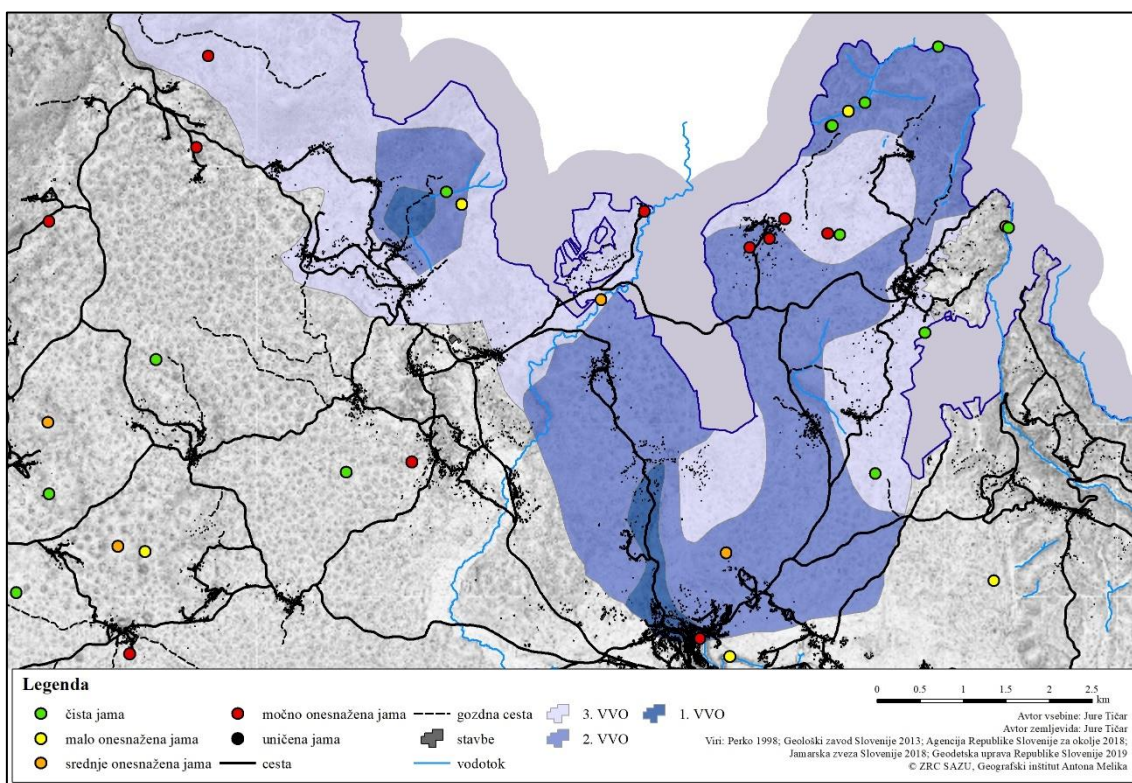
(20,0 %) ugotovimo, da je delež onesnaženih jam na območjih Nature 2000 manjši (16,8 %).

Na temelju razporeditve dejavnika ekološko pomembna območja ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi kategorijami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam, vendar je pomemben za preučevanje posledic onesnaževanja na teh območjih.

Na **vodovarstvenih območjih** je 1647 jam oziroma 23,6 % obravnavanih jam, pri čemer je 1241 čistih jam (22,7 % vseh čistih jam) in 358 onesnaženih (25,8 % vseh onesnaženih jam). Med onesnaženimi jamami na vodovarstvenih območjih, je 90 močno onesnaženih jam. Posamezna vodovarstvena območja so v nadaljevanju lahko razvrščena na do štiri različna območja, kjer veljajo posebni režimi. Najstrožji so v 1. vodovarstvenem območju, najmilejši pa v 4. vodovarstvenem območju. V 1. vodovarstvenem območju je 49 jam (0,7 % vseh), v 2. vodovarstvenem območju 276 jam (4,0 %), v 3. vodovarstvenem območju 973 jam (14,0 %) ter v 4. vodovarstvenem območju 348 jam (5,0 %). Manjše razlike izhajajo iz primerjave deležev med čistimi in onesnaženimi jamami v posameznih vodovarstvenih območjih. V 1. vodovarstvenem območju je 38 čistih (0,7 %) ter 11 onesnaženih (0,8 %), v 2. vodovarstvenem območju 211 čistih (3,9 %) ter 59 onesnaženih (4,2 %), v 3. vodovarstvenem območju 740 čistih (13,5 %) ter 203 onesnaženih (14,6 %) ter v 4. vodovarstvenem območju 252 čistih (4,6 %) ter 84 onesnaženih (6,0 %). Jam v državnih vodovarstvenih območjih je 642 oziroma 9,2 % vseh obravnavanih jam, v občinskih vodovarstvenih območjih pa 1005 oziroma 14,4 %. Na državnih vodovarstvenih območjih je večji delež čistih jam (516 oziroma 9,4 % vseh čistih jam) kot delež onesnaženih jam (113 oziroma 8,1 % vseh onesnaženih jam). Na občinskih vodovarstvenih območjih je razmerje obratno, saj je delež čistih jam (725 jam oziroma 13,3 % čistih jam) manjši od deleža onesnaženih jam (244 jam oziroma 17,6 % onesnaženih jam). V primerjavi s stopnjo onesnaženosti jam se delež jam na državnih vodovarstvenih območjih stopnjuje z onesnaženostjo, in sicer je delež malo onesnaženih jam 7,1 % (od vseh malo onesnaženih jam), srednje onesnaženih 7,5 %, ter močno onesnaženih 11,0 %. Na občinskih vodovarstvenih območjih značilnih razlik ni.

Na vodovarstvenih območjih je največ jam v Koprskih brdih (64,5 %), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (59,3 %) ter Krasu (50,5 %). Največji delež

onesnaženih jam na vodovarstvenih območjih je v Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (70,4 %), Koprskih brdih (62,5 %) ter Krasu (55,1 %). Razlika med čistimi in onesnaženimi jamami na vodovarstvenih območjih je raznovrstna, prav tako ni jasne razlike glede na stopnjo onesnaženosti. Največ jam v 3. vodovarstvenem območju je v Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (44,6 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (35,4 %) ter Koprskih brdih (25,8 %). Največji delež jam v 4. vodovarstvenem območju je na Krasu (29,2 %) ter Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (2,8 %). Največji delež jam v 2. vodovarstvenem območju je v Koprskih brdih (33,9 %), Vipavski dolini (17,5 %) ter Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (14,6 %). Največji delež jam v 1. vodovarstvenem območju je v Koprskih brdih (4,8 %), Vipavski dolini (4,8 %) ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (2,1 %).



Slika 84: Stanje jam na državnih vodovarstvenih območjih v zaledju izvirov Obrh in črpališča Gornji Suhor v Beli krajini.

Največ jam na državnih vodovarstvenih območjih je v Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (59,3 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (19,5 %), Beli krajini (14,0 %) (slika 84), Ložniškem in Hudinjskem gričevju (6,8 %) ter Savski ravni (4,6 %). Največ jam v občinskih vodovarstvenih območjih je na Krasu (50,5 %), Krškem,

Senovskem in Bizeljskem gričevju (39,6 %), Vipavski dolini (33,3 %), Savski ravni (21,3 %) ter Suhi krajini in Dobropolju (9,3 %).

Na temelju razporeditve dejavnika vodovarstvena območja ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi kategorijami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam, vendar je pomemben za preučevanje posledic onesnaževanja na teh območjih.

Pri **stopnji ranljivosti podzemne vode** so bile vse jame razvrščene v sedem kategorij. Največ jam je zaradi močne zakraselosti znotraj območij zelo visoke stopnje ranljivosti podzemne vode, in sicer 3460 (49,7 % vseh), sledijo območja izjemno visoke stopnje s 3050 jamami (43,8 %), srednje stopnje s 206 jamami (3,0 %), visoke stopnje s 180 jamami (2,6 %), nizke stopnje s 50 jamami (0,7 %), zelo nizke stopnje s 19 jamami (0,3 %) na območjih izjemno nizke stopnje pa ni jam. V kategoriji izjemno visoka stopnja ranljivosti podzemne vode je delež čistih jam 47,8 %, onesnaženih pa 29,2 %. V vseh ostalih kategorijah je delež onesnaženih jam večji od deleža čistih jam. Na primer, v kategoriji zelo visoke stopnje ranljivosti podzemne vode je čistih 2562 jam (46,8 % vseh čistih jam) onesnaženih pa 832 jam (59,9 % vseh onesnaženih jam). V primerjavi s stopnjo onesnaženosti jam razlika ni izrazita.

Na območjih zelo visoke stopnje ranljivosti podzemne vode je največji delež jam v Krinskem hribovju in Menišiji (87,6 %), Dolenjskem podolju (80,0 %) ter Krasu (73,6 %). Na območjih izjemno visoke stopnje ranljivosti podzemne vode je največji delež jam v Julijskih Alpah (78,9 %), Pivškem podolju in Vremščici (53,3 %) ter Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (47,0 %). Na območjih srednje stopnje ranljivosti podzemne vode je največji delež jam v Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (47,9 %), Koprskih brdih (46,8 %) ter Vipavski dolini (39,7 %). Največji delež onesnaženih jam na območjih izjemno visoke ranljivosti podzemne vode je v Julijskih Alpah (74,2 % onesnaženih jam), Pivškem podolju in Vremščici (58,7 %), Savski ravni (45,9 %), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (44,4 %) ter Ložniškem in Hudinjskem gričevju (42,9 %). Največji delež onesnaženih jam na območjih zelo visoke ranljivosti podzemne vode je v Krinskem hribovju in Menišiji (95,7 % onesnaženih jam), Krasu (78,0 %), Posavskem hribovju (73,9 %), Dolenjskem podolju (73,3 %) ter Beli krajini (72,0 %).

Na temelju razporeditve dejavnika stopnja ranljivosti podzemne vode ugotavljamo, da ne moremo sklepati o pomembnih razlikah na ravni stanja jam ali stopnje onesnaženosti jam med posameznimi kategorijami. Ugotavljamo, da dejavnik ni primeren za preučevanje vpliva na onesnaženost jam, vendar je pomemben za preučevanje posledic onesnaževanja na teh območjih.

6 POVEZANOST IZBRANIH VPLIVNIH DEJAVNIKOV S STANJEM JAM IN STOPNJO ONESNAŽENOSTI JAM

Da bi preverili povezanost izbranih vplivnih dejavnikov s stanjem jam in stopnjo onesnaženosti, smo v analizo vključili podatke za čiste (5471 jam oziroma 78,5 % vseh) ter onesnažene jame (1390 jam oziroma 20,0 % vseh) in tako primerjali podatke 6861 jam. Podatke o uničenih jamah ter podatke o jamah, za katere ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja, smo izločili iz analize, saj zaradi majhnosti vzorca ne prispevajo k razumevanju stanja in stopnje onesnaženosti jam.

Izbrali smo 13 vplivnih dejavnikov, ki so v opisnih statistikah neodvisno opredeljevali vzroke za možno onesnaženost jam, in sicer: 1) nadmorska višina vhoda, 2) poškodovanost jame, 3) tip vhoda, 4) velikost vhoda, 5) naklon površja v okolici jame, 6) položaj jame glede na cesto, 7) oddaljenost jame od najbližje ceste, 8) višinska razlika med jamo in cesto, 9) oddaljenost jame od najbližjega objekta, 10) število prebivalcev v okolici jame, 11) zmogljivost odpadkov v občini, 12) oddaljenost jame od najbližjega divjega odlagališča ter 13) število divjih odlagališč v okolici jame.

Ker so podatki o stanju jam in stopnji onesnaženosti jam urejeni, smo kategorije vplivnih dejavnikov pretvorili v urejenostne spremenljivke. Vplivni dejavniki so bili zato opredeljeni v dveh kategorijah.

Ostale vplivne dejavnike urejenostnih spremenljivk smo razdelili v devet kategorij, in sicer glede na razporeditev deleža jam v posamezni kategoriji. Velikost kategorij smo opredelili z enakimi intervali in zaokroženimi vrednostmi za njihovo enostavnejšo interpretacijo.

Podatke smo za predstavitev najprej razdelili na kvartile in jih opredelili s škatlami z brki. Na ta način smo zaznali razlike med množicami podatkov za vse kategorije stanja jam in stopnje onesnaženosti.

Za opredelitev moči monotonosti med urejenostnima spremenljivkama smo uporabili χ^2 , Cramerjev koeficienti povezanosti (C_{CR}), kvadrirani Cramerjev koeficienti povezanosti (C_{CR}^2) ter p-vrednosti (preglednici 23, 24).

V nadaljevanju je za vsak vplivni dejavnik predstavljena njegova povezanost s stanjem jam in stopnjo onesnaženosti jam, ter glavne značilnosti vplivnega dejavnika, podrobnejši podatki pa so predstavljeni v prilogah (preglednice 32–109).

6.1 Nadmorska višina vhoda

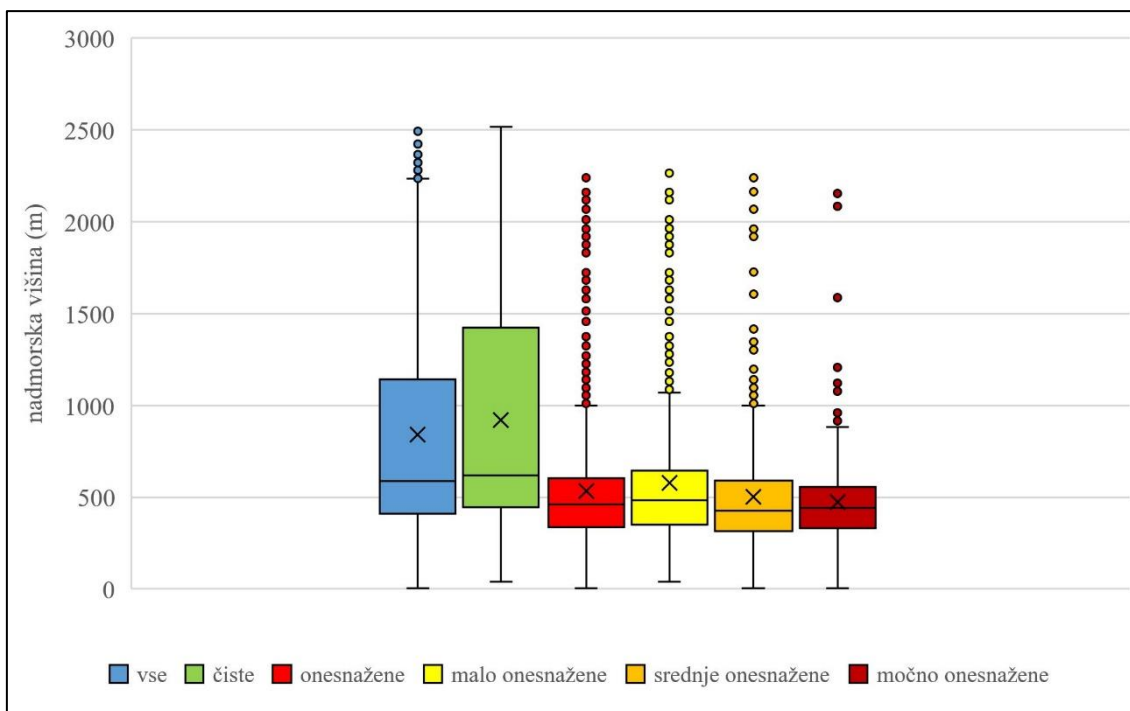
Vplivni dejavnik nadmorska višina vhoda obsega vrednosti med 5,4 m in 2516,4 m. Razpon posamezne kategorije, ki je bila določena na temelju razporeditve deleža jam, obsega 250 enot.

Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili večji delež čistih jam z višjo nadmorsko višino, medtem ko je onesnaženih jam največ v kategorijah nadmorskih višin 250–499 m (49,50 %) (preglednici 33, 34). Pri stopnji onesnaženosti jam je naraščanje s kategorijami nadmorske višine značilno za malo onesnažene jame, do višine 1500–1749 m. Srednje onesnažene jame in močno onesnažene jame kažejo manjši delež pri višjih nadmorskih višinah. Največji deleži onesnaženih jam so v nadmorskih višinah 240–499 m (45,96–56,10 %) in so nižji pri višjih nadmorskih višinah (preglednici 72, 73).

Škatla z brki kaže, da je za vse jame 1. kvartil pri vrednosti 410,2 m, 3. kvartil pa pri vrednosti 1140,6 m. Pri čistih jamah je razporeditev znatno višja od razporeditve pri onesnaženih jamah in je 1. kvartil pri 443,8 m ter 3. kvartil pri 1424,1 m, medtem ko je pri onesnaženih jamah 1. kvartil pri 336,9 m, 3. kvartil pa pri 603,7 m. Čiste jame so na znatno višjih nadmorskih višinah od onesnaženih jam. Večja stopnja onesnaženosti jam je v jamah na nižjih nadmorskih višinah (slika 85).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 508,96$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,27$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da nadmorska višina pojasni 7,4 % stanja jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 45,45$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,13$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da nadmorska višina pojasni 1,6 % stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (0,01)$ (preglednica 24).



Slika 85: Razporeditev jam po nadmorski višini glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.

6.2 Poškodovanost jame

Vplivni dejavnik poškodovanost jam obsega vrednosti ne in da, zato sta bili opredeljeni 2 kategoriji.

Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili manjši delež čistih jam v kategoriji poškodovanih jam, medtem ko onesnažene jame največkrat niso poškodovane (73,17 %) (preglednici 36, 37). Pri stopnji onesnaženosti jam je naraščanje deleža poškodovanih jam značilno za srednje in močno onesnažene jame. Pri malo onesnaženih jamah se delež poškodovanih jam zmanjšuje. Največji deleži onesnaženih jam so pri nepoškodovanih jamah (69,51–75,91 %) in so nižji v kategoriji poškodovanih jam (preglednici 75, 76).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 492,55$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,27$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da poškodovanost jam pojasni 7,2 % stanja jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 5,82$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,06$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da poškodovanost jam pojasni 0,4 % stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično neznačilen na ravni $p (0,05)$ (preglednica 24).

6.3 Tip vhoda

Vplivni dejavnik tip vhoda obsega vrednosti vodoraven in navpičen, zato sta bili opredeljeni 2 kategoriji.

Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili rast deleža čistih jam z navpičnimi vhodi, medtem ko je onesnaženih jam največ v kategoriji navpičnih jam (77,87 %) (preglednici 39, 40). Pri stopnji onesnaženosti jam je naraščanje deleža jam z navpičnimi vhodi značilno za srednje in močno onesnažene jame. Pri malo onesnaženih jamah se delež jam z navpičnimi vhodi zmanjšuje. Največji deleži onesnaženih jam so v kategoriji navpičnih jam (66,25–86,28 %) (preglednici 78, 79).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 6,12$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,03$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da tip vhoda pojasni 0,9 % stanja jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (0,01)$ (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 58,42$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,21$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da tip vhoda pojasni 0,4 % stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 24).

6.4 Velikost vhoda

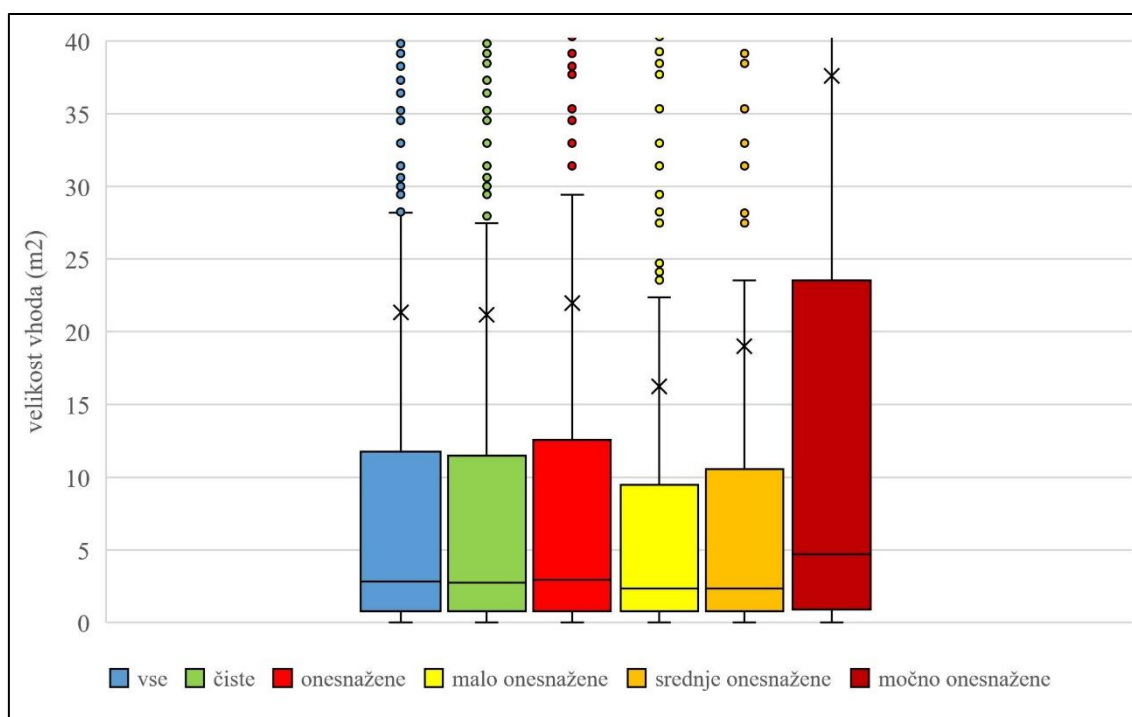
Vplivni dejavnik velikost vhoda obsega vrednosti do 12.246 m². Vsaka od 9 kategorij tako obsega 2 m² velikosti vhoda.

Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili razmeroma enakomerno razporeditev deleža čistih in onesnaženih jam z večanjem velikosti vhoda. Največ onesnaženih jam je v kategoriji velikosti vhoda 0–1,9 m² (44,68 %) (preglednici 42, 43). Pri stopnji onesnaženosti jam je upadanje s kategorijami velikosti vhoda značilno za malo onesnažene jame. Srednje onesnažene jame in močno onesnažene jame kažejo raznovrstno razporeditev med kategorijami. Največji delež onesnaženih jam ima vhode velikosti 0–1,9 m² (35,98–47,06 %), ki nato upadajo s kategorijami velikosti vhodov. Vendar je delež onesnaženih jam v kategoriji velikosti vhoda nad 16 m² drugi največji med kategorijami (preglednici 81, 82).

Škatla z brki kaže, da je za vse jame 1. kvartil pri vrednosti 0,8 m², 3. kvartil pa pri vrednosti 11,8 m². Pri čistih jamah je razporeditev malenkost nižja od razporeditve pri onesnaženih jamah in je 1. kvartil pri 0,8 m² ter 3. kvartil pri 11,5 m², medtem ko je pri onesnaženih jamah 1. kvartil pri 0,8 m², 3. kvartil pa pri 12,6 m². Čiste jame imajo manjše vhode od onesnaženih jam. Z večanjem vhodov se stopnja onesnaženosti povečuje, še posebej izrazito pri močno onesnaženih jamah (slika 86).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 3,92$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,02$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da velikost vhoda pojasni 0,6 ‰ stanja jam, rezultat pa je statistično neznačilen na ravni p (0,86) (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 45,51$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,13$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da velikost vhoda pojasni 1,6 % stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni p (0,01) (preglednica 24).



Slika 86: Razporeditev jam po velikosti vhoda glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.

6.5 Naklon površja v okolici jame

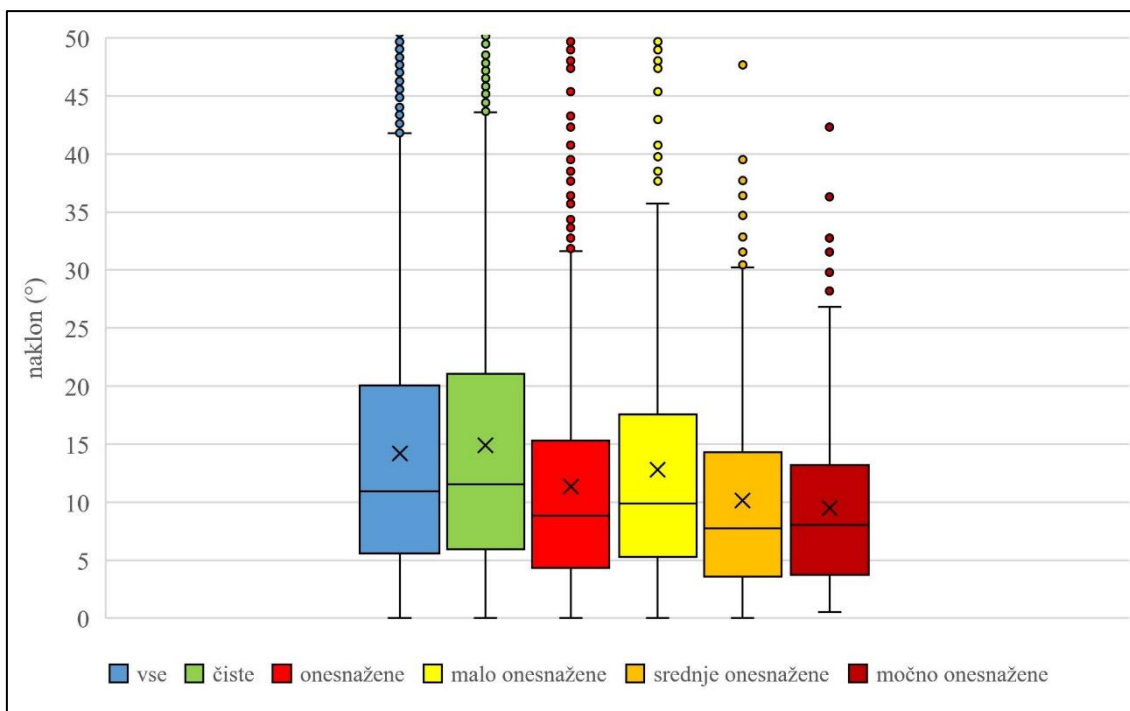
Vplivni dejavnik naklon površja v okolici jame obsega vrednosti do $78,1^\circ$. Razpon posamezne kategorije, ki je bila določena na temelju razporeditve deleža jam, obsega 5 enot.

Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili razmeroma enakomerno razporeditev deleža čistih in onesnaženjih jam z večanjem naklona površja v okolici jam. Onesnaženih jam je največ v kategoriji naklona $0-4,9^\circ$ (44,68 %) (preglednici 45, 46). Pri stopnji onesnaženosti jam je naraščanje s kategorijami naklona površja značilno za malo onesnažene jame. Močno onesnažene jame kažejo postopno zmanjšanje deležev s kategorijami naklona površja, srednje onesnažene jame pa raznovrstne deleže med kategorijami naklona površja. Največji deleži onesnaženih jam so pri naklonu površja $0-4,9^\circ$ (23,11–35,06 %) in nato upadajo z višjimi kategorijami naklonov (preglednici 85, 86).

Škatla z brki kaže, da je za vse jame 1. kvartil pri vrednosti $5,6^\circ$, 3. kvartil pa pri vrednosti $20,1^\circ$. Pri čistih jamah je razporeditev znatno višja od razporeditve pri onesnaženih jamah in je 1. kvartil pri $6,0^\circ$ ter 3. kvartil pri $21,0^\circ$, medtem ko je pri onesnaženih jamah 1. kvartil pri $4,3^\circ$, 3. kvartil pa pri $15,3^\circ$. Čiste jame imajo večje naklone površja v okolici od onesnaženih jam. Stopnja onesnaženosti jam se povečuje na površju z nižjimi nakloni (slika 87).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 116,65$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,13$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da naklon površja pojasni 1,7 % stanja jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 48,60$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,13$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da naklon površja pojasni 1,8 % stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 24).



Slika 87: Razporeditev jam po naklonu površja v okolici jame glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.

6.6 Položaj jame glede na cesto

Vplivni dejavnik položaj jame glede na cesto obsega vrednosti pod cesto in nad cesto, zato sta bili opredeljeni 2 kategoriji.

Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili rast deleža čistih jam v kategoriji nad cesto, medtem ko je onesnaženih jam največ v kategoriji nad cesto (53,60 %) (preglednici 48, 49). Pri stopnji onesnaženosti jam je naraščanje deleža jam nad cesto značilno za močno onesnažene jame. Pri malo in srednje onesnaženih jamah pa je delež jam pod in nad cesto enakomerno razporejen. Največji deleži tipov onesnaženih jam so sicer v kategoriji nad cesto (52,13–55,17 %) (preglednici 87, 88).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 76,13$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,11$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da položaj jame glede na cesto pojasni 0,1 % stanja jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 0,63$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,02$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da položaj jame glede na

cesto pojasni 0,5 ‰ stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično neznačilen na ravni p (0,73) (preglednica 24).

6.7 Oddaljenost jame od najbližje ceste

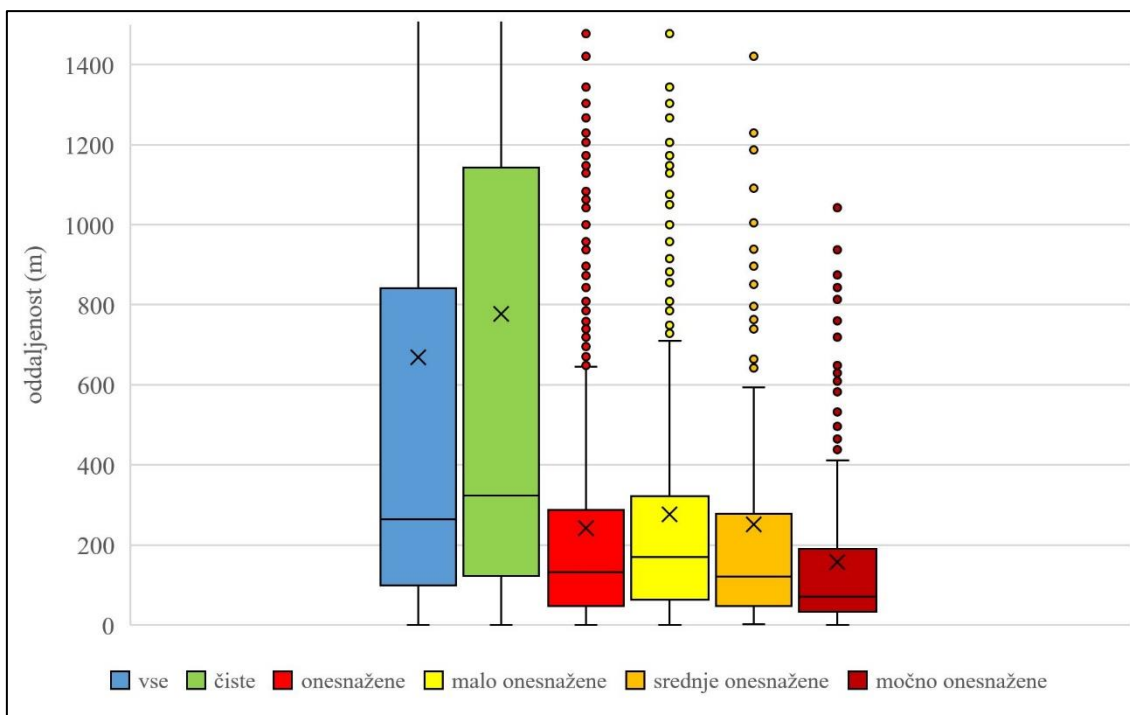
Vplivni dejavnik oddaljenost jame od najbližje ceste obsega vrednosti do 4528,9 m. Razpon posamezne kategorije, ki je bila določena na temelju razporeditve deleža jam, obsega 100 enot.

Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili rast deleža čistih jam z večjo oddaljenostjo jam od najbližjih cest, medtem ko je onesnaženih jam največ v kategoriji oddaljenosti jame od najbližjih cest 0–99 m (41,80 ‰) (preglednici 51, 52). Pri stopnji onesnaženosti jam je naraščanje s kategorijami oddaljenosti jame od najbližje ceste značilno za malo onesnažene jame. Srednje onesnažene jame kažejo raznovrstne vrednosti, medtem ko močno onesnažene jame kažejo postopno zmanjšanje deležev s kategorijami oddaljenosti jame od najbližje ceste, z izjemo kategorije oddaljenosti jame od najbližje ceste 600–699 m. Največji deleži onesnaženih jam so sicer v kategoriji oddaljenosti jame od najbližje ceste 0–99 m (34,17–57,93 ‰) in nato upadajo z višjimi kategorijami oddaljenosti jame od najbližje ceste (preglednici 90, 91).

Škatla z brki kaže, da je za vse jame 1. kvartil pri vrednosti 98,4 m, 3. kvartil pa pri vrednosti 841,0 m. Pri čistih jamah je razporeditev znatno višja od razporeditve pri onesnaženih jamah in je 1. kvartil pri 122,1 m ter 3. kvartil pri 1142,3 m, medtem ko je pri onesnaženih jamah 1. kvartil pri 46,6 m, 3. kvartil pa pri 286,9 m. Čiste jame so bolj oddaljene od cest kot onesnažene jame. Stopnja onesnaženosti jam se povečuje z bližino cest (slika 88).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam pri vrednosti $\chi^2 = 505,48$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,27$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da oddaljenost jame od ceste pojasni 7,4 ‰ stanja jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni p ($< 0,01$) (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 67,17$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,16$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da oddaljenost jame od ceste pojasni 2,4 ‰ stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni p ($< 0,01$) (preglednica 24).



Slika 88: Razporeditev jam po oddaljenosti od ceste glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.

6.8 Višinska razlika med jamo in cesto

Vplivni dejavnik višinska razlika med jamo in cesto obsega vrednosti do 1559,1 m. Razpon posamezne kategorije, ki je bila določena na temelju razporeditve deleža jam, obsega deset enot.

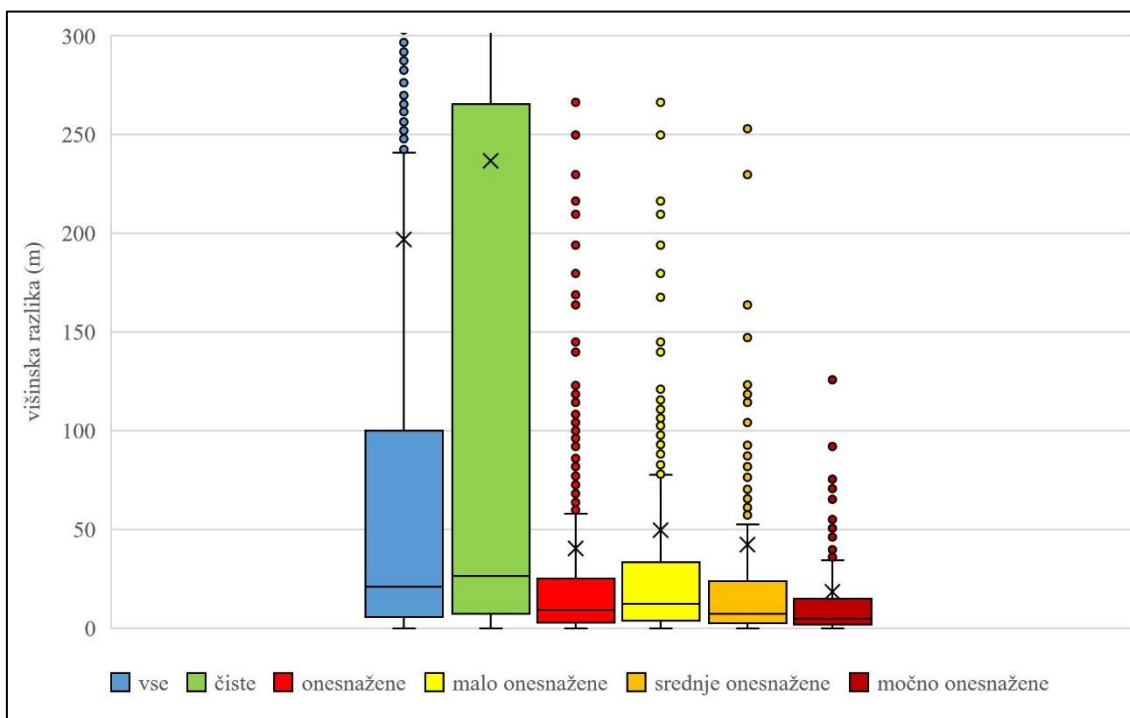
Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili rast deleža čistih jam s povečanjem višinske razlike med jamo in cesto, medtem ko je onesnaženih jam največ v kategoriji višinske razlike 0–9 m (52,37 %) (preglednici 54, 55). Pri stopnji onesnaženosti jam je naraščanje s kategorijami višinske razlike med jamo in cesto značilno za malo onesnažene jame. Srednje onesnažene jame kažejo raznovrstne vrednosti, medtem ko močno onesnažene jame kažejo zmanjšanje deležev s kategorijami višinske razlike med jamo in cesto, z izjemo kategorije 70–79 m. Največji deleži onesnaženih jam so v kategoriji višinske razlike 0–9 m (47,72–68,60 %) in nato upadajo z višjimi kategorijami višinske razlike med jamo in cesto (preglednici 93, 94).

Škatla z brki kaže, da je za vse jame 1. kvartil pri vrednosti 5,7 m, 3. kvartil pa pri vrednosti 99,9 m. Pri čistih jamah je razporeditev znatno višja od razporeditve pri onesnaženih jamah in je 1. kvartil pri 7,2 m ter 3. kvartil pri 265,4 m, medtem ko je pri

onesnaženih jamah 1. kvartil pri 2,7 m, 3. kvartil pa pri 25,1 m. Čiste jame so bolj oddaljene od cest kot onesnažene jame. Stopnja onesnaženosti jam se povečuje z bližino cest (slika 89).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 429,29$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,25$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da višinska razlika med jamo in cesto pojasni 7,4 % stanja jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 78,19$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,17$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da višinska razlika med jamo in cesto pojasni 2,8 % stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 24).



Slika 89: Razporeditev jam po višinskih razlikah med jamo in cesto glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.

6.9 Oddaljenost jame od najbližjega objekta

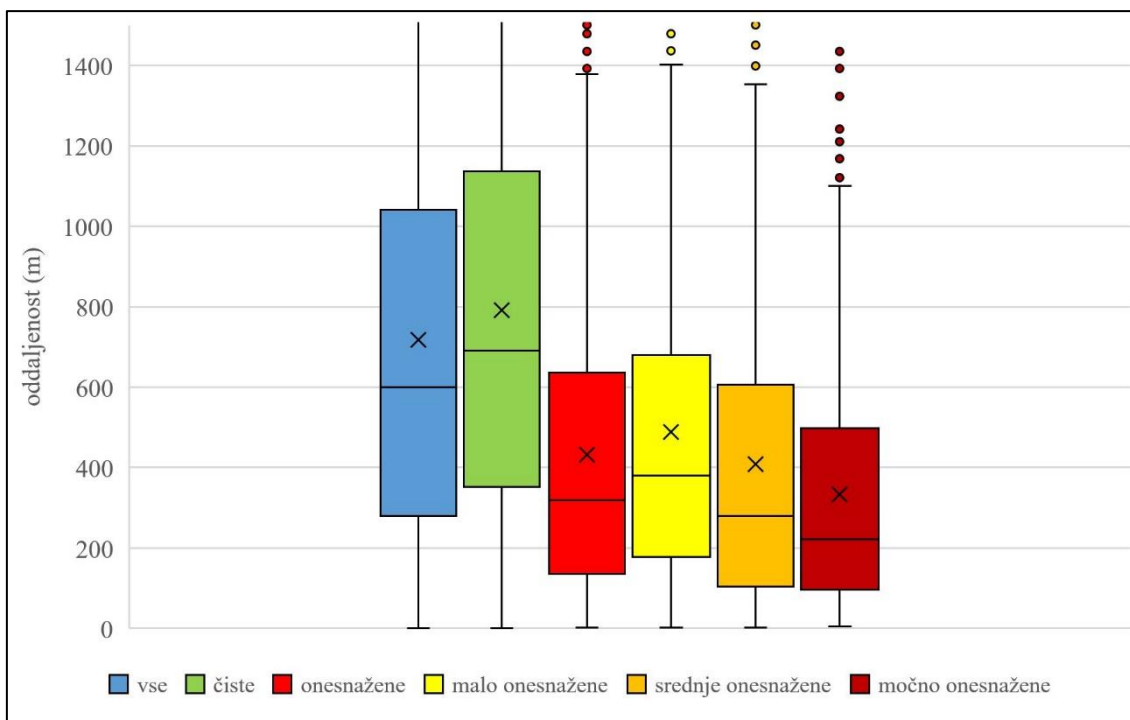
Vplivni dejavnik oddaljenost jame od najbližjega objekta obsega vrednosti med 1,1 m in 3403,3 m. Razpon posamezne kategorije, ki je bila določena na temelju razporeditve deleža jam, obsega 250 enot.

Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili rast deleža čistih jam z večanjem oddaljenosti jam od najbližjega objekta, medtem ko je onesnaženih jam največ v kategoriji oddaljenosti jame od najbližjega objekta 0–249 m (42,88 %) (preglednici 57, 58). Pri stopnji onesnaženosti jam je naraščanje s kategorijami oddaljenosti jame od najbližjega objekta značilno za malo onesnažene jame. Srednje onesnažene jame kažejo raznovrstne deleže, medtem ko močno onesnažene jame kažejo postopno zmanjšanje deleža s kategorijami oddaljenosti jame od najbližjega objekta. Največji deleži onesnaženih jam so sicer v oddaljenosti 0–249 m (35,29–54,88 %) in nato upadajo s kategorijami oddaljenosti jame od najbližjega objekta (preglednici 96, 97).

Škatla z brki kaže, da je 1. kvartil pri vrednosti 280,7 m, 3. kvartil pa pri vrednosti 1040,7 m. Pri čistih jamah je razporeditev znatno višja od razporeditve pri onesnaženih jamah in je 1. kvartil pri 352,2 m ter 3. kvartil pri 1163,6 m, medtem ko je pri onesnaženih jamah 1. kvartil pri 135,6 m, 3. kvartil pa pri 636,2 m. Čiste jame so bolj oddaljene od objektov kot onesnažene jame. Stopnja onesnaženosti jam se povečuje z bližino objektov (slika 90).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 570,49$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,29$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da oddaljenost jame od najbližjega objekta pojasni 8,3 % stanja jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 58,05$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,14$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da oddaljenost jame od najbližjega objekta pojasni 2,1 % stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 24).



Slika 90: Razporeditev oddaljenosti jam od objektov glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.

6.10 Število prebivalcev v okolici jame

Vplivni dejavnik število prebivalcev v okolici jame (polmer 1000 m od vhoda v jamo) obsega vrednosti do 8659 prebivalcev. Razpon posamezne kategorije, ki je bila določena na temelju razporeditve deleža jam, obsega deset enot.

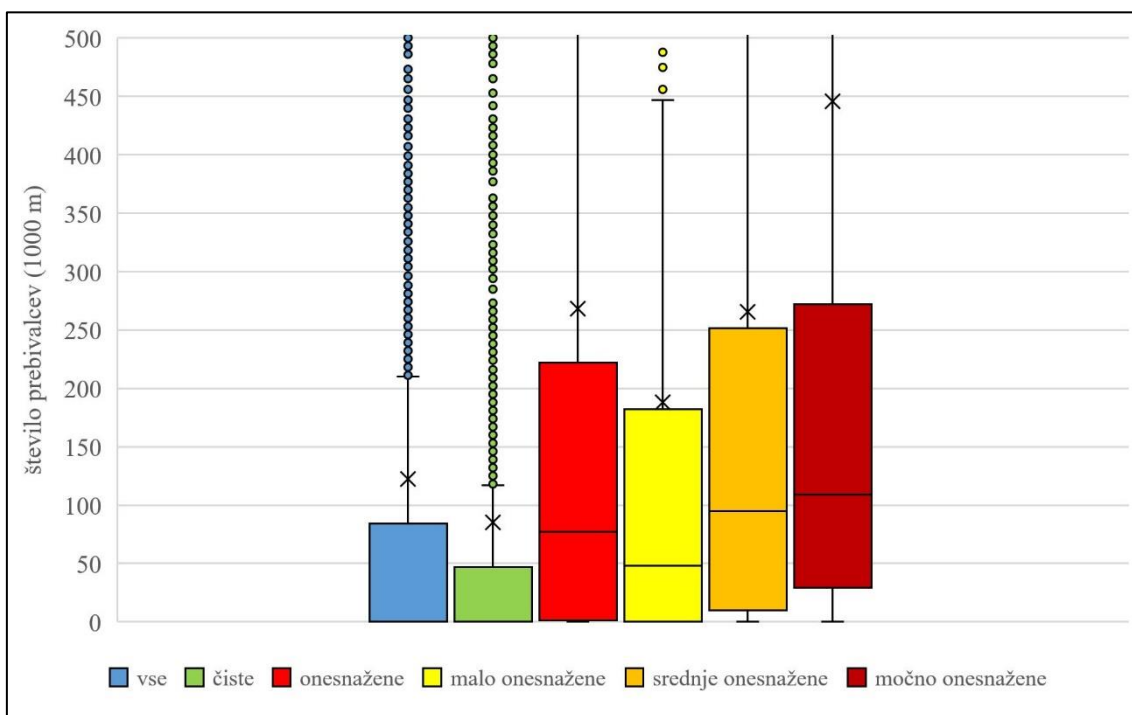
Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili upad deleža čistih jam s povečanjem števila prebivalcev v okolici jam, medtem ko je onesnaženih jam največ v kategoriji števila prebivalcev v okolici jame več kot 80 prebivalcev (49,57 %) (preglednici 60, 61). Pri stopnji onesnaženosti jam je upadanje s kategorijami števila prebivalcev v okolici jame značilno za malo onesnažene jame. Srednje in močno onesnažene jame kažejo raznovrstne vrednosti. Največji deleži onesnaženih jam so v kategoriji števila prebivalcev v okolici jame več kot 80 prebivalcev (42,58–60,37 %) in nato upadajo z nižjimi kategorijami števila prebivalcev v okolici jame (preglednici 99, 100).

Škatla z brki kaže, da je 1. kvartil pri vrednosti 0 prebivalcev, 3. kvartil pa pri vrednosti 84 prebivalcev. Pri čistih jamah je razporeditev znatno manjša od razporeditve pri onesnaženih jamah in je 1. kvartil pri 0 prebivalcih, 3. kvartil pa 17 prebivalcih, medtem ko je pri onesnaženih jamah 1. kvartil pri 0 prebivalcih, 3. kvartil pa pri 222 prebivalcih.

Čiste jame imajo v okolici manj prebivalcev kot onesnažene jame. Stopnja onesnaženosti jam se povečuje s povečevanjem števila prebivalcev v okolici jame (slika 91).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 659,54$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,31$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da število prebivalcev v okolici jame pojasni 9,6 % stanja jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 48,99$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,13$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da število prebivalcev v okolici jame pojasni 1,8 % stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (0,01)$ (preglednica 24).



Slika 91: Razporeditev števila prebivalcev v okolici jam glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.

6.11 Zmogljivost odpadkov v občini

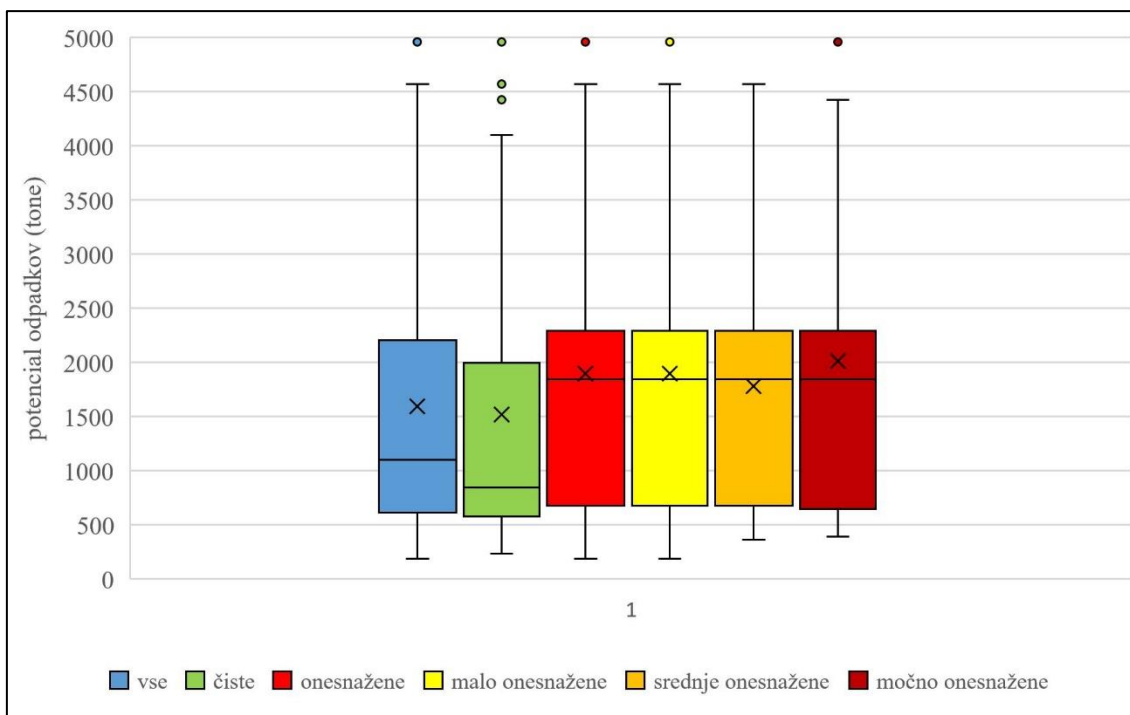
Vplivni dejavnik zmogljivost odpadkov v občini obsega vrednosti med 188 t in 40.129 t odpadkov. Razpon posamezne kategorije, ki je bila določena na temelju razporeditve deleža jam, obsega 500 enot.

Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili upad deleža čistih jam z višanjem zmogljivosti odpadkov, medtem ko je onesnaženih jam največ v kategoriji zmogljivosti odpadkov 500–999 t (27,84 %) (preglednici 63, 64). Pri stopnji onesnaženosti jam malo onesnažene jame, srednje in močno onesnažene jame kažejo raznovrstne vrednosti. Največji deleži onesnaženih jam so v kategoriji zmogljivosti odpadkov 500–999 t (24,71–29,88 %) (preglednici 102, 103).

Škatla z brki kaže, da je za vse jame 1. kvartil pri vrednosti 611 t, 3. kvartil pa pri vrednosti 2203 t. Pri čistih jamah je razporeditev malce manjša od razporeditve pri onesnaženih jamah in je 1. kvartil pri 574 t ter 3. kvartil pri 1992 t, medtem ko je pri onesnaženih jamah 1. kvartil pri 674 t, 3. kvartil pa pri 2291 t. Čiste jame imajo v okolici manjšo zmogljivost odpadkov v občinah kot onesnažene jame. Stopnja onesnaženosti jam ni odvisna od zmogljivosti odpadkov v občinah (slika 92).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 206,90$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,17$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da zmogljivost odpadkov v občini pojasni 3,0 % stanja jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 14,32$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,07$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da zmogljivost odpadkov v občini pojasni 0,5 % stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično neznačilen na ravni $p (0,57)$ (preglednica 24).



Slika 92: Razporeditev zmogljivosti odpadkov v okolici jam glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.

6.12 Oddaljenost jame od najbližjega divjega odlagališča

Vplivni dejavnik oddaljenost jame od najbližjega divjega odlagališča obsega vrednosti med 2,4 m in 8638,8 m. Razpon posamezne kategorije, ki je bila določena na temelju razporeditve deleža jam, obsega 250 enot.

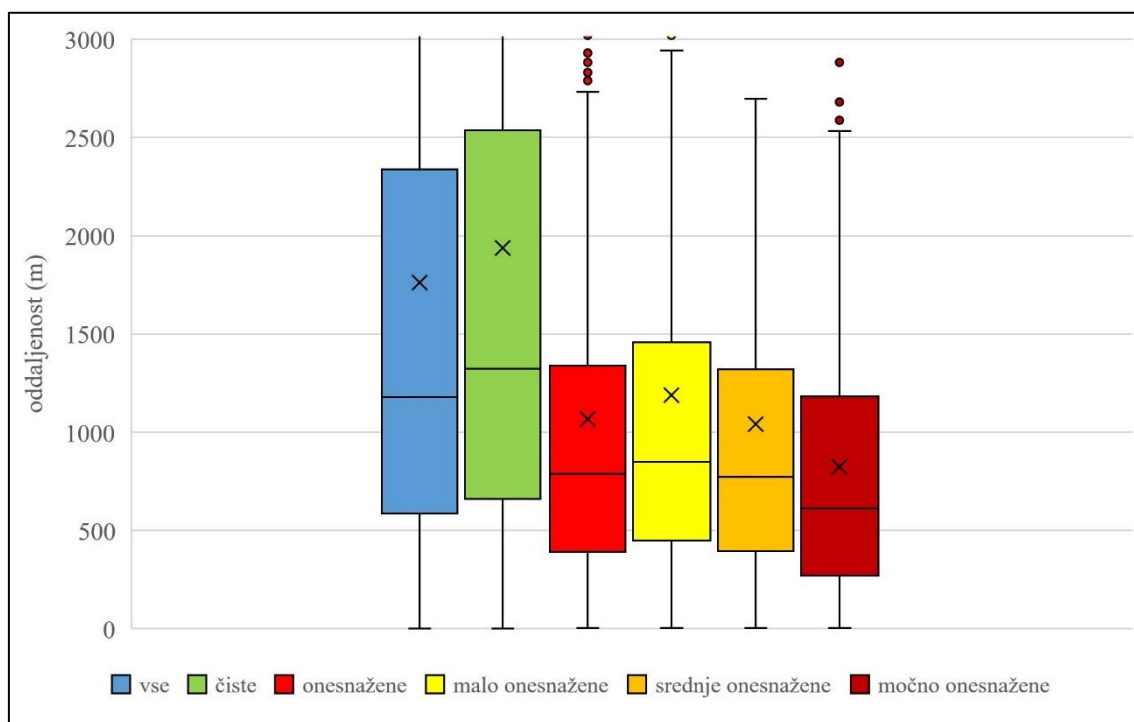
Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili rast deleža čistih jam z večanjem oddaljenosti jam od najbližjega divjega odlagališča, medtem ko je onesnaženih jam največ v kategoriji oddaljenosti jam od najbližjega divjega odlagališča 250–499 m (18,92 %) (preglednici 66, 67). Pri stopnji onesnaženosti jam je naraščanje s kategorijami oddaljenosti jame od najbližjega divjega odlagališča značilno za malo onesnažene jame. Srednje onesnažene jame imajo raznovrstne vrednosti, medtem ko močno onesnažene jame upadajo s kategorijami oddaljenosti jame od najbližjega divjega odlagališča, z izjemo kategorije 1250–1499 m. Največji deleži onesnaženih jam so v kategoriji oddaljenosti jame od najbližjega divjega odlagališča 250–499 m (17,93–20,21 %), in nato upadajo z oddaljenostjo divjih odlagališč (preglednici 105, 106).

Škatla z brki kaže, da je 1. kvartil pri vrednosti 588,2 m, 3. kvartil pri vrednosti 2338,5 m. Pri čistih jamah je razporeditev precej večja od razporeditve pri onesnaženih jamah in

je 1. kvartil pri 660,2 m ter 3. kvartil pri 2537,9 m, medtem ko je pri onesnaženih jamah 1. kvartil pri 392,8 m, 3. kvartil pa pri 1338,1 m. Čiste jame so bolj oddaljene od divjih odlagališč kot onesnažene jame. Stopnja onesnaženosti jam se povečuje z bližino divjih odlagališč (slika 93).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 365,47$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,23$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da oddaljenost jame od najbližjega divjega odlagališča pojasni 5,3 % stanja jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 44,38$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,13$, kar na temelju C_{CR}^2 pomeni, da oddaljenost jame od najbližjega divjega odlagališča pojasni 1,6 % stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (0,02)$ (preglednica 24).



Slika 93: Razporeditev oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.

6.13 Število divjih odlagališč v okolici jame

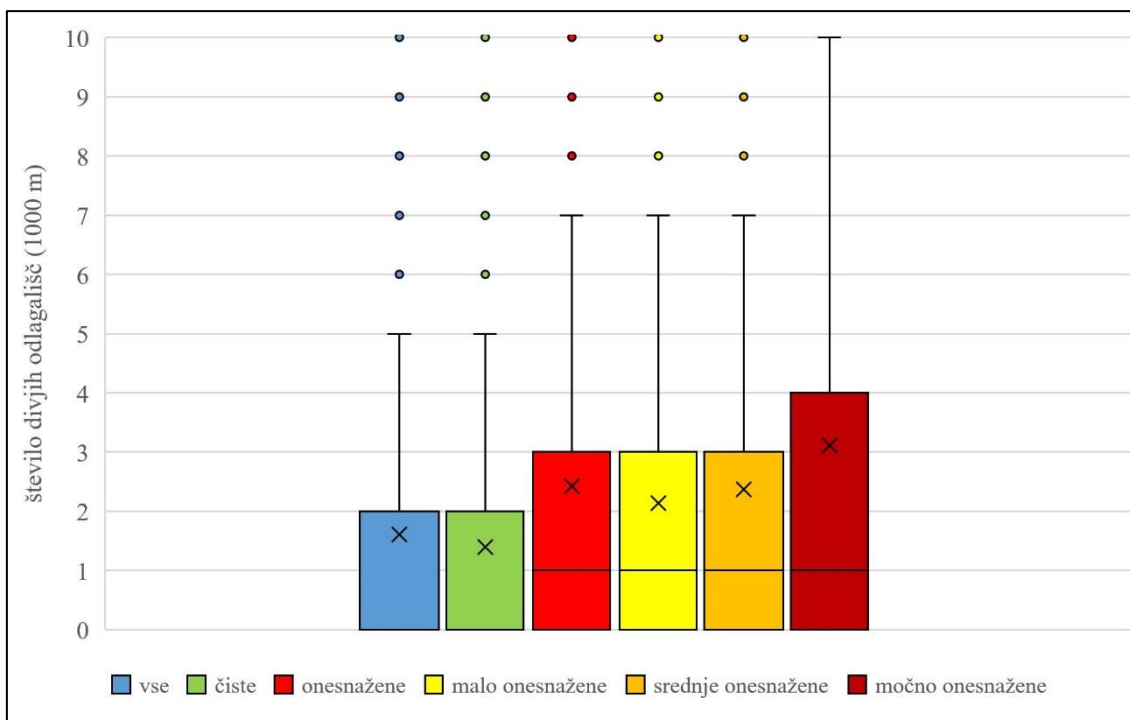
Vplivni dejavnik število divjih odlagališč v okolici jame (v polmeru 1000 m od vhoda v jamo) obsega vrednosti do 57 divjih odlagališč. Razpon posamezne kategorije, ki je bila določena na temelju razporeditve deleža jam, obsega eno enoto.

Iz razporeditve stanja jam smo ugotovili upad deleža čistih jam z večanjem števila divjih odlagališč v okolici jame, medtem ko je onesnaženih jam največ v kategoriji števila divjih odlagališč v okolici jame 0–0,9 divjih odlagališč (39,66 %) (preglednici 69, 70). Pri stopnji onesnaženosti jam je enakomerna razporeditev kategorij števila divjih odlagališč v okolici jame značilna za malo onesnažene jame. Srednje in močno onesnažene jame imajo raznovrstne vrednosti. Največji deleži onesnaženih jam so v kategoriji števila divjih odlagališč v okolici jam 0–0,9 divjih odlagališč (31,71–43,00 %) in nato upadajo z naraščanjem števila divjih odlagališč v okolici jame (preglednici 108, 109).

Škatla z brki kaže, da je za vse jame 1. kvartil pri vrednosti 0 divjih odlagališč, 3. kvartil pa pri vrednosti 2 divjih odlagališč. Pri čistih jamah je razporeditev manjša od razporeditve pri onesnaženih jamah in je 1. kvartil pri vrednosti 0 divjih odlagališč ter 3. kvartil pri vrednosti 2 divjih odlagališč, medtem ko je pri onesnaženih jamah 1. kvartil pri vrednosti 0 divjih odlagališč, 3. kvartil pa pri vrednosti 3 divjih odlagališč. Čiste jame imajo v okolici manj odlagališč odpadkov kot onesnažene jame. Stopnja onesnaženosti jam se povečuje s povečevanjem števila divjih odlagališč v okolici jam (slika 94).

Cramerjev koeficient korelacije za stanje jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 229,41$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,18$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da število divjih odlagališč v okolici jame pojasni 3,3 % stanja jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (< 0,01)$ (preglednica 23).

Cramerjev koeficient korelacije za stopnjo onesnaženosti jam kaže pri vrednosti $\chi^2 = 26,83$ stopnjo povezanosti $C_{CR} = 0,10$. To na temelju C_{CR}^2 pomeni, da število divjih odlagališč v okolici jame pojasni 1,0 % stopnje onesnaženosti jam, rezultat pa je statistično pomemben na ravni $p (0,04)$ (preglednica 24).



Slika 94: Razporeditev števila divjih odlagališč v okolici jam glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.

6.14 Vplivni dejavniki na stanje jam

Na temelju statističnih analiz, ugotavljamo, da analizirani dejavniki zelo različno vplivajo na stanje jam v Sloveniji. Stanje jam najbolj opiše število prebivalcev v okolici jame, saj s povečanjem števila prebivalcev narašča tudi delež onesnaženih jam. Rezultat je pričakovan, saj prebivalstvo ustvarja odpadke, ki jih je na kraških območjih odmetavalo tudi v jame. Višji delež onesnaženih jam na območjih z malo prebivalci pripisujemo onesnaženosti jam v oddaljenih območjih, kamor so odpadke prepeljali, ali pa gre za manj onesnažene jame. Podobno velja za dejavnik oddaljenost jam od objektov, saj so ti večinoma povezani s poselitvijo prebivalstva ali pa vsaj občasnim zadrževanjem prebivalstva v okolici teh objektov, kot so kmetijski ali gospodarski objekti. Pomemben dejavnik je nadmorska višina vhoda, kjer je delež onesnaženih jam večji na nižjih nadmorskih višinah. To je povezano z gostejšo poselitvijo na nižjih območjih, obenem pa tudi z večjim številom čistih jam v visokogorju, ki so čiste predvsem zaradi slabe dostopnosti. Med pomembnejše dejavnike uvrščamo še oddaljenost jam od cest. Ceste namreč omogočajo dovoz in odlaganje večjih količin odpadkov.

vplivni dejavnik	enota	χ^2	C_{CR}	C_{CR}^2	p-vrednost
nadmorska višina vhoda	m	508,96	0,27	0,07	< 0,01
poškodovanost jame	ne/da	492,55	0,27	0,07	< 0,01
tip vhoda	vodoraven/ navpičen	6,12	0,03	0,00	0,01
velikost vhoda	m ²	3,92	0,02	0,00	0,86
naklon površja v okolici jame	°	116,65	0,13	0,02	< 0,01
položaj jame glede na cesto	pod/nad	76,13	0,11	0,01	< 0,01
oddaljenost jame od najbližje ceste	m	505,48	0,27	0,07	< 0,01
višinska razlika med jamo in cesto	m	429,29	0,25	0,06	< 0,01
oddaljenost jame od najbližjega objekta	m	570,49	0,29	0,08	< 0,01
število prebivalcev v okolici jame	število prebivalcev	659,54	0,31	0,10	< 0,01
zmogljivost odpadkov v občini	t	206,90	0,17	0,03	< 0,01
oddaljenost jame od najbližjega divjega odlagališča	m	365,47	0,23	0,05	< 0,01
število divjih odlagališč v okolici jame	število odlagališč	229,41	0,18	0,03	< 0,01

Preglednica 23: Cramerjevi koeficienti (C_{CR}) povezanosti med stanjem jam ter trinajstimi vplivnimi dejavniki. Rdeča barva označuje dejavnike z večjim vplivom, zelena pa dejavnike z manjšim vplivom.

6.15 Vplivni dejavniki in stopnja onesnaženosti jam

S statističnimi analizami smo ugotovili, da dejavniki precej manj vplivajo na stopnjo onesnaženosti jam v Sloveniji kot na stanje jam. Jame z navpičnim vhomom so namreč bolj onesnažene. Nepričakovano pa na stopnjo onesnaženosti jam najbolj vpliva dejavnik tip vhoda. Rezultat sicer dobro pojasnjuje izkušnje jamarjev, da so najbolj onesnažena vhodna brezna jam, v katere je mogoče odložiti večje količine odpadkov. Odlaganje odpadkov v brezna je bilo poleg razpoložljivega prostora verjetno najpogostejše tudi zaradi dejstva, da tu odpadki niso bili vidni. Pomembna je tudi višinska razlika med jamo in cesto, ki nakazuje, da neposredna bližina cest močno vpliva na stopnjo onesnaženosti jam. Podobno velja za oddaljenost jame od najbližje ceste. Oddaljenost jame od najbližjega objekta ter število prebivalcev v okolici jame pa sta manj pomembna za stopnjo onesnaženosti jam kot za njihovo stanje, kar nakazuje, da so ob dostopnih cestah zunaj naselij nastala večja odlagališča odpadkov.

vplivni dejavnik	enota	χ^2	C _{CR}	C _{CR} ²	p-vrednost
nadmorska višina vhoda	m	45,45	0,13	0,02	0,01
poškodovanost jame	ne/da	5,82	0,06	0,00	0.05
tip vhoda	vodoraven/ navpičen	58,42	0,21	0,04	< 0,01
velikost vhoda	m ²	45,51	0,13	0,02	0,01
naklon površja v okolici jame	°	48,60	0,13	0,02	< 0,01
položaj jame glede na cesto	pod/nad	0,63	0,02	0,00	0.73
oddaljenost jame od najbližje ceste	m	67,17	0,16	0,02	< 0,01
višinska razlika med jamo in cesto	m	78,19	0,17	0,03	< 0,01
oddaljenost jame od najbližjega objekta	m	58,05	0,14	0,02	< 0,01
število prebivalcev v okolici jame	število prebivalcev	48,99	0,13	0,02	0,01
zmogljivost odpadkov v občini	t	14,32	0,07	0,01	0.57
oddaljenost jame od najbližjega divjega odlagališča	m	44,38	0,13	0,02	0,02
število divjih odlagališč v okolici jame	število odlagališč	26,83	0,10	0,01	0.04

Preglednica 24: Cramerjevi koeficienti (C_{CR}) povezanosti med stopnjo onesnaženosti jam ter trinajstimi vplivnimi dejavniki. Rdeča barva označuje dejavnike z večjim vplivom, zelena pa dejavnike z manjšim vplivom.

7 MODEL ZA NAPOVEDOVANJE ONESNAŽENOSTI JAM

Model za napovedovanje onesnaženosti jam (model NOJ) smo ustvarili na temelju podatkov iz arhivskega gradiva za lažje predvidevanje onesnaženosti jam, ko ta s terenskim pregledom še ni potrjena.

7.1 Izdelava modela NOJ

V model NOJ smo vključili vplivne dejavnike, ki najbolje opredeljujejo onesnaženost in stopnjo onesnaženosti jam. Izbrali smo osem dejavnikov: 1) nadmorska višina vhoda, 2) tip vhoda, 3) velikost vhoda, 4) naklon površja v okolici jame, 5) oddaljenost jame od najbližje ceste, 6) višinska razlika med jamo in cesto, 7) oddaljenost jame od najbližjega objekta ter 8) število prebivalcev v okolici jame. Število dejavnikov smo prilagodili lažji primerljivosti raziskave v mednarodnem okolju oziroma dostopnosti podatkov, zato smo izločili dejavnike kot so poškodovanost jame, zmogljivost odpadkov v občini, oddaljenost jame od najbližjega divjega odlagališča in število divjih odlagališč v okolici jame. Položaj jame glede na cesto nima pomembnega vpliva. Z izborom osmih vplivnih naravno- in družbenogeografskih dejavnikov smo omogočili široko uporabo in prenos modela v mednarodno okolje.

Model smo izdelali v programskem okolju *Weka 3.8.4.*, ki je zbirka najsodobnejših algoritmov strojnega učenja. Modularna sestava omogoča hitro uporabo učnih metod ter podporo procesu poskusnega rudarjenja podatkov. Postopek obsega pripravo vhodnih podatkov, statistično ocenjevanje učnih shem ter upodobitev vhodnih podatkov in rezultatov strojnega učenja (Frank in sodelavci 2009, 1269; Hall in sodelavci 2009, 10; Arora in Suman 2012, 21; Witten in sodelavci 2017).

Pri izdelavi modela NOJ smo uporabili metodo odločitvenih dreves oziroma klasifikacijski algoritem J48. Ta temelji na algoritmu C4.5, ki je eden izmed najpogostejših algoritmov pri rudarjenju podatkov. Metoda J48 ustvarja modele z jasnimi pravili, ki jih prikazuje v obliki odločitvenih dreves. Model razvršča vplivne dejavnike tako, da zadosti največjemu številu pravilno razvrščenih vrednosti z najmanjšim številom listov, velikostjo odločitvenega drevesa ter številom ravni (Quinlan 1993; Arora in Suman 2012, 22; Matos 2015, 40; Witten in sodelavci 2017, 558).

V rudarjenju podatkov je bila vključena baza 6861 jam, od tega 5471 čistih jam oziroma 78,5 % vseh ter 1390 onesnaženih jam oziroma 20,0 % vseh. Uporaba dejanskih vrednosti vplivnih dejavnikov je omogočila izračun mejnih vrednosti na odločitvenem drevesu. Podatke smo za obdelavo v programu *Weka* 3.8.4 « pretvorili iz preglednic programa *Excel* v format *.arff z brezplačnim programskim paketom »*Excel to Arff Converter*«. Za izračun smo uporabili algoritem J48. Uporaba ukazov je predstavljena v prilogi 4.

7.2 Rezultati modela NOJ

Z uporabo algoritma J48 smo ovrednotili osem dejavnikov, ki najbolj vplivajo na onesnaženost jam. Zahtevnost odločitvenega drevesa smo zmanjševali s povečevanjem vrednosti najmanjšega števila enot. Osnovni rezultati vrednotenja so v preglednici 25.

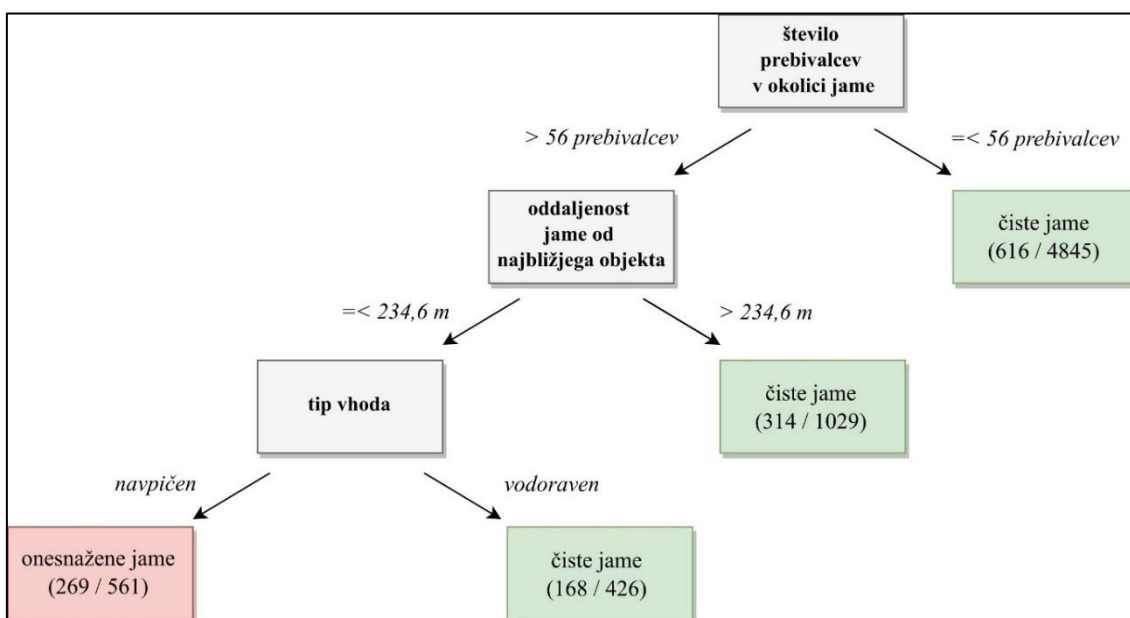
#	število jam	število listov	velikost drevesa	število ravni	delež pravilno razvrščenih vrednosti (%)	delež nepravilno razvrščenih vrednosti (%)
1	2	37	73	12	79,65	20,35
2	5	31	61	10	79,57	20,43
3	10	21	41	10	79,80	20,20
4	20	16	31	8	79,78	20,22
5	25	13	25	7	79,84	20,16
6	50	9	17	5	80,00	20,00
7	75	9	17	5	79,99	20,01
8	100	9	17	5	79,83	20,17
9	125	7	13	5	79,78	20,22
10	150	6	11	5	79,96	20,04
11	175	6	11	5	79,86	20,14
12	200	5	9	4	79,89	20,11
13	250	5	9	4	79,70	20,30
14	300	4	7	3	79,30	20,70
15	350	4	7	3	79,29	20,71
16	400	4	7	3	79,49	20,51
17	450	4	7	3	79,55	20,45
18	500	1	1	1	79,51	20,49

Preglednica 25: Osnovni rezultati izdelave modela odločitvenega drevesa.

Najbolj ugodne rezultate analize smo pridobili v 14. koraku, ko je bilo v posamezen list vključenih najmanj 300 jam. To je razvidno predvsem iz števila listov, velikosti drevesa in števila ravni, ki jih poda model. Model je zadovoljive rezultate sicer dosegel že v 10. koraku, ko je bilo v posamezen list vključenih najmanj 150 jam, vendar je rezultat modela vplival obsegal relativno malo onesnaženih jam. Rezultati analize so v izpisu programa *Weka* v prilogi 5.

Zanesljivost napovedi je v optimalnem izračunanem modelu dosegla okoli 79,3 %, kar obenem pomeni tudi delež pravilnih napovedi. Napačno je bilo napovedanih okoli 20,7 % vrednosti. Model je dosegel veliko večjo natančnost pri čistih jamah.

Model ima tri ravni in štiri liste, velikost drevesa pa ima sedem enot. Model najprej izloči območja na temelju števila prebivalstva v polmeru 1000 m od jam. Če je v okolici jame manj kot 56 prebivalcev, je jama čista. Če je v okolici jame več kot 56 prebivalcev, model v naslednji del odločitvenega drevesa vključi vplivni dejavnik oddaljenost jame od objekta. Če je jama od objekta oddaljena več kot 234,6 m, je predvidoma čista. Če je jama oddaljena manj kot 234,6 m od objekta, model v naslednji del odločitvenega drevesa vključi vplivni dejavnik tip vhoda. Jame z vodoravnim vhodom so praviloma čiste, jame z navpičnim vhodom pa onesnažene (slika 95).



Slika 95: Odločitveno drevo za napovedovanje onesnaženosti jam.

Najpomembnejši dejavniki so število prebivalcev v okolici jame, oddaljenost jame od objekta ter tip vhoda. Rezultat je skladen z ugotovitvami predhodnih statističnih analiz. Pri tem izstopa le vplivni dejavnik tip vhoda, ki je glede preteklih analiz pomemben predvsem za opredelitev stopnje onesnaženosti jam.

Pri primerjavi dveh najuspešnejših korakov, ki sta vključevala 150 jam in 300 jam, izpostavljamo sledeče ugotovitve. V analizo je bilo vključenih 5471 čistih jam. Korak s 150 jamami je med čiste jame uvrstil kar 6571 jam (95,8 % vseh oziroma 120,1 % čistih jam), model s 300 jamami pa med čiste jame uvrsti 6300 jam (91,8 % vseh oziroma 115,2

% čistih jam). Korak s 150 jamami je med onesnažene jame uvrstil le 290 jam (4,2 % vseh oziroma 20,9 % onesnaženih jam), model s 300 jamami pa 561 jam (8,2 % vseh oziroma 40,4 % onesnaženih jam).

V nadaljevanju primerjamo dejansko ujemanje napovedi s stanjem jam, opredeljenim pri obdelavi arhivskega gradiva Katastra jam. V modelu s 150 jamami se stanje čistih jam ujema pri 5356 jamah (78,1 % vseh oziroma 97,9 % čistih jam), v modelu s 300 jamami pa pri 5202 jamah (75,8 % vseh oziroma 95,1 % čistih jam). V modelu s 150 jamami se stanje onesnaženih jam ujema pri 175 jamah (2,6 % vseh oziroma 12,6 % onesnaženih jam), v modelu s 300 jamami pa pri 292 jamah (4,3 % vseh oziroma 21,0 % onesnaženih jam). Model s 150 jamami opredeli 115 jam (1,7 % vseh oziroma 2,1 % čistih jam) kot onesnažene, v nasprotju od arhivskih podatkov, kjer so opredeljene kot čiste. Model s 300 jamami opredeli 269 jam (3,9 % vseh oziroma 4,9 % čistih jam) kot onesnažene, v nasprotju od arhivskih podatkov, kjer so opredeljene kot čiste. Model s 150 jamami opredeli 1215 jam (17,7 % vseh oziroma 87,4 % onesnaženih jam) kot čiste, v nasprotju od arhivskih podatkov, kjer so opredeljene kot onesnažene. Model s 300 jamami opredeli 1098 jam (16,0 % vseh oziroma 79,0 % onesnaženih jam) kot čiste, v nasprotju od arhivskih podatkov, kjer so opredeljene kot onesnažene.

Ugotavljamo, da je model za napovedovanje onesnaženosti jam najbolj uspešen pri opredelitvi čistih jam (95,1 %). Zato velja pri preučevanju onesnaženosti jam na posameznih območjih model uporabiti na način, da sprva iz skupne baze z modelom najprej izločimo vse čiste jame, nato pa na preostalem vzorcu opravimo pregled arhivskega gradiva ali terenske raziskave ter s tem potrdimo onesnaženost jam na tem vzorcu. Na ta način lahko raziskavo z visoko stopnjo zaupanja izvedemo veliko hitreje.

V sorodnih raziskavah, ki se ukvarjajo s preučevanjem onesnaženosti zaradi nelegalnih odlagališč odpadkov in kjer so uporabili enako metodologijo odločitvenih dreves v programu *Weka*, smo zasledili naslednje rezultate. Matos (2015, 67) izpostavlja pomen nadmorske višine, oddaljenosti od cest, oddaljenosti od gozdnega roba, gostoto prebivalstva ter bližino železnice. Vplivni dejavnik nadmorske višine se pri izdelavi našega modela pojavlja predvsem pri nižjih vrednostih najmanjšega števila enot ter v nižjih ravneh odločitvenega drevesa, zato nadmorske višine v tem delu raziskave ne moremo izpostaviti kot pomemben dejavnik. Podoben položaj ima v naši raziskavi vplivni dejavnik oddaljenost od cest. Pri tem izpostavljamo veliko večjo vlogo višinske

razlike med jamo in cesto, ki se do vrednosti najmanjšega števila enot 250 jam vedno uvrsti na tretjo raven vplivnih dejavnikov na odločitvenem drevesu, in sicer takoj za oddaljenostjo jame od objektov. Kot že izpostavljeno je najpomembnejši vplivni dejavnik število prebivalcev v okolici jame, kar lahko do neke mere enačimo z dejavnikom gostota prebivalstva kot ga izpostavlja Matos. Vplivni dejavnik oddaljenost od železnic ni bil vključen v izdelavo našega odločitvenega drevesa.

Tu izpostavljamo drugačen pristop raziskave Luja (2019, 267), ki je nelegalno odlaganje odpadkov v Hong Kongu primerjal izključno z dejavnostjo komunalnih služb in odvozom odpadkov. Med vključenimi dejavniki tako izpostavlja: 1) čas zadrževanja tovornjakov na komunalnih odlagališčih, 2) odloženo količino odpadkov, 3) delovnike, ko je izostalo pobiranje odpadkov, 4) število uporabnikov storitev na dan, 5) zmogljivost nalaganja odpadkov, 6) globino odlaganja odpadkov, 7) odloženo količina odpadkov glede na tip komunalnega odlagališča, 8) delež odložene količine odpadkov glede na tip komunalnega odlagališča ter 9) število odlaganj glede na tip komunalnega odlagališča. Podoben pristop bi lahko uveljavili na ravni raziskav onesnaženosti jam zaradi odsotnosti odvoza komunalnih odpadkov, ki je eden glavnih vzrokov pojavljanja nelegalnih odlagališč. Za uspešno izvedbo analiz bi morali opredeliti delovanje komunalnih služb na sklenjenem območju v obdobju po 2. svetovni vojni ter dinamiko odlaganja odpadkov v jamah. Podatki so težko dostopni, saj so razvidni zgolj iz notranje dokumentacije komunalnih služb in zahtevajo podrobnejšo analizo, česar v naši raziskavi, ki je obravnavala onesnaženost jam na ravni pokrajin in Slovenije, nismo izvedli.

8 MODEL ZA PREDNOSTNO SANACIJO ONESNAŽENIH JAM

Model za prednostno sanacijo onesnaženih jam (model PRESOJ) smo ustvarili za pomoč pri odločanju o prihodnjem reševanju problematike onesnaženih jam. Obsega dejavnike, ki pomembno vplivajo na stopnjo obremenjenosti okolja in zahtevnost izvedbe sanacije na temelju merljivih podatkov. V Sloveniji se bomo morali v prihodnosti osredotočiti na najtežje obremenitve okolja z vidika onesnaženih jam, saj je za hitro celostno sanacijo število onesnaženih jam preveliko. Na temelju prenosa vrednosti arhivskih podatkov na raven Slovenije ugotavljamo, da je onesnaženih vsaj 2512 oziroma 20,0 % jam. Model bo pomagal pri ustvarjanju načrtov čiščenja ter odločevalce opremil z orodjem, ki bo omogočalo ovrednotenje onesnaženih kraških jam glede na njihovo prednostno sanacijo.

8.1 Izdelava modela PRESOJ

V model PRESOJ smo vključili glavne okoljske dejavnike z vidika problematike onesnaženosti jam. Upoštevali smo tiste, ki na temelju lastne presoje pomembno vplivajo na obremenjenost jamskega okolja, obremenjenost voda in zavarovanega območja ter zahtevnost sanacije onesnaženih jam. Izbrali smo 1) stopnjo onesnaženosti jame, 2) količino odpadkov, 3) globino odpadkov, 4) starost divjega odlagališča, 5) sestavo odpadkov, 6) tip vhoda, 7) velikost vhoda, 8) tip vodonosnika, 9) oddaljenost od izvira, 10) stopnjo ranljivosti podzemne vode, 11) oddaljenost od najbližje ceste, 12) višinsko razliko med jamo in cesto, 13) vrsto zavarovanega območja, 14) območje Natura 2000 ter 15) režim vodovarstvenega območja. Pomen dejavnikov smo ovrednotili in hierarhično razvrstili z metodo analitičnega hierarhičnega procesa (AHP), ki jo je razvil Thomas L. Saaty (1990; 2008; 2014). Metoda AHP je široko privzeta metoda za sprejemanje zahtevnih odločitev, saj omogoča meritve nedoločljivih meril med dejavniki. Metoda omogoča, da s kvalitativno primerjavo razmerij med posameznimi dejavniki opredelimo pomen posameznega dejavnika v celotnem procesu. Zadnji korak je izračun razmerja skladnosti, ki izmeri doslednost na velikem vzorcu naključnih primerjav. Če je razmerje skladnosti večje kot 10 %, je stopnja zaupanja nizka, zaradi česar je treba proces ponoviti.

Razmerje med dejavnikoma matrike AHP določimo na temelju razmerja med njima, ki ga opredeli na temelju številčnih vrednosti (preglednici 26, 27). Primerjava je vedno dvostranska, zato se ob posamezni vrednosti vedno dodeli tudi njena recipročna vrednost.

številčna vrednost	opis primerjave
1	enakovrednost
2	enakovredna do zmerna prevlada ene spremenljivke
3	zmerna prevlada ene spremenljivke
4	zmerna do močna prevlada ene spremenljivke
5	močna prevlada ene spremenljivke
6	močna do zelo močna prevlada ene spremenljivke
7	zelo močna prevlada ene spremenljivke
8	zelo močna do absolutna prevlada ene spremenljivke
9	absolutna prevlada ene spremenljivke
1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8 ali 1/9	ob prevladi ene spremenljivke nad drugo pridobi druga spremenljivka recipročno vrednost.

Preglednica 26: Razmerje med dejavniki temelji na številčnih vrednostih (prirejeno po Saaty 1990).

Pri izpolnjevanju matrike smo opredelili razmerja med vsemi dejavniki (preglednica 27).

Spremenljivka	A_1	A_2	...	A_n
A_1	1	a_1/a_2	...	a_1/a_n
A_2	a_2/a_1	1	...	a_2/a_n
...			...	
A_n	a_n/a_1	a_n/a_2	...	a_n/a_n

Preglednica 27: Vrednotenje spremenljivk v matriki (prirejeno po Saaty 1990).

Dejavnike smo nato na podlagi lastne presoje združili v vsebinske sklope glede na njihov pomen za prednostno sanacijo onesnaženih jam. V modelu smo preverili tudi razporeditev vrednosti, ki smo jih dodelili onesnaženim jamam, ter prostorsko razporeditev onesnaženih jam, za katere je model predlagal prednostno sanacijo.

8.2 Rezultati modela PRESOJ

Z uporabo matrike AHP smo ovrednotili 15 vplivnih dejavnikov, pomembnih za prednostno sanacijo onesnaženih jam. Vrednotenje v primerjalni matriki je prikazano v preglednici 28. Posamezni vplivni dejavniki se na temelju vrednosti matrike AHP po pomembnosti razvrstijo tako: 1) sestava odpadkov (21,95 %), 2) stopnja onesnaženosti (15,52 %), 3) količina odpadkov (12,89 %), 4) starost divjega odlagališča (10,49), 5) stopnja ranljivosti podzemne vode (9,80 %), 6) tip vodonosnika (6,70 %), 7) oddaljenost od izvira (5,40 %), 8) režim vodovarstvenega območja (4,74 %), 9) vrsta zavarovanega območja (3,44 %), 10) območje Natura 2000 (2,80 %), 11) globina odpadkov (1,73 %), 12) tip vhoda (1,41 %), 13) velikost vhoda (1,16 %), 14) oddaljenost od ceste (1,01 %)

ter 15) višinska razlika med jamo in cesto (0,93 %) (preglednica 29). Razmerje skladnosti primerjav je 9,35 %, kar pomeni, da metoda AHP daje rezultate z zadostno stopnjo zaupanja.

Sestava odpadkov opredeljuje, s kakšnimi snovmi je jama onesnažena, pri čemer pomembnost narašča s stopnjo nevarnosti odpadkov. Stopnja onesnaženosti opredeljuje osnovne kategorije onesnaženosti, pri čemer pomen kazalnika narašča s stopnjo onesnaženosti. Količina odpadkov opredeljuje količino razpoložljivih odpadkov za vnos snovi v podzemne vodonosnike, pomen pa narašča s količino odpadkov. Starost divjega odlagališča opredeljuje dejavnost divjega odlagališča, pomen narašča z mlajšimi obdobji odlaganja odpadkov. Stopnja ranljivosti podzemne vode opredeljuje območja, ki so zaradi onesnaževanja jam bolj ogrožena, pomen pa narašča s stopnjo ranljivosti. Tip vodonosnika opredeljuje prepustnost kamnin za onesnaževanje, pomen narašča z večjo prepustnostjo. Oddaljenost od izvira opredeljuje možnost prenosa onesnažil iz onesnaženih jam v izvire, pomen narašča z bližino izvirov. Režim vodovarstvenega območja opredeljuje varovanje virov pitne vode, pomen pa narašča s stopnjo varovanja. Vrsta zavarovanega območja opredeljuje območja, ki so z naravovarstvenega vidika ključna za ohranjanje naravnih in kulturnih vrednot, pomen pa narašča s stopnjo varovanja. Območja Natura 2000 opredeljuje območja, ki so z naravovarstvenega vidika ključna za ohranitev habitatov, pri čemer je pomembnost odvisna od tega, ali je onesnažena jama na tem območju ali ne. Globina odpadkov opredeljuje, do katere globine so odloženi odpadki v onesnaženi jami, pri čemer zaradi težje sanacije zahtevnost narašča z globino. Tip vhoda opredeljuje način dostopa do odpadkov v onesnaženih jamah, pri čemer so zaradi težje sanacije zahtevnejši navpični vhodi. Velikost vhoda opredeljuje dostop do odpadkov ter možnost iznosa odpadkov, pri čemer so zaradi težje sanacije zahtevnejši manjši vhodi. Oddaljenost od ceste opredeljuje dostop do jame z vidika prenosa odpadkov od jame do ceste, pri čemer je zaradi težje sanacije večja oddaljenost zahtevnejša. Višinska razlika med jamo in cesto opredeljuje dostop do jame z vidika prenosa odpadkov od jame do ceste, pri čemer je zaradi težje sanacije večja oddaljenost zahtevnejša (preglednica 29).

	stopnja onesnaženosti	stopnja onesnaženosti	količina odpadkov	globina odpadkov	starost divjega odlagališča	sestava odpadkov	tip vhoda	velikost vhoda	tip vodnosnika	oddaljenost od izvira	oddaljenost od cestne	višinska razlika med jamo in cesto	vrsta zavarovanega območja	območje Natura 2000	režim vodovarstva venega območja	stopnja ranljivosti podzemne vode
stopnja onesnaženosti	1	1	1	9	2	1/2	9	9	4	5	9	9	7	8	6	3
količina odpadkov	1	1	1	8	1	1/3	9	9	3	4	9	9	6	7	5	2
globina odpadkov	1/9	1/8	1/8	1	1/8	1/9	1	2	1/6	1/5	3	4	1/3	1/2	1/4	1/7
starost divjega odlagališča	1/2	1	8	8	1	1/4	8	9	2	3	9	9	5	6	4	1
sestava odpadkov	2	3	9	9	4	1	9	9	5	6	9	9	8	9	7	4
tip vhoda	1/9	1/9	1	1	1/8	1/9	1	1	1/7	1/6	2	3	1/4	1/3	1/5	1/8
velikost vhoda	1/9	1/9	1/2	1/2	1/9	1/9	1	1	1/8	1/7	1	2	1/5	1/4	1/6	1/9
tip vodnosnika	1/4	1/3	6	6	1/2	1/5	7	8	1	1	8	9	3	4	2	1/2
oddaljenost od izvira	1/5	1/4	5	5	1/3	1/6	6	7	1	1	7	8	2	3	1	1/3
oddaljenost od ceste	1/9	1/9	1/3	1/3	1/9	1/9	1/2	1	1/8	1/7	1	1	1/6	1/5	1/7	1/9
višinska razlika med jamo in cesto	1/9	1/9	1/4	1/4	1/9	1/9	1/3	1/2	1/9	1/8	1	1	1/7	1/6	1/8	1/9
vrsta zavarovanega območja	1/7	1/6	3	3	1/5	1/8	4	5	1/3	1/2	6	7	1	1	1/2	1/5
območje Natura 2000	1/8	1/7	2	2	1/6	1/9	3	4	1/4	1/3	5	6	1	1	1/3	1/6
režim vodovarstvenega območja	1/6	1/5	4	4	1/4	1/7	5	6	1/2	1	7	8	2	3	1	1/4
stopnja ranljivosti podzemne vode	1/3	1/2	7	7	1	1/4	8	9	2	3	9	9	5	6	4	1
seštevek vrstic	6,2734	8,1623	64,0833	11,0333	3,6345	71,8333	80,5000	19,7540	25,6107	86,0000	94,0000	41,0929	49,4500	31,7179	13,0512	
1	0,159403	0,122514	0,140442	0,181269	0,137570	0,125290	0,111801	0,202491	0,195231	0,104651	0,095745	0,170346	0,161780	0,189168	0,229864	
2	0,159403	0,122514	0,124837	0,090634	0,091713	0,125290	0,111801	0,151868	0,156185	0,104651	0,095745	0,146011	0,141557	0,157640	0,153243	
3	0,017711	0,015314	0,015605	0,011329	0,030571	0,013921	0,024845	0,008437	0,007809	0,034884	0,042553	0,008112	0,010111	0,007882	0,010946	
4	0,079701	0,122514	0,124837	0,090634	0,068785	0,111369	0,111801	0,101245	0,117138	0,104651	0,095745	0,121676	0,121335	0,126112	0,076621	
5	0,318806	0,367543	0,140442	0,362538	0,275139	0,125290	0,111801	0,253114	0,234277	0,104651	0,095745	0,194681	0,182002	0,220696	0,306485	
6	0,017711	0,013613	0,015605	0,011329	0,030571	0,013921	0,012422	0,007232	0,006508	0,023256	0,031915	0,006084	0,006741	0,006306	0,009578	
7	0,017711	0,013613	0,007802	0,010070	0,030571	0,013921	0,012422	0,006328	0,005578	0,011628	0,021277	0,004867	0,005056	0,005255	0,008513	
8	0,039851	0,040838	0,093628	0,045317	0,055028	0,097448	0,099379	0,050623	0,039046	0,093023	0,095745	0,073005	0,080890	0,063056	0,038311	
9	0,031881	0,030629	0,078023	0,030211	0,045857	0,083527	0,086957	0,050623	0,039046	0,081395	0,085106	0,048670	0,060667	0,031528	0,025540	
10	0,017711	0,013613	0,005202	0,010070	0,030571	0,006961	0,012422	0,006328	0,005578	0,011628	0,010638	0,004056	0,004044	0,004504	0,008513	
11	0,017711	0,013613	0,003901	0,010070	0,030571	0,004640	0,006211	0,005625	0,004881	0,011628	0,010638	0,003476	0,003370	0,003941	0,008513	
12	0,022772	0,020419	0,046814	0,018127	0,034392	0,055684	0,062112	0,016874	0,019523	0,069767	0,074468	0,024335	0,020222	0,015764	0,015324	
13	0,019925	0,017502	0,031209	0,015106	0,030571	0,041763	0,049689	0,012656	0,013015	0,058140	0,063830	0,024335	0,020222	0,010509	0,012770	
14	0,026567	0,024503	0,062419	0,022659	0,039306	0,069606	0,074534	0,025311	0,039046	0,081395	0,085106	0,048670	0,060667	0,031528	0,019155	
15	0,053134	0,061257	0,109233	0,090634	0,068785	0,111369	0,111801	0,101245	0,117138	0,104651	0,095745	0,121676	0,121335	0,126112	0,076621	

Preglednica 28: Vrednotenje primerjalnih matrik AHP.

Dejavnikom smo na temelju izračunanega pomena AHP arbitrarno pripisali uteži (slika 96). Nova matrika upošteva naraščanje vrednosti za tri različne kategorije in tri različne dodeljene vrednosti posamezne spremenljivke.

	vrednost uteži		
1. kategorija	3	6	9
2. kategorija	2	4	6
3. kategorija	1	2	3

Slika 96: Matrika za dodeljevanje uteži.

V 1. kategoriji so vplivni dejavniki, ki opredeljujejo **obremenjenost jamskega okolja**, in sicer: sestava odpadkov, stopnja onesnaženosti, količina odpadkov, starost divjega odlagališča in stopnja ranljivosti podzemne vode. Tu dodeljene vrednosti posameznih uteži so 3, 6 ali 9.

V 2. kategoriji so vplivni dejavniki, ki opredeljujejo **obremenjenost voda in zavarovanih območij**, in sicer: tip vodonosnika, oddaljenost od izvira, režim vodovarstvenega območja, vrsta zavarovanega območja in območje Natura 2000. Tu dodeljene vrednosti posameznih uteži so 2, 4 ali 6.

V 3. kategoriji so vplivni dejavniki, ki opredeljujejo **zahtevnost sanacije onesnaženih jam**, in sicer: globina odpadkov, tip vhoda, velikost vhoda, oddaljenost od ceste in višinska razlika med jamo in cesto. Tu dodeljene vrednosti posameznih uteži so 1, 2 ali 3.

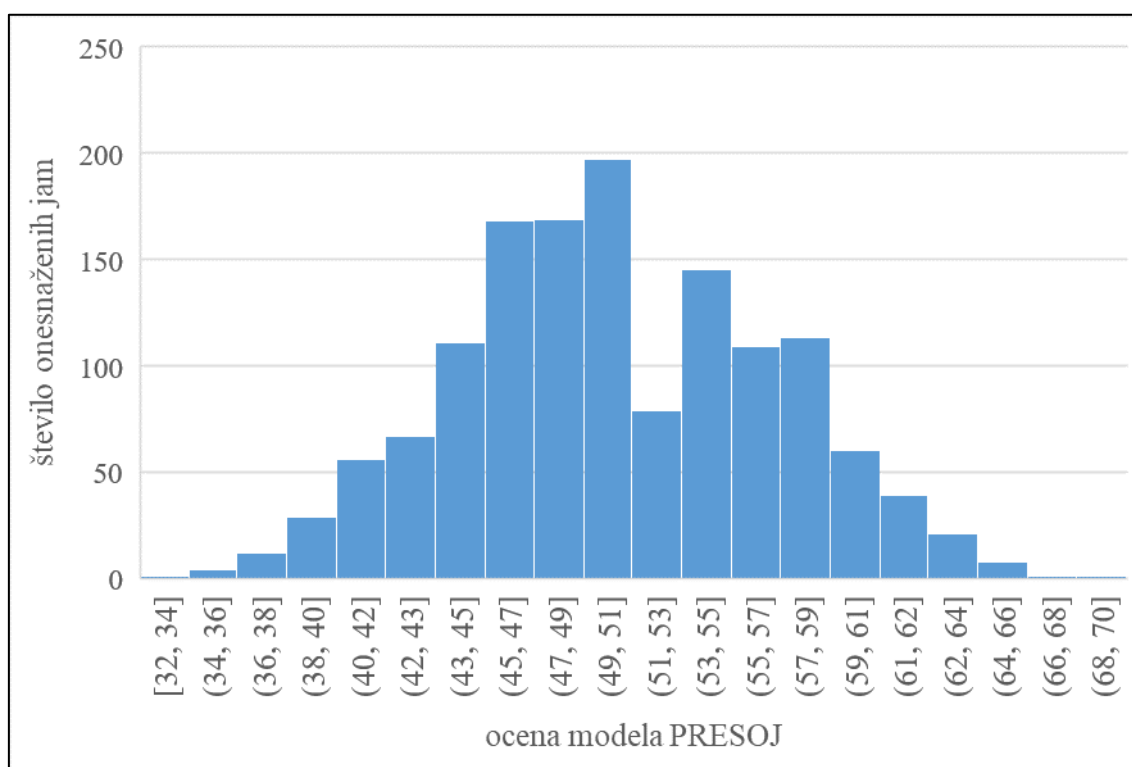
Glede na dejavnike, ki pomembno vplivajo na stopnjo obremenjenosti okolja in zahtevnost izvedbe sanacije, so bili na temelju razporeditev vrednosti podatkov Katastra jam in prostorskih podatkov utežem arbitrarno pripisani tudi posamezni razponi vrednosti (preglednica 29).

		AHP matrika	vrednost	utež	vrednost	utež	vrednost	utež
1. kategorija	sestava odpadkov	21.95 %	samo primarni nenevarni odpadki	3	vse ostale kategorije nenevarnih odpadkov	6	nevarni odpadki	9
	stopnja onesnaženosti	15.52 %	malo onesnažena	3	srednje onesnažena	6	močno onesnažena	9
	količina odpadkov	12.89 %	do 9,9 m ³ odpadkov	3	10–99,9 m ³ odpadkov	6	nad 100 m ³ odpadkov	9
	starost divjega odlagališča	10.49 %	več kot 20 let	3	10–19,9 let	6	0–9,9 let	9
	stopnja ranljivosti podzemne vode	9.80 %	1., 2. in 3. stopnja	3	4. in 5. stopnja	6	6. in 7. stopnja	9
2. kategorija	tip vodonosnika	6.70 %	1., 2., 11. in 12. tip	2	3., 4., 5. in 6. tip	4	7., 8., 9. in 10. tip	6
	oddaljenost od izvira	5.40 %	nad 1000 m	2	500–999 m	4	do 499 m	6
	režim vodovarstvenega območja	4.74 %	4. VVO	2	3. VVO	4	1. in 2. VVO	6
	vrsta zavarovanega območja	3.44 %	naravni spomeniki in spomeniki ohranjene narave	2	krajinski parki in regijski parki	4	narodni parki in naravni rezervati	6
	območje Natura 2000	2.81 %	/	2	da	4	/	6
3. kategorija	globina odpadkov	1.73 %	do 19 m	1	20–49 m	2	nad 50 m	3
	tip vhoda	1.42 %	vodoraven vhod	1	vhod ni definiran	2	navpičen vhod	3
	velikost vhoda	1.16 %	nad 5 m ²	1	1–4,9 m ²	2	do 0,9 m ²	3
	oddaljenost od ceste	1.01 %	do 99 m	1	100–249 m	2	nad 250 m	3
	višinska razlika med jamo in cesto	0.93 %	do 20 m	1	20–49 m	2	nad 50 m	3

Preglednica 29: Podrobna razporeditev posameznih uteži po vplivnih dejavnikih. Z močnejšimi odtenki zelene barve so prikazani bolj pomembni vplivni dejavniki na temelju AHP matrike.

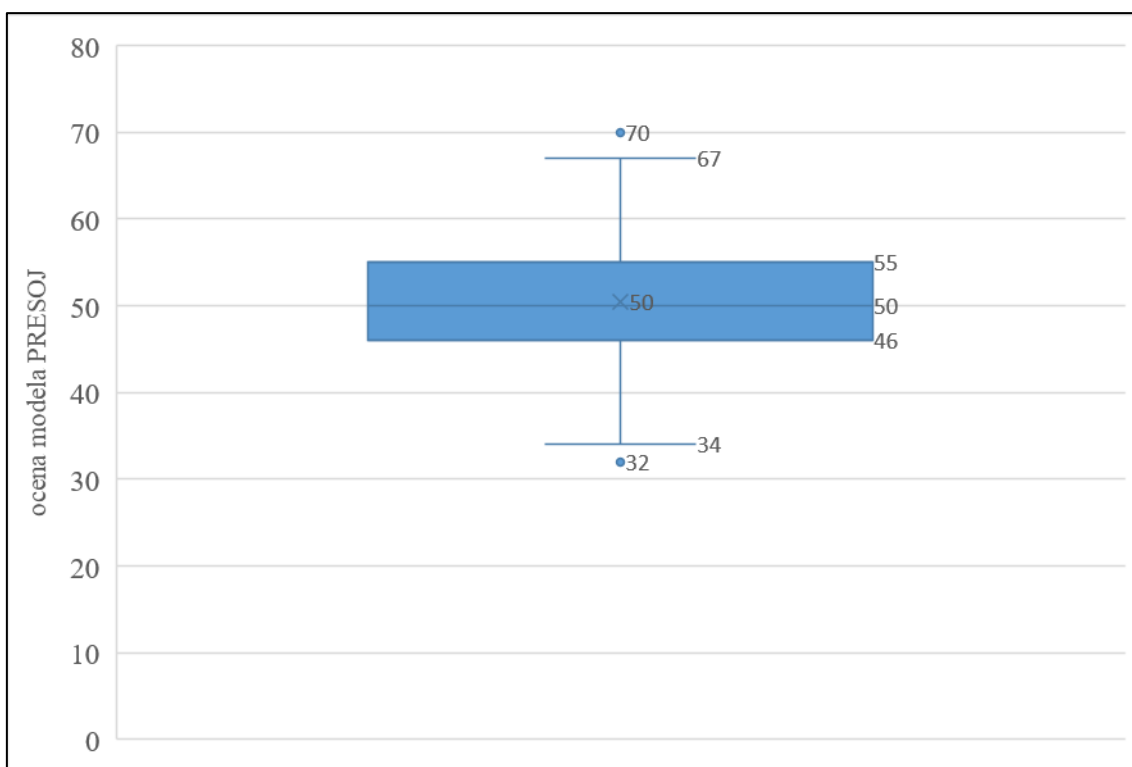
Rezultate smo podali kot seštevek vseh uteži. Najvišja mogoča vrednost, ki opredeljuje najvišjo nujnost sanacije onesnaženih jam, je 88 točk. V 1. kategoriji pridobimo 45 točk, v 2. kategoriji 28 točk in v 3. kategoriji 15 točk. Najnižja možna vrednost, ki opredeljuje najnižjo nujnost sanacije onesnaženih jam, je 24 točk, in sicer: v 1. kategoriji 15 točk, v 2. kategoriji 4 točke, v 3. kategoriji pa 5 točk. Nizke vrednosti v 2. kategoriji kažejo na možnost, da posamezni onesnaženi jami nismo dodelili uteži za vplivne dejavnike režim vodovarstvenega območja, vrsta zavarovanega območja in območje Natura 2000, ker tovrstnih zavarovanih območij tam ni.

Razporeditev vrednosti onesnaženih jam v Sloveniji na temelju modela PRESOJ (slika 97) prikazuje normalno razporeditev rezultatov. Najvišje dodeljene vrednosti za prednostno sanacijo onesnaženih jam dosežejo vrednost 70, najnižje pa vrednost 32. Aritmetična sredina vseh vrednosti je 50,44, medtem ko je mediana 50.



Slika 97: Razporeditev vrednosti onesnaženih jam v Sloveniji na temelju modela PRESOJ.

Podrobnejši vpogled v razporeditev rezultatov omogoča prikaz škatle z brki. Prvi kvartil obsega vrednosti do 46,0, drugi kvartil vrednosti do 50,0, tretji kvartil pa vrednosti do 55,0. Medčetrtnski razmik je enak 9,0. Najmanjše vrednosti v škatli z brki so 32,5, najvišje pa 68,5 (slika 98).



Slika 98: Razporeditev vrednosti modela PRESOJ v škatli z brki.

S primerjavo rezultatov modela PRESOJ za posamezne pokrajine, smo zaznali razlike v obsegu vrednosti (preglednici 30, 31; sliki 99, 100).

Po modelu PRESOJ se preučevane pokrajine glede prednostne sanacije onesnaženih jam na temelju aritmetičnih sredin vrednosti razvrstijo tako: 1) Julijske Alpe, 2) Trnovski gozd, Nanos in Hrušica, 3) Kras, 4) Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje, 5) Pivško podolje in Vremščica, 6) Krmsko hribovje in Menišija, 7) Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje, 8) Koprška brda, 9) Bela krajina, 10) Vipavska dolina, 11) Posavsko hribovje, 12) Suha krajina in Dobropolje, 13) Savska ravan, 14) Dolenjsko podolje, 15) Ložniško in Hudinjsko gričevje, 16) Ribniško-Kočevsko podolje ter 17) Srednjesotelsko gričevje.

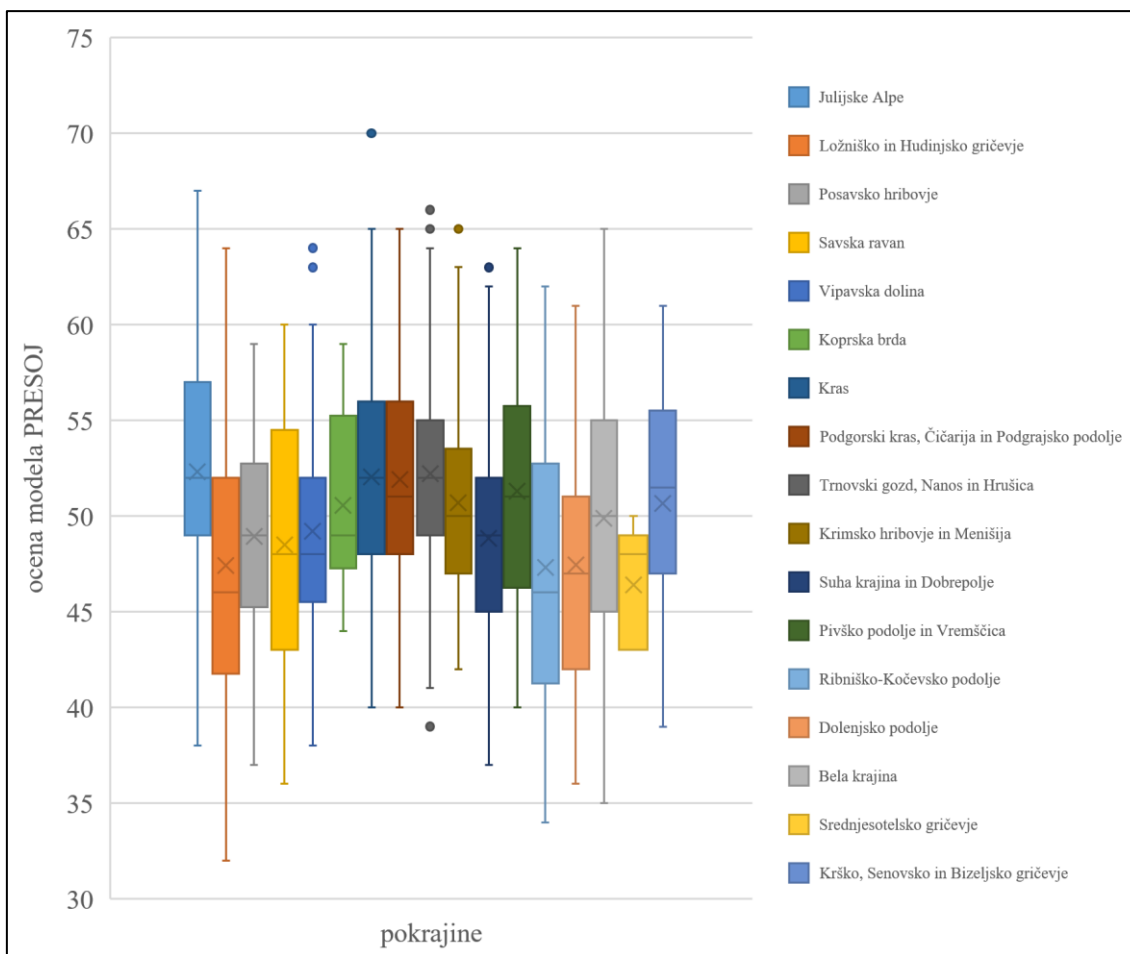
Razporeditev je nepričakovana glede na delež onesnaženosti jam v posameznih pokrajinah. V Julijskih Alpah, kjer je zgolj 6,3 % onesnaženih jam, prevladujejo predvsem visoke vrednosti vplivnih dejavnikov v kategoriji obremenjenost voda in zavarovanih območij ter zahtevnost sanacije. Po drugi strani je v Ložniškem in Hudinjskem gričevju delež onesnaženih jam 57,5 %, v Dolenjskem podolju pa 50 %, kar je nadpovprečno, vendar model te pokrajine obravnava kot manj prednostne zaradi nizkih

vrednosti vplivnih dejavnikov v kategorijah obremenjenost voda in zavarovanih območij ter zahtevnost sanacije.

Nekatere pokrajine kot so na primer Ribniško-Kočevsko podolje, Savska Ravan, Ložniško in Hudinjsko gričevje, Bela krajina, Pivško podolje in Vremščica ter Dolenjsko podolje imajo velik medčetrtnski razmik, kar nakazuje na veliko raznolikost vrednosti prednostne sanacije onesnaženih jam. Na drugi strani imajo pokrajine kot so Trnovski gozd, Nanos in Hrušica, Krmsko hribovje in Menišija, Srednjesotelsko gričevje, Vipavska dolina, Suha krajina in Dobrepolje, Julijske Alpe, Koprška brda, Kras, Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje ter Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje relativno majhen medčetrtnski razmik, kar nakazuje na majhno raznolikost vrednosti prednostne sanacije onesnaženih jam.

	pokrajine	1. kvartil	2. kvartil	3. kvartil	medčetrtnski razmik	najmanjša vrednost	največja vrednost	absolutno najmanjša vrednost	absolutno največja vrednost	aritmetrična sredina	mediana
1	Julijske Alpe	49,00	52,00	57,00	8,00	37,00	69,00	38,00	67,00	52,31	52,00
2	Ložniško in Hudinjsko gričevje	41,75	46,00	52,00	10,25	26,38	67,38	32,00	64,00	47,43	46,00
3	Posavsko hribovje	45,25	49,00	52,75	7,50	34,00	64,00	37,00	59,00	48,93	49,00
4	Savska ravan	43,00	48,00	54,50	11,50	25,75	71,75	36,00	60,00	48,49	48,00
5	Vipavska dolina	45,50	48,00	52,00	6,50	35,75	61,75	38,00	64,00	49,20	48,00
6	Koprška brda	47,25	49,00	55,25	8,00	35,25	67,25	44,00	59,00	50,56	49,00
7	Kras	48,00	52,00	56,00	8,00	36,00	68,00	40,00	70,00	52,04	52,00
8	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	48,00	51,00	56,00	8,00	36,00	68,00	40,00	65,00	51,92	51,00
9	Tnovski gozd, Nanos in Hrušica	49,00	52,00	55,00	6,00	40,00	64,00	39,00	66,00	52,21	52,00
10	Krimsko hribovje in Menišija	47,00	50,00	53,50	6,50	37,25	63,25	42,00	65,00	50,71	50,00
11	Suha krajina in Dobropolje	45,00	49,00	52,00	7,00	34,50	62,50	37,00	63,00	48,83	49,00
12	Pivško podolje in Vremščica	46,25	51,00	55,75	9,50	32,00	70,00	40,00	64,00	51,30	51,00
13	Ribniško-Kočevsko podolje	41,25	46,00	52,75	11,50	24,00	70,00	34,00	62,00	47,31	46,00
14	Dolenjsko podolje	42,00	47,00	51,00	9,00	28,50	64,50	36,00	61,00	47,44	47,00
15	Bela krajina	45,00	50,00	55,00	10,00	30,00	70,00	35,00	65,00	49,89	50,00
16	Srednjesotelsko gričevje	43,00	48,00	49,00	6,00	34,00	58,00	43,00	50,00	46,40	48,00
17	Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje	47,00	51,50	55,50	8,50	34,25	68,25	39,00	61,00	50,67	51,50

Preglednica 30: Osnovni rezultati modela PRESOJ za posamezne pokrajine glede na kvartile. Obarvanost z rdečo barvo opredeljuje pokrajine z višjimi vrednostmi, obarvanost z zeleno barvo pa pokrajine z nižjimi vrednostmi.



Slika 99: Razporeditev vrednosti modela PRESOJ za posamezne pokrajine v škatlah z brki.

V nadaljevanju je predstavljen in ovrednoten seznam stotih onesnaženih jam v Sloveniji, ki so na vrhu seznama prednostne sanacije onesnaženih jam (preglednica 94). Na seznam so se uvrstile jame iz 14 slovenskih pokrajin, in sicer: Julijske Alpe (18), Kras (16), Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje (12), Pivško podolje in Vremščica (10), Krmsko hribovje in Menišija (8), Trnovski gozd, Nanos in Hrušica (8), Suha krajina in Dobropolje (6), Bela krajina (6), Ribniško-Kočevo podolje (5), Ložniško in Hudinjsko gričevje (5), Vipavska dolina (3), Dolenjsko podolje (1), Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje (1) ter Savska ravan (1).

	mesto pokrajine s številom jam med prvih 100 v modelu PRESOJ	število jam med prvih 100 v modelu PRESOJ	mesto pokrajine glede na delež onesnaženih jam	delež onesnaženih jam	mesto pokrajine glede na število onesnaženih jam	število onesnaženih jam	mesto pokrajine glede na delež močno onesnaženih jam	delež močno onesnaženih jam	mesto pokrajine glede na povprečno količino odpadkov na onesnaženo jamo	mesto pokrajine glede na povprečno količino odpadkov na onesnaženo jamo v modelu PRESOJ	povprečna količina odpadkov na onesnaženo jamo v modelu PRESOJ (m ³)	
pokrajina Julijske Alpe	1	18	17	6,3	4	124	16	8,1	16	1,4	13	3,6
	2	16	12	22,7	1	245	6	26,9	7	9,7	5	59,7
Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	3	12	16	11,7	6	98	7	25,5	9	7,1	7	43,3
	4	10	13	22,7	5	104	3	32,7	1	50,6	1	450,7
Tnovski gozd, Nanos in Hrušica	5	8	15	17,7	3	124	9	25,0	8	7,5	6	49,9
Krimsko hribovje in Menišija	6	8	14	19,5	10	69	14	17,4	15	1,5	12	5,4
Suha krajina in Dobropolje	7	6	8	36,3	2	187	12	20,3	11	4,3	8	38,8
Bela krajina	8	6	5	40,3	9	75	2	33,3	4	12,5	9	28,6
Ribniško-Kočevsko podolje	9	5	9	35,8	11	48	10	22,9	3	17,9	3	80,2
Ložniško in Hudinjsko gričevje	10	5	1	57,5	12	42	11	21,4	12	3,5	10	19,1
Vipavska dolina	11	3	7	39,7	14	25	15	16,0	6	10,4	4	66,9
Dolenjsko podolje	12	1	2	50,0	8	75	8	25,3	2	26,0	2	100,0
Savska ravan	13	1	10	34,3	13	37	5	29,7	13	3,2	11	10,0
Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje	14	1	4	50,0	15	24	1	41,7	5	11,4	14	1,0
Koprska brda	15	0	11	25,8	16	16	4	31,3	10	5,7	15	0,0
Posavsko hribovje	16	0	6	40,2	7	92	13	19,6	14	3,0	16	0,0
Srednjesotelsko gričevje	17	0	3	50,0	17	5	17	0,0	17	0,3	17	0,0

Preglednica 31: Primerjava modela PRESOJ in izbranih podatkov o onesnaženosti jam.

Obarvanost z rdečo barvo opredeljuje pokrajine z višjimi vrednostmi, obarvanost z zeleno barvo pa pokrajine z nižjimi vrednostmi.

Pri primerjavi razvrstitve prvih sto jam na seznamu prednostne sanacije jam (rezultat modela PRESOJ) ugotovimo naslednje značilnosti.

Pokrajina Julijske Alpe se uvršča na 1. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, a je glede na delež onesnaženih jam na zadnjem, 17. mestu, glede na število onesnaženih jam na 4. mestu, glede deleža močno onesnaženih jam na 16. mestu ter na 13. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V 18 onesnaženih jamah, uvrščenih na seznam, je povprečno 3,6 m³ odpadkov, vrednosti modela PRESOJ pa so med 60 in 67. Večje število jam na vrhu seznama prednostne sanacije je tako bolj kot od količine odpadkov pogojeno z vplivnimi dejavniki kot so stopnja ranljivosti podzemne vode, tip vodonosnika, oddaljenosti od izvirov, zavarovanega območja, območja Natura 2000 ter oddaljenostjo od ceste in višinsko razliko med jamo in cesto. Na rezultat modela v Julijskih Alpah so vplivali dejavniki obremenjenosti voda in zavarovanih območij ter zahtevnosti sanacije. Večji delež jam v Triglavskem narodnem parku je z visoko stopnjo zavarovanosti, kjer je zaradi oddaljenosti in odročnosti jam sanacija otežena.

Pokrajina Kras se uvršča na 2. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 12. mestu, glede na število onesnaženih jam na 1. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 6. mestu ter na 7. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V 16 onesnaženih jamah, uvrščenih na seznam, je povprečno 59,7 m³ odpadkov, vrednosti modela PRESOJ pa so med 60 in 70. Večje število jam na vrhu seznama prednostne sanacije je pogojeno z vplivnimi dejavniki sestave odpadkov, stopnje onesnaženosti, količine odpadkov, stopnje ranljivosti podzemne vode, tipa vodonosnika, območja Natura 2000 ter tipa vhoda. Na rezultat modela na Krasu so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter obremenjenosti voda in zavarovanih območij. Večji delež močno onesnaženih jam in število onesnaženih jam je v tej pokrajini rezultat razpršene, a goste poselitve ter lahke dostopnosti jam za odlaganje odpadkov.

Pokrajina Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje se uvršča na 3. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 16. mestu, glede na število onesnaženih jam na 6. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 7. mestu ter na 9. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V 12 onesnaženih jamah, uvrščenih na seznam, je povprečno

43,3 m³ odpadkov, vrednosti modela PRESOJ pa so med 60 in 65. Večje število jam na vrhu seznama prednostne sanacije je pogojeno z vplivnimi dejavniki sestave odpadkov, stopnje onesnaženosti, količine odpadkov, starosti divjega odlagališča, stopnje ranljivosti podzemne vode, tipa vodonosnika, območja Natura 2000 ter globine odpadkov. Na rezultat modela na Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter obremenjenosti voda in zavarovanih območij. Pokrajina je razmeroma uravnana, z lahko dostopnostjo jam, ki so v bližini naselij služila za odlagališča odpadkov. Obenem je to območje izjemno pomembno zaradi zagotavljanja kakovostne pitne vode na izviru Rižane, ki zagotavlja vodooskrbo za obalno območje in večji del Koprskih brd. Zaradi tega je večji delež jam zajet v vodovarstvena območja državnega pomena.

Pokrajina Pivško podolje in Vremščica se uvršča na 4. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 13. mestu, glede na število onesnaženih jam na 5. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 3. mestu ter na 1. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V desetih onesnaženih jamah uvrščenih na seznam je povprečno 450,7 m³ odpadkov, vrednosti modela PRESOJ pa so med 60 in 64. Večje število jam na vrhu seznama prednostne sanacije je pogojeno z vplivnimi dejavniki sestave odpadkov, stopnje onesnaženosti, količine odpadkov, starosti divjega odlagališča, stopnje ranljivosti podzemne vode, tipa vodonosnika, oddaljenosti od izvira ter območja Natura 2000. Na rezultat modela v Pivškem podolju in Vremščici so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter obremenjenosti voda in zavarovanih območij. Za pokrajino so značilne močno onesnažene jame v bližini naselij ter njihova dostopnost, k večjemu deležu močno onesnaženih jam pa prispevajo tudi turistične jame, predvsem Postojnski jamski sistem s turistično infrastrukturo. Tovrsten rezultat je povezan tudi z opredelitvijo stanja jam, ki ne izvzema vpliva turističnih jam.

Pokrajina Trnovski gozd, Nanos in Hrušica se uvršča na 5. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 15. mestu, glede na število onesnaženih jam na 3. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 9. mestu ter na 8. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V osmih onesnaženih jamah, uvrščenih na seznam, je povprečno 49,9 m³ odpadkov, vrednosti modela PRESOJ pa so med 60 in 66. Število jam na vrhu seznama prednostne

sanacije je pogojeno z vplivnimi dejavniki sestave odpadkov, stopnje onesnaženosti, količine odpadkov, starosti divjega odlagališča, stopnje ranljivosti podzemne vode, tipa vodonosnika, območja Natura 2000 ter tipa vhoda. Na rezultat modela na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter obremenjenosti voda in zavarovanih območij. Večje število onesnaženih jam je predvsem na območjih razpršene poselitve ter ob cestah in gozdnih cestah, ki omogočajo večjo dostopnost ter s tem onesnaženje jam. Obenem je to območje izjemno pomembno zaradi zagotavljanja kakovostne pitne vode na zavarovanih izviri Mrzleka, Dolge Poljane in Podlipe, ki zagotavljajo vodooskrbo za Vipavsko dolino. Zaradi tega je večji delež jam zajet v vodovarstvena območja občinskega pomena.

Pokrajina Krmsko hribovje in Menišija se uvršča na 6. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 14. mestu, glede na število onesnaženih jam na 10. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 14. mestu ter na 15. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V osmih onesnaženih jamah, uvrščenih na seznam, je povprečno $5,4 \text{ m}^3$ odpadkov, vrednosti modela PRESOJ pa so med 60 in 65. Večje število jam na vrhu seznama prednostne sanacije je pogojeno z vplivnimi dejavniki sestave odpadkov, stopnje onesnaženosti, starosti divjega odlagališča, stopnje ranljivosti podzemne vode, tipa vodonosnika, oddaljenosti od izvira, območja Natura 2000 ter tipa vhoda. Na rezultat modela na Krmskem hribovju in Menišiji so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter obremenjenosti voda in zavarovanih območij. Večje število onesnaženih jam je predvsem v zaledju gosto poseljenih območij, ob gozdnih cestah, ki omogočajo večjo dostopnost ter s tem onesnaženje jam. Obenem je to območje izjemno pomembno zaradi zagotavljanja kakovostne pitne vode na izviru oziroma vrtinah Borovniški vršaj, Virje in Brest, ki zagotavljajo vodooskrbo za naselja na Ljubljanskem barju. Zaradi tega je večji delež jam zajet v vodovarstvena območja državnega pomena.

Pokrajina Suha krajina in Dobropolje se uvršča na 7. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 8. mestu, glede na število onesnaženih jam na 2. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 12. mestu ter na 11. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V šestih onesnaženih jamah, uvrščenih na seznam, je povprečno $38,8 \text{ m}^3$ odpadkov, vrednosti modela PRESOJ pa so med 60 in 63. Število jam na vrhu seznama prednostne

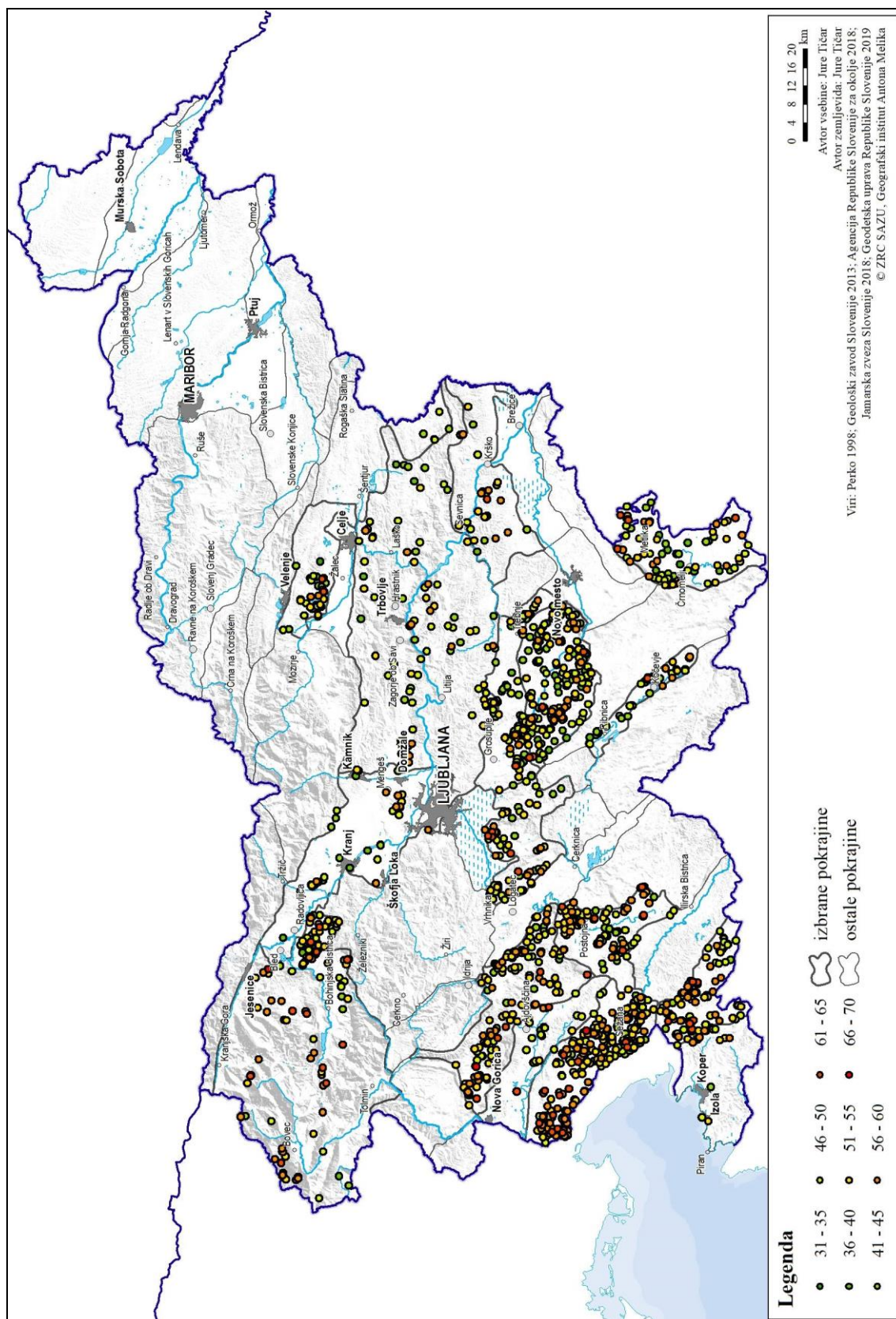
sanacije je pogojeno z vplivnimi dejavniki sestave odpadkov, stopnje onesnaženosti, starosti divjega odlagališča, stopnje ranljivosti podzemne vode, tipa vodonosnika, oddaljenosti od izvira, območja Natura 2000 ter tipa vhoda. Na rezultat modela v Suhi krajini in Dobropolju so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter obremenjenosti voda in zavarovanih območij. Večje število onesnaženih jam je predvsem v bližini strnjeno poseljenih območij. Obenem onesnažene jame ogrožajo zagotavljanje kakovostne pitne vode na izviru Globočec, ki zagotavlja vodooskrbo za zahodni del Suhe krajine.

Pokrajina Bela krajina se uvršča na 8. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 5. mestu, glede na število onesnaženih jam na 9. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 2. mestu ter na 4. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V šestih onesnaženih jamah, uvrščenih na seznam, je povprečno 28,6 m³ odpadkov, vrednosti modela PRESOJ pa so med 60 in 65. Večje število jam na vrhu seznama prednostne sanacije je pogojeno z vplivnimi dejavniki sestave odpadkov, stopnje onesnaženosti, starosti divjega odlagališča, stopnje ranljivosti podzemne vode, tipa vodonosnika, tipa vhoda ter oddaljenosti od ceste. Na rezultat modela v Beli krajini so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter zahtevnost sanacije. Večje število močno onesnaženih jam je predvsem v zaledju naselij nad Črnomaljskim ravnikom.

Pokrajina Ribniško-Kočevsko podolje se uvršča na 9. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 9. mestu, glede na število onesnaženih jam na 11. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 10. mestu ter na 3. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V petih onesnaženih jamah uvrščenih na seznam je povprečno 80,2 m³ odpadkov, vrednosti modela PRESOJ pa so med 60 in 62. Večje število jam na vrhu seznama prednostne sanacije je pogojeno z vplivnimi dejavniki stopnje onesnaženosti, starosti divjega odlagališča, stopnje ranljivosti podzemne vode, tipa vodonosnika ter oddaljenosti od izvira. Na rezultat modela v Ribniško-Kočevskem podolju so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter obremenjenosti voda in zavarovanih območij. Večje število onesnaženih jam je predvsem na obrobju gosto poseljenih območij ter je povezano tudi z odlaganjem jalovine v jamah pri Šalki vasi.

Pokrajina Ložniško in Hudinjsko gričevje se uvršča na 10. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 1. mestu, glede na število onesnaženih jam na 12. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 11. mestu ter na 12. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V petih onesnaženih jamah, uvrščenih na seznam, je povprečno 19,1 m³ odpadkov, vrednosti modela PRESOJ pa so med 60 in 64. Večje število jam na vrhu seznama prednostne sanacije je pogojeno z vplivnimi dejavniki stopnje onesnaženosti, stopnje ranljivosti podzemne vode, tipa vodonosnika, oddaljenosti od izvira, zavarovanega območja ter velikosti vhoda. Na rezultat modela v Ložniškem in Hudinjskem gričevju so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter obremenjenosti voda in zavarovanih območij. Večje število onesnaženih jam je predvsem na obrobju razpršene poselitve. Večji del onesnaženih jam je v Krajinskem parku Ponikovski kras.

Pokrajina Vipavska dolina se uvršča na 11. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 7. mestu, glede na število onesnaženih jam na 14. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 15. mestu ter na 6. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V treh onesnaženih jamah, uvrščenih na seznam, je povprečno 66,9 m³ odpadkov, vrednosti modela PRESOJ pa so med 60 in 64. Večje število jam na vrhu seznama prednostne sanacije je pogojeno z vplivnimi dejavniki starosti divjega odlagališča, stopnje ranljivosti podzemne vode, oddaljenosti od izvira, območja Natura 2000, tipa vhoda ter velikosti vhoda. Na rezultat modela v Vipavski dolini so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter zahtevnost sanacije. V tej pokrajini je sicer malo število onesnaženih jam, ki je predvsem na vzpetih delih Vipavske doline.



Slika 100: Zemljevid razporeditve vrednosti modela PRESOJ za posamezne pokrajine.

Pokrajina Dolenjsko podolje se uvršča na 12. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 2. mestu, glede na število onesnaženih jam na 8. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 8. mestu ter na 2. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V eni onesnaženih jami je 100,0 m³ odpadkov, vrednosti modela PRESOJ pa so je 61. Uvrstitev na vrh seznama prednostne sanacije je pogojena z vplivnimi dejavniki stopnje onesnaženosti, stopnje ranljivosti podzemne vode, tipa vodonosnika, območja Natura 2000 ter tipa vhoda. Na rezultat modela v Dolenjskem podolju so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter obremenjenosti voda in zavarovanih območij. V tej pokrajini je sicer velik delež onesnaženih jam, ki so v bližini območij poselitve.

Pokrajina Savska ravan se uvršča na 13. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 10. mestu, glede na število onesnaženih jam na 13. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 5. mestu ter na 13. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V eni onesnaženi jami, uvrščeni na seznam, je 10,0 m³ odpadkov, vrednost modela PRESOJ pa je 60. Uvrstitev na vrh seznama prednostne sanacije je pogojena z vplivnimi dejavniki stopnje onesnaženosti, stopnje ranljivosti podzemne vode, oddaljenost od izvira ter tipa vhoda. Na rezultat modela v Savski ravni so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter obremenjenosti voda in zavarovanih območij. V tej pokrajini je sicer malo onesnaženih jam, ki so predvsem na vzpetih delih nad Savsko ravnjo ali v bližini večjih poselitvenih središč.

Pokrajina Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje se uvršča na 14. mesto na seznamu prvih sto jam po modelu PRESOJ, glede na delež onesnaženih jam je na 4. mestu, glede na število onesnaženih jam na 15. mestu, glede na delež močno onesnaženih jam na 1. mestu ter na 5. mestu glede na povprečno količino odpadkov v onesnaženih jamah (preglednica 31). V eni onesnaženi jami, uvrščeni na seznam, je 1,0 m³ odpadkov, vrednost modela PRESOJ pa je 61. Uvrstitev na vrh seznama prednostne sanacije je pogojena z vplivnimi dejavniki stopnje onesnaženosti, starosti divjega odlagališča, stopnje ranljivosti podzemne vode, oddaljenosti od izvira, tipa vhoda, velikosti vhoda, oddaljenosti od ceste ter višinske razlike med jamo in cesto. Na rezultat modela Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju so vplivali dejavniki obremenjenosti jamskega okolja ter zahtevnost

sanacije. V tej pokrajini je sicer veliko onesnaženih jam, ki so predvsem v Krškem hribovju.

Na seznamu prvih sto jam prednostne sanacije jam se uvršča tudi 17 onesnaženih jam, v katerih količina odpadkov ne presega $0,5 \text{ m}^3$. Tovrstne jame so večinoma v Julijskih Alpah (9 jam), Krasu (2 jami), Vipavski dolini (2 jami), Pivškem podolju in Vremščici (1 jama), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (1 jama) ter Beli krajini (1 jama). Visoke vrednosti modela PRESOJ so pri teh jamah odvisne predvsem od starosti divjega odlagališča, stopnje ranljivosti podzemne vode, tipa vodonosnika, območja Natura 2000, tipa vhoda, oddaljenosti od ceste ter višinske razlike med jamo in cesto. V teh jamah najdemo raznovrstne odpadke na območjih z izjemno visoko stopnjo ranljivosti vode ter visoko stopnjo varovanja narave in težjimi pogoji sanacije, kar se tiče dostopnosti jam. Jame bi bilo zaradi majhnih količin odpadkov mogoče očistiti v manjših čistilnih akcijah.

Na seznamu prvih sto jam prednostne sanacije jam so tudi štiri onesnažene turistične v katerih količina odpadkov dosega do $100,0 \text{ m}^3$. Med njimi so Županova jama (kat. št. 27), Pekel pri Zalogu (kat. št. 553), Dimnice (kat. št. 736) ter Jamski sistem Postojnska jama (kat. št. 747). Vse jame so na seznam onesnaženih jam uvrščene zaradi turistične infrastrukture (tj. betonske poti, zaščitne ograje, vrata, električna napeljava in razsvetljava ipd.). Sanacija tovrstnih jam ni potrebna, dokler opravljajo turistično dejavnost, vendar je treba posebno pozornost nameniti nadaljnim posegom ter hkratnemu izboljšanju turistične infrastrukture in zmanjševanju njenega vpliva na jamsko okolje.

Kot prednost uporabljenega pristopa v naši raziskavi izpostavljamo celovitost pristopa, saj smo se omejili na večje število ključnih vplivnih dejavnikov, prilagojenih posebnostim problematike onesnaženosti jam. Na temelju metode analitičnega hierarhičnega procesa AHP smo ovrednotili 15 vplivnih dejavnikov in jih glede na njihove značilnosti razporedili v tri kategorije. Pri tem smo upoštevali metodo enakih obtežitev rezultatov v posameznih kategorijah z znanim razponom vrednosti obtežitev. Metodo AHP bi bilo treba še nadgraditi, kar bi pripomoglo k večji uravnoteženosti pomena vplivnih dejavnikov.

Kot pomanjkljivost modela PRESOJ izpostavljamo neupoštevanje ekosistemskih dejavnikov kot je na primer število in delež ogroženih podzemeljskih živalskih vrst, saj tovrstnih podatkov nismo uspeli pridobiti. Po drugi strani, bi bila ob upoštevanju teh

dejavnikov, zaradi pomanjkanja tovrstnih podatkov v mednarodnem okolju, zmanjšana prenosljivost modela PRESOJ. Več študij (Šebenik 1994; Tasaki in sodelavci 2004; Smrekar 2007; Tasaki in sodelavci 2007; Matos 2015) izpostavlja tudi pomen oddaljenosti divjih odlagališč od gozdnih robov. V modelu PRESOJ ta dejavnik ni bil upoštevan, saj je za razporeditev nelegalnih odlagališč odpadkov v kraških jamah ključna prostorska razporeditev vhodov, ki pa je neodvisna od oddaljenosti od gozdnih robov, v nasprotju od razporeditve nelegalnih odlagališč odpadkov na površju.

9 RAZPRAVA IN SKLEPI

Z doktorsko disertacijo zapolnjujemo vrzel v poznavanju onesnaženosti jam v Sloveniji. V njej smo podrobno pojasnili vzroke in vplive tega posebnega načina onesnaževanja okolja, s katerim so se do sedaj ukvarjali le redki in še to na manjših območjih. Z raziskavo smo uvedli novo metodologijo za obdelavo arhivskih podatkov o onesnaženosti kraških jam, ki je temelj za obravnavo onesnaženosti jam v Sloveniji. Podrobno smo analizirali onesnaženost jam na ravni izbranih pokrajin ter na ravni Slovenije. Preučili smo onesnaženost jam v izbranih pokrajinah glede na vplivne dejavnike ter predstavili povezanost izbranih vplivnih dejavnikov s stanjem jam in stopnjo onesnaženosti jam. Posebno pozornost smo namenili izdelavi modela za napovedovanje onesnaženosti jam (model NOJ), ki smo ga ustvarili za lažje napovedovanje onesnaženosti jam, ko to ta ni ugotovljena na temelju terenskega pregleda. V model smo vključili vplivne dejavnike, s katerimi najbolj zanesljivo opredelimo onesnaženost jam. Model je izpostavil najpomembnejše vplivne dejavnike, na temelju katerih lahko v logičnih korakih razlikujemo, katere jame se uvrščajo med čiste in onesnažene jame. Dodatno uporabno vrednost raziskave prepoznavamo v izdelavi modela za prednostno sanacijo onesnaženih jam (model PRESOJ), ki smo ga ustvarili za pomoč pri odločanju o prihodnjem reševanju problematike onesnaženih jam. Obsega 15 različnih dejavnikov, ki pomembno vplivajo na stopnjo obremenjenosti okolja in zahtevnost izvedbe sanacije na temelju merljivih podatkov. V Sloveniji se bo treba pri reševanju problematike v prihodnosti osredotočiti na najtežje obremenitve okolja z vidika odlagališč odpadkov v kraških jamah, saj je onesnaženih jam preveč za celostno sanacijo (vsaj 2512 onesnaženih jam). Model bo pomagal pri načrtovanju čiščenja in usmerjanju financiranja sanacije. Odločevalce bo opremil z orodjem, ki bo omogočalo ovrednotenje onesnaženih kraških jam glede na njihovo prednostno sanacijo.

Z doktorsko disertacijo smo odgovorili na naslednja temeljna raziskovalna vprašanja:

1) Prvo raziskovalno vprašanje: Katere podatke o onesnaženosti kraških jam lahko pridobimo iz zapisnikov Katastra jam?

Temelj raziskave so bili podatki baze Katastra jam (2018), ki jih vzdržuje Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU na temelju podatkov Katastra jam Jamarske zveze Slovenije in Katastra jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU. Zbiranje podatkov

o kraških jamah temelji na zapisnikih, ki jih jamarji izpolnijo ob raziskovanju novih ali že odkritih jam ter jih nato oddajo v Kataster jam. Poleg standardnih podatkov baze Katastra jam smo na temelju metodologije za obdelavo arhivskih podatkov o onesnaženosti kraških jam pridobili podatke, ki smo jih razvrstili v sedem glavnih kategorij.

- 1) V kategoriji **stanje jame** smo pridobili podatke o tem, ali je jama čista, onesnažena, uničena ali pa o stanju jame ni bilo mogoče pridobiti podatkov.
- 2) V kategoriji **poškodovanost jame** smo pridobili podatke o tem, ali je jama poškodovana ali nepoškodovana. Na podlagi tega podatka smo opredelili tri kategorije poškodb, in sicer: fizična poškodba jame, poškodba sedimentov ter napisi v jami. V podkategoriji fizična poškodba jame smo opredelili jame z zasutim vhodom, z umetno razširjenimi rovi, s poškodbo kapnikov in s sajastimi stenami. V podkategoriji poškodba sedimentov smo opredelili jame z odstranitvijo sedimentov ter jame s premikom sedimentov. V podkategoriji napisi v jami smo opredelili jame z napisi na kapnikih ter jame z napisi na stenah.
- 3) V kategoriji **onesnaženost jame** smo pridobili podatke o količini odpadkov, opredelili stopnjo onesnaženosti, pridobili podatke o globini odpadkov, datumu popisa onesnaženja, o izvedeni čistilni akciji ter datumu čistilne akcije.
- 4) V kategoriji **sestava odpadkov** smo pridobili podatke o opisni sestavi odpadkov, klasifikaciji odpadkov (12 različnih kategorij) ter posebnih kategorijah odpadkov (nevarni odpadki, neeksplozivna ubojna sredstva, dotok onesnažene vode, plastični odpadki, živalski odpadki ter človeški ostanki).
- 5) V kategoriji **raba jame** smo opredelili ali je jama pod velikim vplivom rabe, zmernim vplivom rabe ter majhnim vplivom rabe. Obenem smo opredelili tudi, ali o jamah obstajajo ustna izročila oziroma ali so v jamah arheološka najdišča. V podkategoriji velik vpliv rabe smo opredelili jame z odlagališči odpadkov, množičnimi grobišči, pridobivanjem surovin, vojaškim zakloniščem ter turistično rabo. V podkategoriji zmeren vpliv rabe smo opredelili jame s kmetijsko rabo, skladiščno rabo, versko rabo ter kulturno rabo. V podkategoriji majhen vpliv rabe smo opredelili jame z zatočiščem, vodnim virom ter znanstvenoraziskovalno rabo.
- 6) V kategoriji **oblikovanost vhoda** smo pridobili podatke o tipu vhoda (vodoraven, navpičen in neopredeljen), širini vhoda, dolžini vhoda ter velikosti vhoda.

- 7) V kategoriji **vir podatkov** smo pridobili podatke o viru uporabljenih podatkov, tj. Kataster jam Jamarske zveze Slovenije in Kataster jam Inštituta za raziskovanje kraša ZRC SAZU, ter datumu informacije.

Skupno je bilo pridobljenih 60 podkategorij raznovrstnih podatkov, ki v preteklosti niso bili sistematično urejeni v Katastru jam (2018). Nekateri podatki so bili deloma že zajeti tudi v raziskavah s pregledom arhivskega gradiva (Habe 1982; Hudoklin 1987; Drame 1989; Klepec 1989; Hudoklin 1995; Ribeiro in Tičar 2017; Tičar in Ribeiro 2018) ali raziskavah s terenskim pregledom jam (Hudoklin 2002; Hribernik 2010; Prelovšek 2013; 2015; Gostinčar in Čekada 2016).

Ob tem izpostavljamo nekatere pomanjkljivosti podatkov, ki smo jih podrobneje opredelili v podpoglavju 3.3 Metodologija za obdelavo arhivskih podatkov o onesnaženosti kraških jam. Vsako stanje jame je bilo izhodiščno opredeljeno kot čista jama, razen če je obstajalo dokazno gradivo, ki opredeljuje drugačno stanje jam. Glede na pomanjkljivost nekaterih zapisnikov obstaja možnost, da je bila katera izmed jam neupravičeno opredeljena v kategorijo čistih jam in bi bilo stanje ob terenskem pregledu drugačno. Na poškodovanost jam lahko pogosto sklepamo iz posrednih dokazov, ki so navedeni v zapisnikih. Pogosto v jamah prihaja do kombinacije več različnih vrst poškodb. Podobno je podatek o količini odpadkov v jami pogosto podan na temelju ocenjene prostornine jame oziroma primerjave načrtov jam ter fotografij. Pri tem lahko prihaja do večjih odstopanj od ugotovitev s terenskim pregledom. Datum ugotovljenega onesnaženja jame je pogosto vezan na datum obiska ob registraciji jame in ne na dejanski datum onesnaženja, ki je v večini primerov neznan. Sestava odpadkov je v zapisnikih praviloma pomanjkljivo opredeljena in pogosto navedena zgolj kot na primer »vaška smetišča«. Tovrstne navedbe onemogočajo podrobnejše razvrščanje odpadkov. Podatki o rabi jame so pogosto posredni in so lahko v zapisnikih pomanjkljivo opredeljeni, enako velja v primeru ustnih informacij. Podatki o velikosti vhoda so pogosto pridobljeni na temelju ustreznega izračuna iz načrta jam, zaradi česar lahko prihaja do odstopanj zaradi različne kakovosti načrtov jam. Kot največjo pomanjkljivost podatkov Katastra jam izpostavljamo starost informacije, ko je bilo v zapisnikih podano stanje jam. Starejši kot so podatki o stanju jame, bolj so nezanesljivi. V tem primeru lahko upravičeno pričakujemo, da je stanje jame slabše kot je bilo navedeno ob opisu v preteklosti, saj jamarji maloštevilne čistilne akcije praviloma vedno navedejo v zapisnikih. Obenem

daljši čas od zadnje informacije opredeljuje nujnost ponovnega obiska in spremljanja stanja v kraških jamah, kjer je bil zadnji popisani obisk opravljen pred več desetletji.

Na temelju primerjave med rezultati naše raziskave (N = 6965 jam) in uporabljenimi viri podatkov smo ugotovili, da v primerjavi z arhivskim gradivom (555 jam) naša raziskava prinaša 12,5-krat več informacij, v primerjavi s terenskim gradivom (254 jam) 27,4-krat več informacij, v primerjavi z bazo Katastra jam (657 jam) 10,6-krat več informacij, ter v primerjavi z združenimi podatki (1150 jam) 6,1-krat več informacij.

Predlagamo, da se zbiranje podatkov o onesnaženosti jam v bazi Katastra jam (2018) nadaljuje s sistematičnim pristopom, kot je bil vzpostavljen v naši raziskavi.

2) Drugo raziskovalno vprašanje: Ali in v čem se onesnaženost jam razlikuje med slovenskimi pokrajinami?

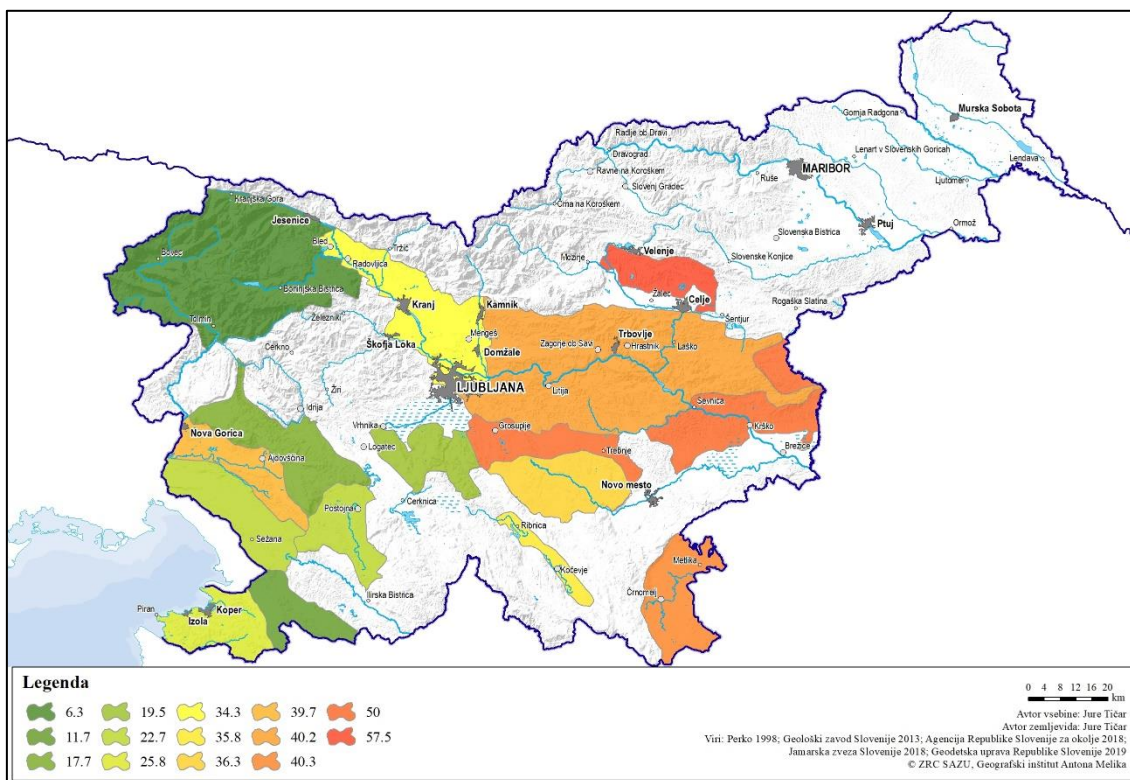
Onesnaženost jam se v različnih pokrajinah močno razlikuje. Največji delež onesnaženih jam je v Ložniškem in Hudinjskem gričevju (57,5 % onesnaženih jam), Dolenjskem podolju (50,0 %), Srednjesotelskem gričevju (50,0 %), Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (50,0 %) ter v Beli krajini (40,3 %), najmanjši delež onesnaženih jam pa v Julijskih Alpah (6,3 %), Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju (11,7 %), Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (17,7 %) ter Krimskem hribovju in Menišiji (19,5 %) (slika 101). Delež onesnaženih jam se med pokrajinami močno razlikuje zaradi poselitve in dostopnih cest, močno pa na rezultat vpliva tudi število jam, ki so v posamezni pokrajini.

Po deležu malo onesnaženih jam izstopajo naslednje pokrajine: Srednjesotelsko gričevje (vse onesnažene jame), Julijske Alpe (75,0 %), Krimsko hribovje in Menišija (58,0 %), Ložniško in Hudinjsko gričevje (57,1 %) ter Posavsko hribovje (56,5 %).

Deleži srednje onesnaženih jam so največji v naslednjih pokrajinah: Kras (33,1 % vseh onesnaženih jam), Vipavska dolina (32,0 %), Dolenjsko podolje (30,7 %), Ribniško-Kočevsko podolje (25,0 %), ter Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje (29,7 %).

Glede močno onesnaženih jam izstopajo naslednje pokrajine: Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje (41,7 % vseh onesnaženih jam), Bela krajina (33,3 %), Pivško podolje in Vremščica (32,7 %), Koprška brda (31,3 %) ter Savska ravan (29,7 %).

Največ, 245 onesnaženih jam je na Krasu, v Suhi krajini in Dobropolju 187, Julijskih Alpah 124, Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici 124 ter v Pivškem podolju in Vremščici 104.



Slika 101: Zemljevid deleža onesnaženih jam v Sloveniji po pokrajinah.

Največ odpadkov v onesnaženih jamah je v Pivškem podolju in Vremščici (skupaj 5259,7 m³), na Krasu (2385,4 m³), v Dolenjskem podolju (1949,2 m³), Beli krajini (935,8 m³) ter na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici (928,3 m³). Primerjava povprečne količine odpadkov v onesnaženih jamah med pokrajinami nam pove, da so jame najbolj onesnažene v Pivškem podolju in Vremščici (50,6 m³/jamo), Dolenjskem podolju (26,0 m³/jamo), Ribniško-Kočevskem podolju (17,9 m³/jamo), Beli krajini (12,5 m³/jamo) ter Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju (11,4 m³/jamo). Ugotavljamo, da je količina odpadkov večja v jamah nizkega dinarskega, posameznih planotah visokega dinarskega krasa in posameznih območjih osamelega krasa. To razlagamo z visoko gostoto sicer razpršene poselitve na teh območjih, na katerih so jame dostopne zaradi bližine cest.

Na ravni makroregij je največ jam v dinarskem svetu (2499 oziroma 35,9 % jam), od tega 2063 čistih (37,7 %) in 295 onesnaženih (21,2 %). Sledijo jame v alpskem svetu (2369 oziroma 34,0 %), od tega 1754 čistih (32,1 %) in 682 onesnaženih (49,1 %). V

sredozemskem svetu je 2039 oziroma 29,3 % jam, od tega 1625 čistih (29,7 %) in 384 onesnaženih (27,6 %). V panonskem svetu je 58 oziroma 0,8 % jam, od tega 29 čistih (0,5 %) in 29 onesnaženih (2,1 %). Delež onesnaženih jam narašča s stopnjo onesnaženosti jam v vseh makroregijah, razen v alpskem svetu, kjer je razlika obratna.

Na ravni submakroregij je največ jam v alpskih gorovjih (1959 oziroma 28,1 % vseh jam), sledijo sredozemske planote (1914 oziroma 27,5 % jam) ter dinarske planote (1571 oziroma 22,6 % jam). Največjo onesnaženost smo zaznali na dinarskih planotah (380 oziroma 27,3 % onesnaženih jam), sredozemskih planotah (343 oziroma 24,7 % jam) ter dinarskih podoljih in ravninah (302 oziroma 21,7 % jam).

3) Tretje raziskovalno vprašanje: Kolikšna je onesnaženost jam v Sloveniji in kateri naravno- in družbenogeografski dejavniki vplivajo nanjo?

V raziskavo je bilo vključenih 6965 jam. Med čiste smo uvrstili 5471 jam (78,5 % vseh), med onesnažene 1390 jam (20,0 %), med uničene 7 jam (0,1 %), pri 97 jamah (1,4 %) pa ni bilo mogoče ugotoviti njihovega stanja. Nadalje je med onesnaženimi jamami 714 malo onesnaženih (51,4 % onesnaženih jam), 348 srednje onesnaženih (25,0 %) ter 328 močno onesnaženih (23,6 %). V obravnavanih jamah je po oceni skupno odloženih 15.163,8 m³ odpadkov, od tega 195,3 m³ v malo onesnaženih, 533,5 m³ v srednje ter 14.535,0 m³ v močno onesnaženih. V povprečni onesnaženi jami je odloženih 11,0 m³ odpadkov.

Na temelju analize 6965 jam smo podatke o stanju jam ekstrapolirali na raven Slovenije, in sicer na celoten vzorec 12.588 jam, vpisanih v Kataster jam leta 2018. Med čiste smo uvrstili 9888 jam, med onesnažene 2512 jam, med uničene 13 jam, pri 175 jamah pa ni mogoče ugotoviti njihovega stanja. Nadalje je med onesnaženimi jamami 1290 malo onesnaženih, 629 srednje onesnaženih ter 593 močno onesnaženih. Ocenjujemo, da je v jamah skupno odloženih 27.586,6 m³ odpadkov, od tega v malo onesnaženih 353,0 m³, srednje onesnaženih 964,2 m³ ter v močno onesnaženih 26.269,4 m³. Ocenjujemo, da se vrednost tovrstnih sanacij zaradi zahtevnosti izvedbe giblje okoli 1000 €/m³. Stroški sanacije obsegajo vse materialne stroške, zavarovalne stroške, stroške analiz in stroške monitoringa. Na podlagi tega lahko ocenimo, da bi za celovito sanacijo nelegalnih odlagališč odpadkov v kraških jamah v Sloveniji potrebovali med 25 in 30 milijonov evrov.

V naši raziskavi smo s primerjavo združenih podatkov preteklih raziskav o onesnaženih jamah (Habe 1982; Hudoklin 1987; Drame 1989; Klepec 1989; Hudoklin 1995; 2002; Hribernik 2010; Prelovšek 2013; 2015; Gostinčar in Čekada 2016; Ribeiro in Tičar 2017; Kataster jam 2018; Tičar in Čekada 2018) ugotovili, da naša raziskava in ostale raziskave obravnavata 676 istih jam. Od jam, ki jih združeni podatki obravnavajo kot onesnažene jame, je bilo v naši raziskavi 579 jam (85,7 %) opredeljenih kot onesnažene jame, 85 jam (12,6 %) kot čiste jame, šest jam (0,9 %) kot uničene jame ter šest jam (0,9 %) kot jame brez podatkov. V vseh obravnavanih virih, vključno z našo raziskavo je obravnavanih 1579 onesnaženih jam v Sloveniji.

Na temelju rezultatov štirih projektov je Čekada (2015) izpostavil, da je izmed 517 jam onesnažena kar dobra tretjina (35 %). Ob upoštevanju metode linearne ekstrapolacije bi bilo v Sloveniji onesnaženih kar 2700 jam. Med onesnažene jame se sicer po podatkih Katastra jam (2018) uvršča 657 jam oziroma 5,2 % vseh. Ministrstvo za okolje in prostor (2015, 74) ocenjuje, da je onesnaženih med 15 in 20 % kraških jam v nižjih predelih države, obenem pa razpolaga s podatki o 153 uničenih in 385 onesnaženih jamah (Ministrstvo za okolje in prostor 2017, 18). V raziskavi smo potrdili 20-odstotno onesnaženost jam, ki z metodo interpolacije zajema kar 2512 jam v Sloveniji. S tem smo pomembno dopolnili pretekla spoznanja, obenem pa izpostavljamo, da je lahko delež onesnaženih jam mnogo večji zaradi zastarelosti podatkov v Katastru jam. Pomemben vpliv na nižji delež onesnaženosti ima tudi velik delež jam v alpskem krasu, kjer je praviloma onesnaženost manjša kot na območjih z nižjo nadmorsko višino in višjo gostoto poselitve.

Na temelju opisne statistike smo izpostavili 13 vplivnih dejavnikov, ki neodvisno opredeljujejo vzroke onesnaženosti jam, in sicer: 1) nadmorska višina vhoda, 2) poškodovanost jame, 3) tip vhoda, 4) velikost vhoda, 5) naklon površja v okolici jame, 6) položaj jame glede na cesto, 7) oddaljenost jame od najbližje ceste, 8) višinska razlika med jamo in cesto, 9) oddaljenost jame od najbližjega objekta, 10) število prebivalcev v okolici jame, 11) zmogljivost odpadkov v občini, 12) oddaljenost jame od najbližjega divjega odlagališča ter 13) število divjih odlagališč v okolici jame.

Na temelju Cramerjevih koeficientov korelacije ima na stanje jam v Sloveniji največji vpliv naslednjih pet dejavnikov: število prebivalcev v okolici jame ($C_{CR}^2 = 9,6 \%$), oddaljenost jame od najbližjega objekta ($C_{CR}^2 = 8,3 \%$), nadmorska višina vhoda ($C_{CR}^2 =$

7,4 %), oddaljenost jame od najbližje ceste ($C_{CR}^2 = 7,4 \%$) ter poškodovanost jame ($C_{CR}^2 = 7,2 \%$).

Na temelju Cramerjevih koeficientov korelacije na stopnjo onesnaženosti jam v Sloveniji najbolj vpliva naslednjih pet dejavnikov: tip vhoda ($C_{CR}^2 = 4,2 \%$), višinska razlika med jamo in cesto ($C_{CR}^2 = 2,8 \%$), oddaljenost jame od najbližje ceste ($C_{CR}^2 = 2,4 \%$), oddaljenost jame od najbližjega objekta ($C_{CR}^2 = 2,1 \%$) ter število prebivalcev v okolici jame ($C_{CR}^2 = 1,8 \%$).

Med dejavnike, ki v okviru naše raziskave niso pomembno vplivali na onesnaženost jam, prištevamo administrativne enote, usmerjenost površja, rabo zemljišč, bližino železnic in žižnic, število prebivalcev v naseljih, izobrazbo ter starost prebivalstva, razvitost občin ter bližina komunalnih odlagališč ter komunalnih čistilnih naprav.

4) Četrto raziskovalno vprašanje: S kolikšno mero zanesljivosti je ob uporabi sodobnih GIS in statističnih orodij ter na temelju vzpostavljenega modela mogoče napovedati onesnaženost jam?

Upoštevali in ovrednotili smo osem naravno- in družbenogeografskih vplivnih dejavnikov, ki najbolj vplivajo na onesnaženost jam. Za izdelavo modela smo uporabili programsko okolje *Weka 3.8.4* ter metodo odločitvenih dreves oziroma klasifikacijski algoritem J48. V proces rudarjenja podatkov je bila vključena baza 6861 jam, od tega 5471 čistih jam oziroma 78,5 % vseh ter 1390 onesnaženih jam oziroma 20,0 % vseh. Preostalih sedem uničenih jam (0,1 %) ter 97 jam (1,4 %), za katere ni bilo mogoče opredeliti njihovega stanja, smo izvzeli iz procesa rudarjenja podatkov.

Zanesljivost napovedi je v optimalno izračunanem modelu dosegla okoli 79,3 %, kar obenem napove tudi delež pravilnih napovedi. Veliko večjo natančnost je model dosegel pri čistih jamah (95,1 %) kot pri onesnaženih (21,0 %). Zato velja pri preučevanju onesnaženosti jam na posameznih sklenjenih območjih model uporabiti na način, da sprva iz skupne baze na temelju modela izločimo vse čiste jame, nato pa na preostalem vzorcu opravimo pregled arhivskega gradiva ali terenske raziskave ter s tem potrdimo onesnaženost jam na tem vzorcu.

Najpomembnejši dejavniki, ki jih je izpostavil model NOJ, so število prebivalcev v okolici jame, oddaljenost jame od objekta ter tip vhoda. Rezultat je deloma skladen z

ugotovitvami preteklih sorodnih analiz nelegalnih odlagališč odpadkov v Sloveniji (Matos 2015, 67). Pri tem izstopa le vplivni dejavnik tip vhoda, ki je glede na pretekle analize pomemben predvsem za opredelitev stopnje onesnaženosti jam kot so pokazale analize Cramerjevih koeficientov korelacije. Z naraščanjem stopnje onesnaženosti delež jam z navpičnim vhodom narašča in zajema kar 86,3 % močno onesnaženih jam, obenem pa se v tej kategoriji značilno poveča tudi velikost vhoda (37,6 m²). Navpične jame z velikimi vhodi so tako najpogostejša oblika močno onesnaženih jam, kar razlagamo predvsem z vidika lažjega odlaganja odpadkov.

5) Peto raziskovalno vprašanje: Na katerih območjih se pojavljajo zgostitve prednostne sanacije onesnaženih jam?

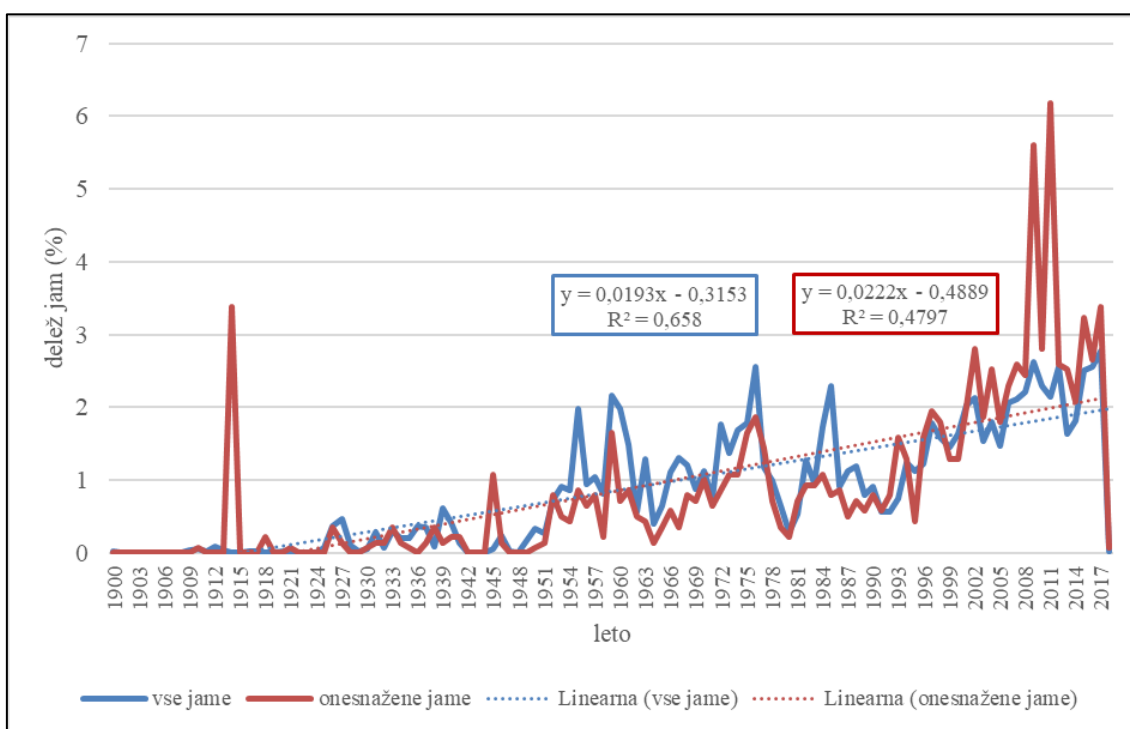
Po modelu PRESOJ se preučevane pokrajine glede prednostne sanacije onesnaženih jam razvrstijo tako: 1) Julijske Alpe, 2) Trnovski gozd, Nanos in Hrušica, 3) Kras, 4) Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje, 5) Pivško podolje in Vremščica, 6) Krmsko hribovje in Menišija, 7) Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje, 8) Koprška brda, 9) Bela krajina, 10) Vipavska dolina, 11) Posavsko hribovje, 12) Suha krajina in Dobropolje, 13) Savska ravan, 14) Dolenjsko podolje, 15) Ložniško in Hudinjsko gričevje, 16) Ribniško-Kočevsko podlje ter 17) Srednjesotelsko gričevje.

Razvrstitev je nepričakovana glede na delež onesnaženosti jam v posameznih pokrajinah. Tako je v Julijskih Alpah na seznamu prednostne sanacije veliko jam uvrščenih visoko, navkljub majhnemu deležu onesnaženih jam. Tu prevladujejo predvsem visoke vrednosti vplivnih dejavnikov v kategoriji obremenjenost voda in zavarovanih območij ter zahtevnost sanacije. Po drugi strani je v Ložniškem in Hudinjskem gričevju ter Dolenjskem podolju delež onesnaženih jam visok, vendar model te pokrajine obravnava kot manj prednostne zaradi nizkih vrednosti vplivnih dejavnikov. Ker smo prvi izdelali tovrstni model za prednostno sanacijo onesnaženih jam, rezultatov modela ne moremo primerjati z drugimi raziskavami.

Na vrh seznama prednostne sanacije onesnaženih jam (100 jam) so se uvrstile jame iz 14 slovenskih pokrajin, in sicer: Julijske Alpe (18 jam), Kras (16), Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje (12), Pivško podolje in Vremščica (10), Krmsko hribovje in Menišija (8), Trnovski gozd, Nanos in Hrušica (8), Suha krajina in Dobropolje (6), Bela krajina (6), Ribniško-Kočevsko podolje (5), Ložniško in Hudinjsko gričevje (5),

Vipavska dolina (3), Dolenjsko podolje (1), Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje (1) ter Savska ravan (1).

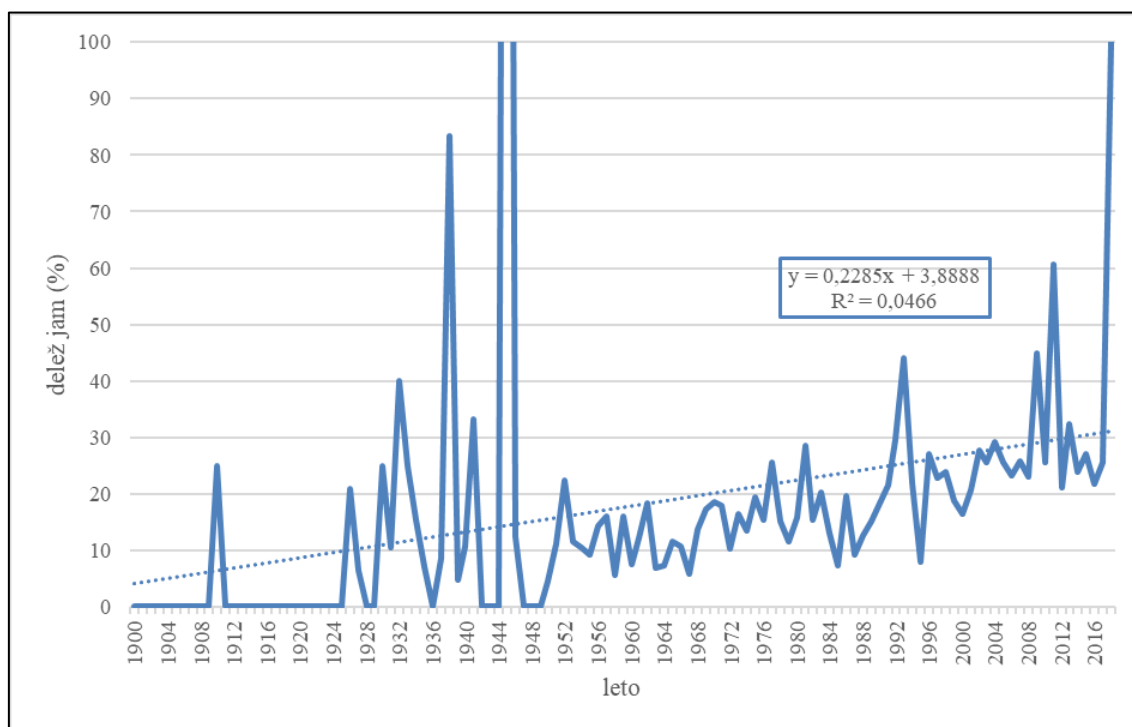
Kot prednost uporabljenega pristopa v naši raziskavi izpostavljamo celovitost pristopa, saj smo se omejili na večje število ključnih vplivnih dejavnikov, prilagojenih posebnostim problematike onesnaženosti jam. Na temelju metode analitičnega hierarhičnega procesa AHP smo ovrednotili 15 vplivnih dejavnikov in jih glede na njihove značilnosti razporedili v tri kategorije. Pri tem smo upoštevali metodo enakih obtežitev rezultatov v posameznih kategorijah z znanim razponom vrednosti obtežitev. Metodo AHP bi bilo treba še nadgraditi, kar bi pripomoglo k večji uravnoteženosti pomena vplivnih dejavnikov.



Slika 102: Primerjava deležev registriranih jam ter vseh onesnaženih jam v obdobju 1900–2018 z opaznim trendom rasti slednjih.

Z našo raziskavo smo dokazali, da je v zadnjem stoletju človek z onesnaževanjem jam močno obremenjeval tudi podzemno kraško okolje. Odlaganje odpadkov v kraške jame je še posebej značilno za obdobje po 2. svetovni vojni, ko se je odtis človeka v okolju začel povečevati. Količina odloženih odpadkov in številčnost onesnaženih jam v Sloveniji z leti močno narašča (sliki 102, 103). Nelegalna odlagališča odpadkov na kraškem površju je lažje sanirati kot odlagališča v kraških jamah zaradi dostopnosti in

uporabe drugačnih tehnik. Zato so čistilne dejavnosti v kraških jamah ob pomanjkanju ustreznega pristopa države, ki je lastnica jam, maloštevilne in osredotočene na jame z manjšo količino odpadkov. Delež registrirane onesnaženosti jam v podzemlju tako vztrajno narašča. Urejenost komunalnega odvoza odpadkov in višja okoljska zavest, ki ju zaradi pomanjkanja prostorske in časovne umestitve v raziskavi na tej ravni nismo mogli upoštevati, sicer prispevata k izboljššanemu okoljskemu stanju na površju, a kraške jame kljub vsemu ostajajo »privlačno« mesto odlaganja odpadkov. Z vedno večjo prisotnostjo umetnih snovi v okolju, ki je povezana z gospodarskim razvojem, obstaja skrb, da jih na območjih s slabše urejenim komunalnim odvozom odpadkov in nižjo okoljsko zavestjo kraške jame začnejo onesnaževati še z nevarnimi snovmi, kot sta plastika in snovi v baterijah in drugih elektronskih napravah.



Slika 103: Rast deleža onesnaženosti jam glede na število registriranih jam na letni ravni v obdobju 1900–2018.

Z našo raziskavo smo ugotovili, da je v Sloveniji največ onesnaženih jam v paleozojskih, mezozojskih in paleogenskih plastnatih apnencih (63,2 % onesnaženih jam) ter v zelo zakraselih karbonatnih vodonosnikih s kraško razpoklinsko poroznostjo (49,6 % onesnaženih jam). Obenem so onesnažene jame na vodovarstvenih območjih (25,8 % onesnaženih jam) ter na območjih zelo visoke (59,9 % onesnaženih jam) ali izjemno visoke stopnje ranljivosti podzemne vode (29,2 % onesnaženih jam). Na vodovarstvenih

območjih je kar 90 močno onesnaženih jam. Nevarne odpadke smo evidentirali v 233 jamah (16,8 % onesnaženih jam), neeksplozirana ubojna sredstva v 117 jamah (8,4 %), dotok onesnažene vode v 51 jamah (3,7 %), plastične odpadke v 777 jamah (55,9 %), živalske odpadke v 692 jamah (49,8 %) ter človeške ostanke v 65 jamah (4,7 %). Ugotavljamo, da lahko onesnaženost jam vpliva na zmanjšanje kakovosti pitne vode v kraških vodonosnikih ter s tem poslabšanje stanja podzemnim razmeram prilagojenega življenja in zdravja prebivalstva.

Naša raziskava je pomemben prispevek k razumevanju obsega onesnaževanja kraških jam in dejavnikov, ki vplivajo nanj. Ker tovrstnih raziskav v svetovnem merilu ni, postavlja »slovenski model« možnost za ponovitev raziskav drugje, predvsem pa za načrtovanje ukrepov pri sanaciji onesnaženih jam. Zaradi pomanjkanja tovrstnih raziskav pa na tem mestu ni mogoče primerjati rezultate in jih kritično ovrednotiti. V raziskavi smo se zato osredotočali zgolj na primerjavo izbora dejavnikov ter deloma na metodološke pristope s sorodnimi raziskavami. Obenem v tem prepoznavamo veliko vrednost našega dela, saj odpira novo področje, ki zahteva interdisciplinaren pristop. Obseg vpliva onesnaženosti jam na podzemne vode in habitate namreč še vedno ni bil ugotovljen, saj zahteva poglobljene pristope z različnih področij.

Posebno uporabno vrednost prepoznavamo v modelu za napovedovanje onesnaženosti jam, ki izpostavlja najpomembnejše vplivne dejavnike, na temelju katerih lahko v logičnih korakih predvidimo, katere jame so čiste in katere onesnažene. To omogoča lažji pregled stanja jam v arhivskem gradivu ali na terenu, saj model z veliko mero zanesljivosti (95,1 %) izloča čiste jame. Dopolnjuje ga model za prednostno sanacijo onesnaženih jam, ki bo pripomogel k ustvarjanju načrtov čiščenja in usmerjal financiranje sanacije. Odločevalce opremlja z orodjem, ki omogoča klasifikacijo onesnaženih kraških jam glede na njihovo prednostno sanacijo.

V prihodnje velja posebno pozornost nameniti dokončanju pregleda stanja jam v Katastru jam (44,67 % jam glede na leto 2018), saj bi to omogočilo izvedbo dodatnih poglobljenih prostorskih študij na ravni Slovenije. Sprotno zbiranje podatkov je deloma mogoče zagotoviti s posodobitvijo zapisnikov o stanju jam, ki bi omogočali enostavnejše in bolj strukturirano zbiranje podatkov na temelju metodologije, uporabljene v tej raziskavi. Stanje jam je navkljub natančni analizi arhivskih podatkov Katastra jam v realnosti verjetno drugačno, saj so številni podatki o stanju jam zastareli ali pa skromno

opredeljeni. Tako realno pričakujemo, da je onesnaženih jam v Sloveniji več kot je pokazala naša raziskava. Z izvedbo sistematičnih raziskav na terenu bi lahko tudi bolj kakovostno preverili stanje onesnaženosti v jamah in s tem našo metodologijo in rezultate.

Prihodnje delo v povezavi z onesnaženostjo jam je treba razvijati v smeri vpeljave metod, ki bi prispevale k razumevanju vpliva onesnaženosti jam na kakovost podzemne vode, onesnaženost jamskih sedimentov, razpadni čas odpadkov v jamah, vpliv onesnaževanja jam na podzemnim razmeram prilagojeno življenje in podobno.

Pri ureditvi problematike onesnaženosti jam v Sloveniji je zato treba stremeti k celovitemu pristopu, ki bo povezoval in spodbudil odločevalce in deležnike k povečanju delovanja na tem področju. Za varno in pravilno sanacijo onesnaženih jam je treba urediti standardizirane postopke sanacije ter posledično sortiranje in odlaganje odpadkov iz teh jam. Velik pomen pri preprečevanju aktivnega onesnaževanja jam pa je treba pripisati poostrenemu inšpekcijskemu nadzoru, ki v preteklosti ni bil učinkovit. Nenazadnje je stanje slovenskih jam najbolj odvisno od uspešnega sistema odvoza ter zbiranja komunalnih odpadkov, zmanjšanja in ponovne uporabe odpadkov, ter izobraževanja različnih deležnikov na vseh ravneh.

10 VIRI IN LITERATURA

- Andriani, Gioacchino Francesco in Nicola Walsh. 2009. „An Example of the Effects of Anthropogenic Changes on Natural Environment in the Apulian Karst (Southern Italy)“. *Environmental Geology* 58 (2): 313–25. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1604-6>.
- Arora, Rohit in Suman Suman. 2012. „Comparative Analysis of Classification Algorithms on Different Datasets using WEKA“. *International Journal of Computer Applications* 54 (13): 21–25. <https://doi.org/10.5120/8626-2492>.
- Bakalowicz, Michel. 2005. „Karst Groundwater: A Challenge for New Resources“. *Hydrogeology Journal* 13 (1): 148–60. <https://doi.org/10.1007/s10040-004-0402-9>.
- Bat, Marjan in Peter Frantar. 2008. „Vodna bilanca“. V *Vodna bilanca Slovenije 1971-2000 = Water balance of Slovenia 1971-2000*, 9–14. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Beskese, Ahmet, H. Handan Demir, H. Kurtulus Ozcan in H. Eser Okten. 2015. „Landfill Site Selection Using Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS: A Case Study for Istanbul“. *Environmental Earth Sciences* 73 (7): 3513–21. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3635-5>.
- Bevk, Stanislav. 1920. „Spomenica“. *Glasilo Muzejskega društva za Slovenijo* 1 (1): 69–75.
- Biotto, Giancarlo, Sonia Silvestri, Lucia Gobbo, Elisa Furlan, Sonia Valenti in Roberto Rosselli. 2009. „GIS, Multi-criteria and Multi-factor Spatial Analysis for the Probability Assessment of the Existence of Illegal Landfills“. *International Journal of Geographical Information Science* 23 (10): 1233–44. <https://doi.org/10.1080/13658810802112128>.
- Bögli, Alfred. 1980. *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bonacci, Ognjen. 1987. *Karst Hydrology: With Special Reference to the Dinaric Karst*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Brečko Grubar, Valentina in Dušan Plut. 2001. „Kakovost virov pitne vode v Sloveniji“. *Ujma* 14–15 (1): 238–44.
- Breg, Mateja. 2007. „Degradation of Dolines on Logaško polje (Slovenia)“. *Acta Carsologica* 36 (2). <https://doi.org/10.3986/ac.v36i2.191>.

- Breg Valjavec, Mateja, Mitja Janža in Aleš Smrekar. 2018. „Environmental Risk Resulting from Historical Land Degradation in Alluvial Plains Considered for Dam Planning“. *Land Degradation & Development* 29 (11): 4227–38. <https://doi.org/10.1002/ldr.3168>.
- Breg Valjavec, Mateja, Matija Zorn in Andraž Čarni. 2018. „Human-Induced Land Degradation and Biodiversity of Classical Karst Landscape: On the Example of Enclosed Karst Depressions (Dolines)“. *Land Degradation & Development* 29 (10): 3823–35. <https://doi.org/10.1002/ldr.3116>.
- Calò, Fabiana in Mario Parise. 2006. „Evaluating the Human Disturbance to Karst Environments in Southern Italy“. *Acta Carsologica* 35 (2–3). <https://doi.org/10.3986/ac.v35i2-3.227>.
- Cerkvenik, Rosana. 2012. *Impacts of visitors on cave's physical environment and its protection*. Doktorska disertacija. Graduate School, University of Nova Gorica.
- Chandler, Richard J. 1973. „The Inclination of Talus, Arctic Talus Terraces, and Other Slopes Composed of Granular Materials“. *The Journal of Geology* 81 (1): 1–14. <https://doi.org/10.1086/627804>.
- Chen, Zhao, Augusto S. Auler, Michel Bakalowicz, David Drew, Franziska Griger, Jens Hartmann, Guanghui Jiang, Nils Moosdorf, Andrea Richts, Zoran Stevanović, George Veni in Nico Goldscheider. 2017. „The World Karst Aquifer Mapping Project: Concept, Mapping Procedure and Map of Europe“. *Hydrogeology Journal* 25 (3): 771–85. <https://doi.org/10.1007/s10040-016-1519-3>.
- Crutzen, Paul J. 2002. „Geology of mankind“. *Nature* 415: 23. <https://doi.org/10.1038/415023a>.
- Crutzen, Paul J. in Eugene F. Stoermer. 2000. „The „Anthropocene““. *Global Change Newsletter* 41: 17–18.
- Culver, David C. in Tanja Pipan. 2009. *The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats*. The Biology of Habitats Series. New York: Oxford University Press.
- Cvijić, Jovan. 1893. *Das Karstphänomen*. 1983. Dunaj: Geographische Abhandlungen.
- . 1918. „Hydrographie souterraine et évolution morphologique du Karst“. *Recueil des travaux de l'institut de géographie alpine* 6 (4): 375–426. <https://doi.org/10.3406/rga.1918.4727>.
- Čekada, Miha. 2013. „Statistical evaluation of cave location precision based on cartographic sources“. V *Proceedings (volume 2)*, 2013:285–89. Brno: Czech Speleological Society.

- . 2015. „Kraljestvo smeti - več kot 2000 onesnaženih jam v Sloveniji“. *Jamar* 7: 53–53.
- Davie, Tim. 2008. *Fundamentals of Hydrology*. 2. ed. Routledge Fundamentals of Physical Geography Series. London: Routledge.
- De Waele, Jo. 2009. „Evaluating Disturbance on Mediterranean Karst Areas: The Example of Sardinia (Italy)“. *Environmental Geology* 58 (2): 239. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1600-x>.
- De Waele, Jo in Roberto Follesa. 2003. „Human impact on karst: the example of Lusaka (Zambia)“. *International Journal of Speleology* 32 (1/4): 71–83. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.32.1.5>.
- De Waele, Jo, Francisco Gutiérrez, Mario Parise in Lukas Plan. 2011. „Geomorphology and Natural Hazards in Karst Areas: A Review“. *Geomorphology* 134 (1–2): 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.08.001>.
- Dingman, Stanley Lawrence. 2015. *Physical Hydrology*. 3. ed. Long Grove, Ill: Waveland Press.
- Donevska, Katerina R., Pece V. Gorsevski, Milorad Jovanovski in Igor Peševski. 2012. „Regional Non-Hazardous Landfill Site Selection by Integrating Fuzzy Logic, AHP and Geographic Information Systems“. *Environmental Earth Sciences* 67 (1): 121–31. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1485-y>.
- Dragovich, Deirdre in J. Grose. 1990. „Impact of Tourists on Carbon Dioxide Levels at Jenolan Caves, Australia: An Examination of Microclimatic Constraints on Tourist Cave Management“. *Geoforum* 21 (1): 111–20. [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(90\)90009-U](https://doi.org/10.1016/0016-7185(90)90009-U).
- Drame, Leon. 1989. „Onesnažene in uničene jame v občini Cerknica“. *Naše jame* 31: 49–52.
- Evropska agencija za okolje. 2018. *European Waters Assessment of Status and Pressures 2018*.
- Evropska komisija. 2013. „Zelena infrastruktura – izboljšanje evropskega naravnega kapitala“. Evropska unija.
- Evropska speleološka zveza. 2008. „Pisna izjava o varstvu jam kot kulturne, naravne in okoljske dediščine“.
- Evropska unija, ur. 1995a. *Hydrogeological Aspects of Groundwater Protection in Karstic Areas: Final Report*. EUR 16547. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

- , ur. 1995b. *Karst Groundwater Protection: Guidelines*. EUR 16526. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Evropski parlament in Evropski svet. 1992. *Direktiva Sveta 92/43/EGS o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst*. Uradni list EU, št. L 206/7. Bruselj.
- . 1998. *Direktiva Sveta 98/83/ES o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi*. Uradni list EU, št. L 330/32. Bruselj.
- . 2000. *Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike*. Uradni list EU, št. L 327/1. Bruselj.
- . 2004. *Direktiva 2004/35/ES Evropskega parlamenta in sveta o okoljski odgovornosti v zvezi s preprečevanjem in sanacijo okoljske škode*. Uradni list EU, št. L 143/56. Bruselj.
- . 2006. *Direktiva 2006/118/ES Evropskega parlamenta in Sveta o varstvu podzemne vode pred onesnaževanjem in poslabšanjem*. Uradni list EU, št. L 372/19. Bruselj.
- . 2008a. *Direktiva 2008/98/ES Evropskega parlamenta in Sveta o odpadkih in razveljavitvi nekaterih direktiv*. Uradni list EU, št. L 312/3. Bruselj.
- . 2008b. *Direktiva 2008/99/ES Evropskega parlamenta in Sveta o kazenskoopravnem varstvu okolja*. Uradni list EU, št. L 328/28. Bruselj.
- . 2012. *Direktiva 2011/92/EU Evropskega parlamenta in Sveta o presoji vplivov nekaterih javnih in zasebnih projektov na okolje*. Uradni list EU, št. L 26/1. Bruselj.
- . 2013. *Sklep št. 1386/2013/EU Evropskega parlamenta in Sveta o splošnem okoljskem akcijskem programu Unije do leta 2020 „Dobro živeti ob upoštevanju omejitev našega planeta“*. Uradni list EU, št. L 354/171. Bruselj.
- . 2014. *Sklep komisije z dne 18. decembra 2014 o spremembi Odločbe Komisije 2000/532/ES o seznamu odpadkov v skladu z Direktivo 2008/98/ES Evropskega parlamenta in Sveta*. Uradni list EU, št. L 370/44. Bruselj.
- . 2016a. *Prečiščeni različici Pogodbe o Evropski uniji in Pogodbe o delovanju Evropske Unije (2016/C 202/01)*. Uradni list EU, št. C 202/01. Bruselj.
- . 2016b. *The European Environment — State and Outlook 2015 (SOER 2015)*.

- Ferk, Mateja, Matej Gabrovec, Blaž Komac, Matija Zorn in Uroš Stepišnik. 2015. „Pleistocene Glaciation in Mediterranean Slovenia“. *Geological Society, London, Special Publications* 433 (1): 179–91. <https://doi.org/10.1144/SP433.2>.
- Ford, Derek in Paul Williams. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Frank, Eibe, Mark Hall, Geoffrey Holmes, Richard Kirkby, Bernhard Pfahringer, Ian H. Witten in Len Trigg. 2009. „Weka-A Machine Learning Workbench for Data Mining“. V *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*, uredil Oded Maimon in Lior Rokach, 1269–77. Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09823-4_66.
- Gams, Ivan. 2004. *Kras v Sloveniji v prostoru in času*. Ljubljana: Založba ZRC.
- Gemitzi, Alexandra, Christos Petalas, Vassilios Tsihrintzis in Vassilios Pisinaras. 2006. „Assessment of Groundwater Vulnerability to Pollution: A Combination of GIS, Fuzzy Logic and Decision Making Techniques“. *Environmental Geology* 49 (5): 653–73. <https://doi.org/10.1007/s00254-005-0104-1>.
- Goldscheider, Nico in David Drew, ur. 2007. *Methods in karst hydrogeology*. Leiden: Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02139-5>.
- Goldscheider, Nico, Zhao Chen, Augusto S. Auler, Michel Bakalowicz, Stefan Broda, David Drew, Jens Hartmann, Guanghui Jiang, Nils Moosdorf, Zoran Stevanović in George Veni. 2020. „Global distribution of carbonate rocks and karst water resources“. *Hydrogeology Journal* 28: 1661–1677.
- Gostinčar, Petra in Miha Čekada. 2016. „Terenski pregled jam v hidrogeološkem zaledju izvira Krke“. *Natura Sloveniae* 18 (1): 59–61.
- Graening, Gary O. in Arthur V. Brown. 2003. „Ecosystem Dynamics and Pollution Effects in an Ozark Cave Stream“. *Journal of the American Water Resources Association* 39 (6): 1497–1507. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2003.tb04434.x>.
- Gutiérrez, Francisco, Mario Parise, Jo De Waele in Herve Jourde. 2014. „A Review on Natural and Human-Induced Geohazards and Impacts in Karst“. *Earth-Science Reviews* 138: 61–88. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.08.002>.
- Habe, France. 1982. „Onesnaževanje jam Dolenjskega krasa“. *Dolenjski kras* 1: 38–41.
- Habič, Peter. 1969. „Hidrografska rajonizacija krasa v Sloveniji“. V *Krš Jugoslavije* 6, 79–88. Zagreb: Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti.

- Habič, Peter, Andrej Kranjc in Rado Gospodarič. 1973. „Osnovna speleološka karta Slovenije“. *Naše jame* 15 (1): 83–98.
- Hall, Mark, Eibe Frank, Geoffrey Holmes, Bernhard Pfahringer, Peter Reutemann in Ian H. Witten. 2009. „The WEKA Data Mining Software: An Update“. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter* 11 (1): 10–18. <https://doi.org/10.1145/1656274.1656278>.
- Halliday, William R. 2003. „Raw sewage and solid waste dumps in lava tube caves of Hawaii Island“. *Journal of Cave and Karst Studies* 65 (1): 68–75.
- Hartmann, Andreas, Nico Goldscheider, Thorsten Wagener, Jens Lange in Markus Weiler. 2014. „Karst Water Resources in a Changing World: Review of Hydrological Modeling Approaches“. *Reviews of Geophysics* 52 (3): 218–42. <https://doi.org/10.1002/2013RG000443>.
- Hartmann, Jens in Nils Moosdorf. 2012. „The New Global Lithological Map Database GLiM: A Representation of Rock Properties at the Earth Surface“. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 13 (12): 1–37. <https://doi.org/10.1029/2012GC004370>.
- Hildreth-Werker, Val in Jim C. Werker. 2006. *Cave Conservation and Restoration*. Huntsville, Alabama: National Speleological Society.
- Hoekstra, Arjen Y. in Mesfin M. Mekonnen. 2012. „The Water Footprint of Humanity“. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (9): 3232–37. <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>.
- Holsinger, John. 1966. „A preliminary study on the effects of organic pollution of Banners Corner Cave, Virginia“. *International Journal of Speleology* 2 (1/2): 75–89. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.2.1.6>.
- Hribernik, Mojca. 2010. *Varstvo kraških jam in virov pitne vode: Velenjsko in Konjiško hribovje, Dobroveljska planota, Ložniško in Hudinjsko gričevje ter Savinjska ravan*. Velenje: Koroško-šaleški jamarski klub Speleos - Siga Velenje.
- Hrvatina, Mauro. 2016. *Morfometrične značilnosti površja na različnih kamninah v Sloveniji*. Doktorska disertacija. Fakulteta za humanistične študije, Univerza na Primorskem.
- Hudoklin, Andrej. 1987. „Onesnažene jame v občinah Novo mesto in Trebnje“. *Dolenjski kras* 2: 28–30.
- . 1995. „Onesnaženost kraških jam na Dolenjskem“. *Naše jame* 37: 223–31.
- . 2002. „Onesnaženost jam“. *Dolenjski kras* 4: 69–76.

- Iliffe, Thomas M., Timothy D. Jickells in Martin S. Brewer. 1984. „Organic Pollution of an Inland Marine Cave from Bermuda“. *Marine Environmental Research* 12 (3): 173–89. [https://doi.org/10.1016/0141-1136\(84\)90002-3](https://doi.org/10.1016/0141-1136(84)90002-3).
- Illowsky, Barbara in Susan Dean. 2018. *Introductory Statistics*.
- Iván, Veronika in Judit Mádl-Szőnyi. 2017. „State of the Art of Karst Vulnerability Assessment: Overview, Evaluation and Outlook“. *Environmental Earth Sciences* 76 (3): 25. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6422-2>.
- Ivanov, Ivailo in Borislav Kirov. 2003. „Illegal Waste Dumps and Karst Health in Karlukovo, Bulgaria“. 2003. Perth: ORBIT Association.
- Jamarska zveza Slovenije. 2014. „Navodila za izpolnjevanje zapisnikov Katastra jam“. Jamarska zveza Slovenije. https://www.jamarska-zveza.si/images/Documents/Kataster/zapisniki/sl/Navodila_2014.pdf.
- Jeong, Gi Young, Soo Jin Kim in Sae Jung Chang. 2003. „Black Carbon Pollution of Speleothems by Fine Urban Aerosols in Tourist Caves“. *American Mineralogist* 88 (11–12): 1872–78. <https://doi.org/10.2138/am-2003-11-1230>.
- Jiménez-Sánchez, Monserrat, Heather Stoll, Iñaki Vadillo, Manolo López-Chicano, María Domínguez-Cuesta, Wenceslao Martín-Rosales in Mónica Meléndez-Asensio. 2008. „Groundwater contamination in caves: four case studies in Spain“. *International Journal of Speleology* 37 (1): 53–66. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.37.1.5>.
- Jordá-Borrell, Rosa, Francisca Ruiz-Rodríguez in Ángel Luís Lucendo-Monedero. 2014. „Factor Analysis and Geographic Information System for Determining Probability Areas of Presence of Illegal Landfills“. *Ecological Indicators* 37 (februar): 151–60. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.10.001>.
- Kačaroğlu, Fikret. 1999. „Review of Groundwater Pollution and Protection in Karst Areas“. *Water, Air, and Soil Pollution* 1999 (113): 337–56. <https://doi.org/10.1023/A:1005014532330>.
- Kataster jam. 2018. „Baza katastra jam“.
- Klepec, Stanislav. 1989. „Onesnažene jame v Beli krajini“. *Naše jame* 31: 53–57.
- Komac, Marko in Janko Urbanc. 2012. „Assessment of spatial properties of karst areas on a regional scale using GIS and statistics – the case of Slovenia“. *Journal of Cave and Karst Studies* 74 (3): 251–61. <https://doi.org/10.4311/2010ES0188R>.
- Kontos, Themistoklis D., Dimitrios P. Komilis in Constantinos P. Halvadakis. 2005. „Siting MSW Landfills with a Spatial Multiple Criteria Analysis Methodology“.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.04.002>.

- Kovačič, Gregor in Nataša Ravbar. 2003. „Karst aquifers vulnerability or sensitivity?“ *Acta Carsologica* 32 (2): 307–14.
- . 2005. „A Review of the Potential and Actual Sources of Pollution to Groundwater in Selected Karst Areas in Slovenia“. *Natural Hazards and Earth System Science* 5 (2): 225–33. <https://doi.org/10.5194/nhess-5-225-2005>.
- Kranjc, Andrej, ur. 1997. *Kras: Slovene classical karst*. Ljubljana: ZRC SAZU.
- Lah, Avguštin. 1998. *Voda - vodovje: poglavitni življenjski vir narave in gospodarstva*. Ljubljana: Svet za varstvo okolja Republike Slovenije.
- Laibacher Zeitung. 1913. „Gegen die Verunreinigung der Karsthöhlen“. *Laibacher Zeitung*, 11. december 1913, 8 izdaja.
- Lewis, Simon L. in Mark A. Maslin. 2015. „Defining the Anthropocene“. *Nature* 519 (7542): 171–80. <https://doi.org/10.1038/nature14258>.
- „Litostratigrafska karta Slovenije“. 2007. Ljubljana: Geološki zavod Slovenije.
- Lu, Weisheng. 2019. „Big Data Analytics to Identify Illegal Construction Waste Dumping: A Hong Kong Study“. *Resources, Conservation and Recycling* 141 (februar): 264–72. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.039>.
- Marin, Ana Isabel, Bartolomé Andreo, Monserrat Jiménez-Sánchez, María José Domínguez-Cuesta in Mónica Meléndez-Asensio. 2012. „Delineating protection areas for caves using contamination vulnerability mapping techniques: the case of Herrerías Cave, Asturias, Spain“. *Journal of Cave and Karst Studies* 74 (1): 103–15. <https://doi.org/10.4311/2011jcks0197>.
- Martel, Edouard Alfred. 1894. *Les Abîmes*. Paris: Delagrave.
- Matos, Janez. 2015. *Dejavniki prostorske razporeditve divjih odlagališč odpadkov*. Doktorska disertacija. Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani.
- Matos, Janez, Krištof Oštir in Jaka Kranjc. 2012. „Attractiveness of roads for illegal dumping with regard to regional differences in Slovenia“. *Acta geographica Slovenica* 52 (2): 431–51. <https://doi.org/10.3986/AGS52207>.
- McHugh, Mary L. 2013. „The Chi-square test of independence“. *Biochemia Medica*, 143–49. <https://doi.org/10.11613/BM.2013.018>.
- Mednarodna speleološka zveza. 2015. *Fifty Years of the UIS: 1965-2015*. Ljubljana: Založba ZRC.

- Mihalič, Klemen. 2019. „Neeksplozirana ubojna sredstva v jamah“. *Jamar* 11 (16): 28–29.
- Mihevc, Andrej. 1995. „Caves as mass-graveyards in Slovenia“. *Acta Carsologica* 24: 377–85.
- . 2017. „Forensic Speleology – Exploration of Caves Containing WW2 Human Remains in Slovenia“. Sydney: Australian Speleological Federation.
- Mihevc, Andrej, Mitja Prelovšek in Nadja Zupan Hajna. 2010. *Introduction to the Dinaric Karst*. Postojna: Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU = Karst Research Institute at ZRC SAZU.
- Ministrstvo za okolje in prostor. 2015. „The Fifth National Report on the Implementation of the Convention on Biological Diversity“. Ministrstvo za okolje in prostor.
- . 2017. „Nacionalni program varstva okolja 2030“. Ministrstvo za okolje in prostor.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development, People's Republic of China. 2013. *South China Karst: Phase II*.
- Moeinaddini, Mazaher, Nematollah Khorasani, Afshin Danehkar, Ali Asghar Darvishsefat in Mehdi Zienalyan. 2010. „Siting MSW Landfill Using Weighted Linear Combination and Analytical Hierarchy Process (AHP) Methodology in GIS Environment (Case Study: Karaj)“. *Waste Management* 30 (5): 912–20. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.01.015>.
- Muri, Gregor, Aleksandra Jovičić in Andrej Mihevc. 2013. „Source assessment of deposited particles in a Slovenian show cave (Postojnska jama): evidence of long-lasting anthropogenic impact“. *International Journal of Speleology* 42 (3): 225–33. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.42.3.6>.
- Oki, Taikan in Shinjiro Kanae. 2006. „Global Hydrological Cycles and World Water Resources“. *Science* 313 (5790): 1068–72. <https://doi.org/10.1126/science.1128845>.
- Organizacija združenih narodov. 2010. „Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020“. Organizacija združenih narodov.
- . 2015. „Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development“. Organizacija združenih narodov.
- Palmer, Arthur N. 2007. *Cave geology*. Dayton, Ohio: Cave Books.
- Panno, Samuel V., Walton R. Kelly, John Scott, Wei Zheng, Rachel E. McNeish, Nancy Holm, Timothy J. Hoellein in Elizabeth L. Baranski. 2019. „Microplastic

- Contamination in Karst Groundwater Systems“. *Groundwater* 57 (2): 189–96. <https://doi.org/10.1111/gwat.12862>.
- Papathanasoglou, A. in M. Penessi. 2015. „Waste in Caves and Potholes - Risks and Legal / Administrative Treatment in Greece“. Tinos Island: National Technical University of Athens.
- Parise, Mario in Vincenzo Pascali. 2003. „Surface and Subsurface Environmental Degradation in the Karst of Apulia (Southern Italy)“. *Environmental Geology* 44 (3): 247–56. <https://doi.org/10.1007/s00254-003-0773-6>.
- Parise, Mario, Perikli Qiriazzi in Skënder Sala. 2004. „Natural and Anthropogenic Hazards in Karst Areas of Albania“. *Natural Hazards and Earth System Science* 4 (4): 569–81. <https://doi.org/10.5194/nhess-4-569-2004>.
- Perko, Drago. 1998. „The Regionalization of Slovenia“. *Geografski Zbornik* 38 (1): 11–57.
- Perko, Drago. 2001. *Analiza površja Slovenije s stometrskim digitalnim modelom reliefa*. Geografija Slovenije 3. Ljubljana: Založba ZRC.
- Petrič, Metka, Janja Kogovšek in Nataša Ravbar. 2018. „Effects of the vadose zone on groundwater flow and solute transport characteristics in mountainous karst aquifers – the case of the Javorniki–Snežnik massif (SW Slovenia)“. *Acta Carsologica* 47 (1): 35–51. <https://doi.org/10.3986/ac.v47i1.5144>.
- Podobnikar, Tomaž. 2008. „Nadgradnja modela reliefa Slovenije z visokokakovostnimi podatki“. *Geodetski vestnik* 52 (4): 834–53.
- Prelovšek, Mitja. 2011. „Pollution and cleanup of karst caves in Slovenia“. V *Pressures and protection of the underground karst: cases from Slovenia and Croatia*, uredil Mitja Prelovšek in Nadja Zupan Hajna, 2011:101–11. Postojna: Karst Research Institute ZRC SAZU.
- . 2013. „Projekt 99: popis onesnaženosti jam na Krasu“. Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU.
- . 2015. „Zaključno poročilo o popisu onesnaženosti 90 jam na Kočevskem“. Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU.
- Pronk, Michiel, Nico Goldscheider, Jakob Zopfi in François Zwahlen. 2009. „Percolation and Particle Transport in the Unsaturated Zone of a Karst Aquifer“. *Ground Water* 47 (3): 361–69. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2008.00509.x>.
- Pulido-Bosch, Antonio, Wenceslao Martín-Rosales, Manuel López-Chicano, Carlos Rodríguez-Navarro in Angela Vallejos. 1997. „Human impact in a tourist karstic

- cave (Aracena, Spain)". *Environmental Geology* 31 (3–4): 142–49.
<https://doi.org/10.1007/s002540050173>.
- Quinlan, Ross J. 1993. *C4.5: programs for machine learning*. The Morgan Kaufmann series in machine learning. San Mateo, Calif: Morgan Kaufmann Publishers.
- Ravbar, Nataša. 2006. „Karst aquifer hazard assessment and mapping on the Classical Karst“. *Acta geographica Slovenica* 46 (2): 169–87.
<https://doi.org/10.3986/AGS46202>.
- . 2007. *The protection of karst waters*. Carsologica 6. Postojna: Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU.
- Ravbar, Nataša in Nico Goldscheider. 2007. „Proposed Methodology of Vulnerability and Contamination Risk Mapping for the Protection of Karst Aquifers in Slovenia“. *Acta Carsologica* 36 (3): 397–411.
<https://doi.org/10.3986/ac.v36i3.174>.
- . 2009. „Comparative Application of Four Methods of Groundwater Vulnerability Mapping in a Slovene Karst Catchment“. *Hydrogeology Journal* 17 (3): 725–33.
<https://doi.org/10.1007/s10040-008-0368-0>.
- Ribeiro, Daniela. 2017. *Vpliv pokrajinskih prvin na rabo zemljišč in regionalni razvoj kraških območij: na primeru Bele krajine; Impact of landscape features on land use and regional development in karst areas: a case study of Bela krajina*. Doktorska disertacija. Ljubljana: Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani.
- Ribeiro, Daniela in Jure Tičar. 2017. „The Problematics of Cave Pollution in Bela Krajina“. *Natura Sloveniae* 19 (1): 43–45.
- Romero, Aldemaro. 2009. „Cave Biology Life in Darkness“ 2009: 319.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511596841>.
- Saaty, Thomas L. 1990. „How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process“. *European Journal of Operational Research* 48 (1): 9–26.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I).
- . 2008. „Decision Making with the Analytic Hierarchy Process“. *International Journal of Services Sciences* 1 (1): 83.
<https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>.
- . 2014. „Analytic Hierarchy Process“. V *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, uredil N. Balakrishnan, Theodore Colton, Brian Everitt, Walter Piegorsch, Fabrizio Ruggeri in Jozef L. Teugels, stat05310. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat05310>.

- Salomon, Jean-Noël. 2006. *Précis de karstologie*. Pessac (Gironde): Presses universitaires de Bordeaux.
- Schwarzenbach, René P., Thomas Egli, Thomas B. Hofstetter, Urs von Gunten in Bernhard Wehrli. 2010. „Global Water Pollution and Human Health“. *Annual Review of Environment and Resources* 35 (1): 109–36. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-100809-125342>.
- Şener, Şehnaz, Erhan Sener in Remzi Karagüzel. 2011. „Solid Waste Disposal Site Selection with GIS and AHP Methodology: A Case Study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey“. *Environmental Monitoring and Assessment* 173 (1–4): 533–54. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1403-x>.
- Shi, Zhengtao, Xinyou Liu, Yong Liu, Ying Huang in Haiying Peng. 2009. „Catastrophic Groundwater Pollution in a Karst Environment: A Study of Phosphorus Sludge Waste Liquid Pollution at the Penshuidong Cave in Yunnan, China“. *Environmental Earth Sciences* 59 (4): 757–63. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0071-z>.
- Shiklomanov, Igor A. 1993. „World fresh water resources“. V *Water in Crisis: A Guide to World's Freshwater Resources*, uredil Peter H. Gleick, 13–24. New York: Oxford University Press.
- Shiklomanov, Igor A. in Arseny A. Sokolov. 1983. „Methodological Basis of World Water Balance Investigation and Computation“. *IAHS Publications, New Approaches in Water Balance Computation*, št. 148: 77–92.
- Silvestri, Sonia in Mohamed Omri. 2008. „A Method for the Remote Sensing Identification of Uncontrolled Landfills: Formulation and Validation“. *International Journal of Remote Sensing* 29 (4): 975–89. <https://doi.org/10.1080/01431160701311317>.
- Simić, Marko. 2000a. „Čiščenje jam s pomočjo Heliosovega sklada za ohranjanje slovenskih voda“. *Naše jame* 42: 156–61.
- . 2000b. „Prispevek k poznavanju zgodovine varstva jam na Slovenskem ob pripravi Zakona o varstvu podzemnih jam“. *Naše jame* 42: 49–75.
- Simon, Kevin in Fred Benfield. 2001. „Leaf and Wood Breakdown in Cave Streams“. *Journal of the North American Benthological Society* 20 (4): 550–63. <https://doi.org/10.2307/1468087>.
- Simon, Kevin S. in Arthur L. Buikema. 1997. „Effects of Organic Pollution on an Appalachian Cave: Changes in Macroinvertebrate Populations and Food

- Supplies“. *American Midland Naturalist* 138 (2): 387.
<https://doi.org/10.2307/2426830>.
- Smrekar, Aleš. 2007. *Divja odlagališča odpadkov na območju Ljubljane*. Georitem 1. Ljubljana: Založba ZRC.
- Song, Guobao, Yu Chen, Meirong Tian, Shihai Lv, Shushen Zhang in Suling Liu. 2010. „The Ecological Vulnerability Evaluation in Southwestern Mountain Region of China Based on GIS and AHP Method“. *Procedia Environmental Sciences* 2: 465–75. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.051>.
- Song, Guobao, Zhe Li, Yangang Yang, Henry Musoke Semakula in Shushen Zhang. 2015. „Assessment of Ecological Vulnerability and Decision-Making Application for Prioritizing Roadside Ecological Restoration: A Method Combining Geographic Information System, Delphi Survey and Monte Carlo Simulation“. *Ecological Indicators* 52 (maj): 57–65.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.11.032>.
- Steffen, Will, Wendy Broadgate, Lisa Deutsch, Owen Gaffney in Cornelia Ludwig. 2015. „The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration“. *The Anthropocene Review* 2 (1): 81–98. <https://doi.org/10.1177/2053019614564785>.
- Stevanović, Zoran. 2015. „Characterization of Karst Aquifer“. V *Karst Aquifers - Characterization and Engineering*, uredil Zoran Stevanović, 47–126. Professional Practice in Earth Sciences. Cham: Springer.
- . 2018. „Global Distribution and Use of Water from Karst Aquifers“. *Geological Society, London, Special Publications* 466 (1): 217–36.
<https://doi.org/10.1144/SP466.17>.
- Svetovna zveza za varstvo narave. 2016. „IUCN European Work Programme 2017-2020“. Svetovna zveza za varstvo narave.
<https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/iucn-european-work-programme-2017-2020.pdf>.
- Šebela, Stanka, Mitja Prelovšek in Janez Turk. 2013. „Impact of Peak Period Visits on the Postojna Cave (Slovenia) Microclimate“. *Theoretical and Applied Climatology* 111 (1–2): 51–64. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0644-8>.
- Šebenik, Igor. 1994. „Geografska presoja odlaganja odpadkov v nekaterih pokrajinskih tipih Slovenije“. *Geographica Slovenica* 26 (1): 1–132.

- Šedová, Barbora. 2016. „On Causes of Illegal Waste Dumping in Slovakia“. *Journal of Environmental Planning and Management* 59 (7): 1277–1303. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1072505>.
- Tasaki, Tomohiro, Takatsune Kawahata, Masahiro Osako, Yasuhiro Matsui, Susumu Takagishi, Akihiro Morita in Shigeki Akishima. 2007. „A GIS-Based Zoning of Illegal Dumping Potential for Efficient Surveillance“. *Waste Management* 27 (2): 256–67. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.01.018>.
- Tasaki Tomohiro, Matsui Yasuhiro, Kawahata Takatsune, Osako Masahiro, Takagishi Susumu in Morita Akihiro. 2004. „Analysis of Geographic Attributes and Probabilities Related to Illegal Dumping“. *Journal of the Japan Society of Waste Management Experts* 15 (1): 1–10. <https://doi.org/10.3985/jswme.15.1>.
- Tičar, Jure in Miha Čekada. 2018. „Natančnost določanja lege naravnih vrednot v Sloveniji na primeru kraških jam“. *GIS v Sloveniji* 14: 47–55.
- Tičar, Jure in Daniela Ribeiro. 2018. „Identification of Cave Pollution in the Kras Plateau, Slovenia“. *Natura Sloveniae* 20 (2): 61–64.
- Triglav Čekada, Mihaela in Vasja Bric. 2015. „Končan je projekt laserskega skeniranja Slovenije“. *Geodetski vestnik* 59 (3): 586–92.
- UNESCO. 2017. „Convention Concerning the Protection of The World Cultural and Natural Heritage“. UNESCO.
- Uradni list RS. 2004. *Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot*. Uradni list RS, št. 111/04. Ljubljana.
- . 2006. *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o določitvi in varstvu naravnih vrednot*. Uradni list RS, št. 70/06. Ljubljana.
- . 2009. *Pravilnik o spremembi Pravilnika o določitvi in varstvu naravnih vrednot*. Uradni list RS, št. 58/09. Ljubljana.
- . 2010. *Pravilnik o spremembah Pravilnika o določitvi in varstvu naravnih vrednot*. Uradni list RS, št. 93/10. Ljubljana.
- . 2015a. *Pravilnik o spremembah in dopolnitvi Pravilnika o določitvi in varstvu naravnih vrednot*. Uradni list RS, št. 23/15. Ljubljana.
- . 2015b. *Uredba o odpadkih*. Uradni list RS, št. 37/15. Ljubljana.
- . 2019. *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o določitvi in varstvu naravnih vrednot*. Uradni list RS, št. 7/19. Ljubljana.
- . 2019. *Resolucija o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije*. Uradni list RS, št. 59/19. Ljubljana.

- Valentić, Lara. 2018. *Analiza mikroplastike v izbranih površinskih in podzemeljskih kraških vodah*. Magistrsko delo. Fakulteta za znanosti o okolju, Univerza v Novi Gorici.
- Valvasor, Janez Vajkard. 2009. *Slava vojvodine Kranjske*. Ljubljana: Zavod Dežela Kranjska.
- Van Beynen, Philip in Kaya Townsend. 2005. „A Disturbance Index for Karst Environments“. *Environmental Management* 36 (1): 101–16. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0265-9>.
- Veni, George. 1999. „A Geomorphological Strategy for Conducting Environmental Impact Assessments in Karst Areas“. *Geomorphology* 31 (1–4): 151–80. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00077-X](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00077-X).
- Vesper, Dorothy J., Caroline M. Loop in William B. White. 2003. „Contaminant Transport in Karst Aquifers“. *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers* 1 (2): 1–11.
- Vörösmarty, Charles J., Pamela Green, Joseph Salisbury in Richard B. Lamers. 2000. „Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth“. *Science* 289 (5477): 284–88. <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.284>.
- Vörösmarty, Charles J., Pete B. McIntyre, Mark O. Gessner, David Dudgeon, Alexander A. Prusevich, Pamela Green, Stanley Glidden, Stuart E. Bunn, Caroline A. Sullivan, Reidy C. Liermann in Peter M. Davies. 2010. „Global Threats to Human Water Security and River Biodiversity“. *Nature* 467 (7315): 555–61. <https://doi.org/10.1038/nature09440>.
- Waters, Colin N., Jan A. Zalasiewicz, Mark Williams, Michael A. Ellis in Andrea M. Snelling. 2014. „A Stratigraphical Basis for the Anthropocene?“ *Geological Society, London, Special Publications* 395 (1): 1–21. <https://doi.org/10.1144/SP395.18>.
- Waters, Colin N., Jan Zalasiewicz, Colin Summerhayes, Anthony D. Barnosky, Clément Poirier, Agnieszka Gałuszka, Alejandro Cearreta, Matt Edgeworth, Erle C. Ellis, Michael Ellis, Catherine Jeandel, Reinhold Leinfelder, J. R. McNeill, Daniel deB. Richter, Will Steffen, James Syvitski, Davor Vidas, Michael Wagreich, Mark Williams, An Zhisheng, Jacques Grinevald, Eric Odada, Naomi Oreskes in

- Alexander P. Wolfe. 2016. „The Anthropocene Is Functionally and Stratigraphically Distinct from the Holocene“. *Science* 351 (6269): aad2622–aad2622. <https://doi.org/10.1126/science.aad2622>.
- Watson, John, Elery Hamilton-Smith, David Gillieson in Kevin Kiernan. 1997. *Guidelines for Cave and Karst Protection*. Gland, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature.
- White, William B. 2002. „Karst Hydrology: Recent Developments and Open Questions“. *Engineering Geology* 65 (2–3): 85–105. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(01\)00116-8](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(01)00116-8).
- Williams, Paul. 2008. „World Heritage Caves and Karst: A Thematic Study“. IUCN.
- Witte, Robert S. in John S. Witte. 2017. *Statistics*. Eleventh edition. Hoboken, NJ: Wiley.
- Witten, Ian H., Eibe Frank, Mark A. Hall in Christopher J. Pal. 2017. *Data mining: practical machine learning tools and techniques*. Fourth Edition. Amsterdam: Elsevier.
- Wood, Paul J., John Gunn in Joy Perkins. 2002. „The Impact of Pollution on Aquatic Invertebrates within a Subterranean Ecosystem - out of Sight out of Mind“. *Fundamental and Applied Limnology* 155 (2): 223–37. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/155/2002/223>.
- Wood, Paul J., John Gunn in Simon Rundle. 2008. „Response of Benthic Cave Invertebrates to Organic Pollution Events“. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18 (6): 909–22. <https://doi.org/10.1002/aqc.933>.
- Wrigley, Neil. 2002. *Categorical data analysis for geographers and environmental scientists*. Caldwell: Blackburn Press.
- Wu, Pan, Changyuan Tang, Lijun Zhu, Congqiang Liu, Xuefang Cha in Xiuzhen Tao. 2009. „Hydrogeochemical Characteristics of Surface Water and Groundwater in the Karst Basin, Southwest China“. *Hydrological Processes* 23 (14): 2012–22. <https://doi.org/10.1002/hyp.7332>.
- Zakon o financiranju občin*. 2006. Št. 123/06. Ljubljana.
- Zakon o kritični infrastrukturi*. Uradni list RS. 2017. Št. 75/17. Ljubljana.
- Zakon o varstvu podzemnih jam*. Uradni list RS. 2004. Št. 2/04. Ljubljana.
- Zalasiewicz, Jan, Colin N. Waters, Juliana A. Ivar do Sul, Patricia L. Corcoran, Anthony D. Barnosky, Alejandro Cearreta, Matt Edgeworth, Agnieszka Gałuszkah, Catherine Jeandeli, Reinhold Leinfelderj, J.R. McNeillk, Will Steffenl, Colin Summerhayesm, Michael Wagerichn, Mark Williamsa, Alexander P. Wolfeo in

- Yasmin Yonana. 2016. „The Geological Cycle of Plastics and Their Use as a Stratigraphic Indicator of the Anthropocene“. *Anthropocene* 13 (marec): 4–17. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.01.002>.
- Zelenović Vasiljević, Tamara, Zorica Srdjević, Ratko Bajčetić in Mirjana Vojinović Miloradov. 2012. „GIS and the Analytic Hierarchy Process for Regional Landfill Site Selection in Transitional Countries: A Case Study From Serbia“. *Environmental Management* 49 (2): 445–58. <https://doi.org/10.1007/s00267-011-9792-3>.
- Zorn, Matija, Bojan Erhartič, Blaž Komac in Christophe Gauchon. 2009. „La Slovénie, berceau du géotourisme karstique“. *Karstologia : revue de karstologie et de spéléologie physique* 54 (1): 1–10. <https://doi.org/10.3406/karst.2009.2655>.
- Zupan Hajna, Nadja. 2004. „Karst in Slovenia“. V *Slovenia: A Geographical Overview*, uredil Milan Orožen Adamič, 39–44. Ljubljana: Zveza geografskih društev Slovenije.
- Zwahlen, François, ur. 2003. „Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karst) Aquifers“. *COST Action 620*, 42.
- . 2004. *Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karst) Aquifers*. COST Action 620. Brussels: European Commission.

11 GRAFIČNE PRILOGE

11.1 Seznam slik

Slika 1: Nekateri izbrani učinki družbenega napredka po 2. svetovni vojni oziroma obdobja antropocena, ki ga poimenujemo obdobje »velikega pospeška« (prirejeno po Steffen in sodelavci 2015).	6
Slika 2: Razporeditev vodnih zalog na Zemlji v 1000 km ³ (prirejeno po Dingman 2015, 68).	8
Slika 3: Križna jama spada med ene izmed najbolj ohranjenih in sonaravno upravljanih turističnih jam v Sloveniji, vendar jo ogroža dotok onesnažene vode (fotografija: Peter Gedei, 6. 12. 2017).	9
Slika 4: Zakraselo in ledeniško preoblikovano območje Lovčena v Črni gori (fotografija: Jure Tičar, 3. 5. 2019).	10
Slika 5: Izvir Krupe v Beli krajini je zaradi nelegalnega odlaganja industrijskih odpadkov v kraškem zaledju onesnažen s polikloriranimi bifenili (PCB) (fotografija: Jure Tičar, 12. 8. 2018).	12
Slika 6: Raznovrstni kosovni odpadki v Breznu II na Petrovki v Suhi krajini (fotografija: Leopold Bregar, 7. 11. 2019).	14
Slika 7: Škocjanske jame, ki jih je oblikoval ponor Reke, so pomemben del Unesco dediščine že od leta 1986 (fotografija: Jure Tičar, 11. 2. 2018).	20
Slika 8: Zakon o varstvu podzemnih jam pomeni neposredno pravno varovanje podzemnih jam v Sloveniji in je zgled za pravno ureditev tudi v drugih državah (vir: Zakon o varstvu podzemnih jam 2004).	22
Slika 9: Turško jamo v Gojdašnici pri Žirovnici je krajevno prebivalstvo uporabljalo za zavetišče v času turških vpadov na slovensko ozemlje (fotografija: Jure Tičar, 5. 1. 2020).	26
Slika 10: Čiščenje jame Müllerloch (kat. št. 2429) v okviru projekta LIFE Kočevsko (fotografija: Tomaž Grdin, 1. 4. 2017).	28
Slika 11: Preučevane kraške jame v izbranih pokrajinah in tipih krasa.	30
Slika 12: Arhivsko gradivo, ki ga hrani Kataster jam Jamarske zveze Slovenije (fotografija: Jure Tičar, 27. 6. 2011).	34
Slika 13: Primer uvodne strani A – zapisnika ob registraciji jame (fotografija: Jure Tičar, 7. 7. 2019).	36

Slika 14: Primer izpolnjenega zapisnika o stanju jam (zapisnik – H) za brezno Pipenca (fotografija: Jure Tičar, 30. 12. 2019).....	37
Slika 15: Načrt onesnažene jame pod cesto, kjer je jasno predstavljena njena onesnaženost (vir podatkov: Kataster jam 2018).	41
Slika 16: Primer poškodbe kapnikov v Dolgi jami pri Koblarjih (kat. št. 94) oziroma Koblarski jami ob vznožju Male Gore na Kočevskem, iz katere so za preprodajo iznesli veliko kapnikov ter jih poškodovali s sekirami in žagami (fotografija: Leopold Bregar, 30. 5. 2020).	43
Slika 17: Primer večje poškodbe jame z napisi na kapnikih in stenah Vranje jame (kat. št. 88) nad Planinskim poljem (fotografija: Jure Tičar, 27. 4. 2020).	44
Slika 18: Neeksplodirana ubojna sredstva v Golobji jami (kat. št. 1880) na Krasu pred iznosom Državne enote za varstvo pred neeksplodiranimi ubojnimi sredstvi (fotografija: Jure Tičar, 14. 7. 2020).	50
Slika 19: Valska jama (kat. št. 946) v Brestoviškem dolu na Krasu je bila v 1. svetovni vojni preurejena v vojaško bolnišnico, ki je v zaledju fronte oskrbovala do 1000 vojakov (fotografija: Jure Tičar, 6. 10. 2019).	53
Slika 20: Dolina Triglavskih jezer z okoliškimi vrhovi, z značilnim alpskim oziroma visokogorskim krasom (fotografija: Jure Tičar, 15. 9. 2019).	59
Slika 21: Vhod v Jamo pri Bosanski bajti (kat. št. 2802) v osrednjem delu Gorjancev je tik ob gozdni cesti. Vhodni del jame je bil že večkrat onesnažen (fotografija: Jure Tičar, 20. 12. 2015).	62
Slika 22: Delovanje čistilnih naprav na Bloški planoti močno ogroža Križno jamo (kat. št. 65), saj se neprečiščene vode odvajajo neposredno v ponor Farovščice. Križna jama je nabolj ogrožena ob visokih vodostajih, saj se ob nizkih vodostajih voda pretaka proti drugim izvirom na Cerkniškem polju (Kogovšek, Prelovšek in Petrič 2008).	65
Slika 23: Čiščenje odpadkov iz najvišje ležeče onesnažene jame v Sloveniji (2457 m n. v.), Ivačičeve jame (kat. št. 2399) pod Kredarico (fotografija: Jure Tičar, 26. 10. 2019).	73
Slika 24: Povečanje dostopnosti gorskega sveta z žičnicami vodi v povečanje onesnaženosti kraških jam kot na primeru Kanina, kjer onesnaženost jam vpliva tudi na onesnaženost kraških izvirov (fotografija: Jure Tičar, 22. 5. 2016).	75
Slika 25: Stanje onesnaženosti jam v Julijskih Alpah.	76
Slika 26: Stanje onesnaženosti jam v Ložniškem in Hudinjskem gričevju.	80

Slika 27: Stanje onesnaženosti jam v Posavskem hribovju.....	84
Slika 28: Jama na Studencu (kat. št. 3074) je vzhodno od Ljubljane in je izoblikovana v konglomeratu. Jama je v času 2. svetovne vojne služila v namene NOB, danes pa je zatrpana s smetmi (fotografija: Jure Tičar, 22. 10. 2019).....	86
Slika 29: Stanje onesnaženosti jam na Savski ravni.....	88
Slika 30: Izvir Hublja na južnem pobočju Trnovskega gozda, je največji kraški izvir v Vipavski dolini, v zaledju pa smo odkrili številne močno onesnažene jame (fotografija: Jure Tičar, 2. 4. 2018).....	91
Slika 31: Stanje onesnaženosti jam v Vipavski dolini.....	92
Slika 32: Vhod v Jamo pod Krogom (Č-6) (kat. št. 3756) med Podpečjo in Črnotičami, ki je bila v preteklosti zaradi enostavnega dostopa poškodovana s številnimi napisi na kapnikih in stenah, v vhodnem delu pa so potekala arheološka izkopavanja (fotografija: Jure Tičar, 1. 1. 2020).....	95
Slika 33: Stanje onesnaženosti jam v Koprskih brdih.	96
Slika 34: V Jamo v Bjekovniku (kat. št. 275), južno od Sežane, so v preteklosti odvrgli veliko odpadkov. Stanje še poslabšuje odtok odpadne vode s Sežanske čistilne naprave, ki so ga speljali v jamo in priteka skozi kraško podzemlje neposredno v tok podzemne Reke v Jami 1 v Kanjaducah (kat. št. 276) v t. i. »Sežanskem slapu« (fotografija: Jure Tičar, 7. 4. 2018).....	99
Slika 35: Stanje onesnaženosti jam na Krasu.	101
Slika 36: Primer nelegalnega odlagališča odpadkov v Marnošovi jami (kat. št. 3640) v Podgrajskem podolju (fotografija: Matej Zalokar, 4. 11. 2014).....	103
Slika 37: Račiška pečina (kat. št. 942) v Podgrajskem podolju je ena izmed najpomembnejših jam v Sloveniji z vidika znanstvenih raziskav, vendar je bila v času Jugoslavije preurejena v vojaško skladišče ter močno poškodovana (fotografija: Jure Tičar, 15. 11. 2008).....	105
Slika 38: Stanje onesnaženosti jam na Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju.	107
Slika 39: V vhodnem delu Velike ledene jame v Paradani (kat. št. 742) so nekoč pridobivali led in ga izvažali celo v Egipt (fotografija: Jure Tičar, 19. 7. 2017).	110
Slika 40: Stanje onesnaženosti jam na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici.....	112

Slika 41: V slovenskih jamah se še vedno najde veliko človeških ostankov. Med znanimi množičnimi grobišči je tudi Krimska jama (kat. št. 293) (fotografija: Jure Tičar, 14. 8. 2020).	115
Slika 42: Stanje onesnaženosti jam na Krimskem hribovju in Menišiji.	117
Slika 43: V zaledju izvira Globočec, ki je glavni vir pitne vode v Suhi krajini, najdemo številne onesnažene jame (fotografija: Jure Tičar, 12. 5. 2012).	120
Slika 44: Stanje onesnaženosti jam v Suhi krajini in Dobropolju.	122
Slika 45: Brezno Ravnica (kat. št. 2630) v neposredni bližini Juršč je s 4000 m ³ odpadkov najbolj onesnažena jama v Sloveniji. Podobno kot pri mnogih močno onesnaženih jamah je tudi tu na vhodu zgrajena betonska rampa za odmetavanje odpadkov (fotografija: Jure Tičar, 24. 6. 2020).	124
Slika 46: Stanje onesnaženosti jam v Pivškem podolju in Vremščici.	127
Slika 47: Napisi na stenah Jame 1 v Mahovniku (kat. št. 2816) (fotografija: Jure Tičar, 17. 7. 2020).	129
Slika 48: Stanje onesnaženosti jam v Ribniško-Kočevskem podolju.	132
Slika 49: Stanje onesnaženosti jam v Dolenjskem podolju.	136
Slika 50: Vhod v Jamo dobrega pajka (kat. št. 6676) v bližini Semiča je popolnoma zasut z odpadki (fotografija: Jure Tičar, 28. 6. 2016).	139
Slika 51: Stanje onesnaženosti jam v Beli krajini.	141
Slika 52: Stanje onesnaženosti jam v Srednjesotelskem gričevju.	144
Slika 53: Nelegalen izkop in odstranitev peščenih sedimentov iz Jame v Šteginji (kat. št. 633) (fotografija: Jure Tičar, 30. 3. 2011).	146
Slika 54: Ajdovska jama pri Nemški vasi (kat. št. 417) je izjemno pomembno arheološko najdišče (fotografija: Jure Tičar, 11. 1. 2020).	147
Slika 55: Stanje onesnaženosti jam v Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju. ...	149
Slika 56: Delež jam po obdobjih zadnje pridobljene informacije o stanju jame.	151
Slika 57: Čistilna akcija v jami Mala Vratnica (kat. št. 164) nad Globodolom, iz katere je bilo odstranjeno okoli 5 m ³ odpadkov (fotografija: Jure Tičar, 15. 9. 2018).	152
Slika 58: Stanje onesnaženosti jam v izbranih pokrajinah v Sloveniji.	154
Slika 59: Stanje jam v izbranih pokrajinah.	155
Slika 60: Stopnja onesnaženosti jam v izbranih pokrajinah.	156
Slika 61: Nadmorske višine vhodov čistih in onesnaženih jam v izbranih pokrajinah.	156
Slika 62: Poškodovanost jam v izbranih pokrajinah.	159

Slika 63: Delež poškodovanih jam v izbranih pokrajinah glede na njihovo onesnaženost.	160
Slika 64: Ocenjena skupna količina odpadkov v onesnaženih jamah v izbranih pokrajinah.	161
Slika 65: Povprečna količina odpadkov v jamah v izbranih pokrajinah.	162
Slika 66: Posebne kategorije odpadkov v onesnaženih jamah.	164
Slika 67: Na dnu Kipine jame (kat. št. 853) v okolici Bojanje vasi je odložena velika količina gradbenih in komunalnih odpadkov (fotografija: Jure Tičar, 20. 4. 2016).	165
Slika 68: Onesnažene jame z neeksplozivnimi ubojnimi sredstvi v izbranih pokrajinah.	166
Slika 69: Primerjava deleža jam z navpičnim vhodom v izbranih pokrajinah glede na stopnjo onesnaženosti.	167
Slika 70: Velikost vhodov jam v izbranih pokrajinah glede na njihovo onesnaženost.	169
Slika 71: Povprečni nakloni površja v okolici jam v primerjavi s stopnjo onesnaženosti jam v izbranih pokrajinah.	171
Slika 72: Deleži čistih in onesnaženih jam po razredih vodnega odtoka.	173
Slika 73: Položaj vhodov v gozdovih v izbranih pokrajinah glede na njihovo onesnaženost.	174
Slika 74: Onesnaženost jam v bližini cest na območju med Krimom in Ljubljanskim barjem.	177
Slika 75: Oddaljenost jam od najbližjih cest v izbranih pokrajinah glede na stopnjo onesnaženosti.	178
Slika 76: Deleži jam nad cesto v izbranih pokrajinah glede na njihovo onesnaženost.	179
Slika 77: Višinska razlika med jamami in cestami glede na onesnaženost jam v izbranih pokrajinah.	180
Slika 78: Onesnažene jame v bližini žičnic na Kaninu.	181
Slika 79: Onesnažene jame v bližini naselja Visejec v Suhi krajini.	182
Slika 80: Oddaljenost jam od objektov glede na stopnjo onesnaženosti jam v izbranih pokrajinah.	183
Slika 81: Število prebivalcev v oddaljenosti 1000 m od jam glede na onesnaženost jam v izbranih pokrajinah.	184
Slika 82: Divja odlagališča v bližini onesnaženih jam v okolici Ivančne Gorice.	190
Slika 83: Stanje jam na zavarovanem območju Nature 2000 na Rašici.	192

Slika 84: Stanje jam na državnih vodovarstvenih območjih v zaledju izvirov Obrh in črpališča Gornji Suhor v Beli krajini.	194
Slika 85: Razporeditev jam po nadmorski višini glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.	199
Slika 86: Razporeditev jam po velikosti vhoda glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.	201
Slika 87: Razporeditev jam po naklonu površja v okolici jame glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.	203
Slika 88: Razporeditev jam po oddaljenosti od ceste glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.	205
Slika 89: Razporeditev jam po višinskih razlikah med jamo in cesto glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.	206
Slika 90: Razporeditev oddaljenosti jam od objektov glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.	208
Slika 91: Razporeditev števila prebivalcev v okolici jam glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.	209
Slika 92: Razporeditev zmogljivosti odpadkov v okolici jam glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.	211
Slika 93: Razporeditev oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.	212
Slika 94: Razporeditev števila divjih odlagališč v okolici jam glede na stanje jam in stopnjo onesnaženosti.	214
Slika 95: Odločitveno drevo za napovedovanje onesnaženosti jam.	219
Slika 96: Matrika za dodeljevanje uteži.	226
Slika 97: Razporeditev vrednosti onesnaženih jam v Sloveniji na temelju modela PRESOJ.	228
Slika 98: Razporeditev vrednosti modela PRESOJ v škatli z brki.	229
Slika 99: Razporeditev vrednosti modela PRESOJ za posamezne pokrajine v škatlah z brki.	232
Slika 100: Zemljevid razporeditve vrednosti modela PRESOJ za posamezne pokrajine.	239
Slika 101: Zemljevid deleža onesnaženih jam v Sloveniji po pokrajinah.	247
Slika 102: Primerjava deležev registriranih jam ter vseh onesnaženih jam v obdobju 1900–2018 z opaznim trendom rasti slednjih.	252

Slika 103: Rast deleža onesnaženosti jam glede na število registriranih jam na letni ravni v obdobju 1900–2018.	253
--	-----

11.2 Seznam preglednic

Preglednica 1: Razporeditev kraških jam, vključenih v raziskavo, glede na naravnogeografsko regionalizacijo (Perko 1998) in prevladujoči tip krasa (Gams 2004, 249; Kataster jam 2018).....	32
Preglednica 2: Kategorije pridobljenih podatkov iz Katastra jam (2018).	39
Preglednica 3: Pridobivanje informacij o stanju onesnaženosti jam po viru podatkov..	55
Preglednica 4: V raziskavi uporabljeni prostorski podatki, njihov vir in leto izvora....	67
Preglednica 5: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Julijskih Alpah.	72
Preglednica 6: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Ložniškem in Hudinjskem gričevju.	77
Preglednica 7: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Posavskem hribovju.....	81
Preglednica 8: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam na Savski ravni.....	85
Preglednica 9: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Vipavski dolini.....	89
Preglednica 10: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Koprskih brdih.	93
Preglednica 11: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam na Krasu.	97
Preglednica 12: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Podgorskem krasu, Čičariji in Podgrajskem podolju.	102
Preglednica 13: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam na Trnovskem gozdu, Nanosu in Hrušici.	108
Preglednica 14: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Krimskem hribovju in Menišiji.	113
Preglednica 15: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Suhi krajini in Dobropolju.	118
Preglednica 16: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Pivškem podolju in Vremščici.	123
Preglednica 17: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Ribniško-Kočevskem podolju.	128
Preglednica 18: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Dolenjskem podolju.....	133
Preglednica 19: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Beli krajini.	137
Preglednica 20: Seznam onesnaženih jam v Srednjesotelskem gričevju.	142

Preglednica 21: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v Krškem, Senovskem in Bizeljskem gričevju.	145
Preglednica 22: Seznam desetih najbolj onesnaženih jam v izbranih pokrajinah.	153
Preglednica 23: Cramerjevi koeficienti (C_{CR}) povezanosti med stanjem jam ter trinajstimi vplivnimi dejavniki. Rdeča barva označuje dejavnike z večjim vplivom, zelena pa dejavnike z manjšim vplivom.	215
Preglednica 24: Cramerjevi koeficienti (C_{CR}) povezanosti med stopnjo onesnaženosti jam ter trinajstimi vplivnimi dejavniki. Rdeča barva označuje dejavnike z večjim vplivom, zelena pa dejavnike z manjšim vplivom.....	216
Preglednica 25: Osnovni rezultati izdelave modela odločitvenega drevesa.	218
Preglednica 26: Razmerje med dejavniki temelji na številčnih vrednostih (prirejeno po Saaty 1990).	223
Preglednica 27: Vrednotenje spremenljivk v matriki (prirejeno po Saaty 1990).	223
Preglednica 28: Vrednotenje primerjalnih matrik AHP.	225
Preglednica 29: Podrobna razporeditev posameznih uteži po vplivnih dejavnikih. Z močnejšimi odtenki zelene barve so prikazani bolj pomembni vplivni dejavniki na temelju AHP matrike.	227
Preglednica 30: Osnovni rezultati modela PRESOJ za posamezne pokrajine glede na kvartile. Obarvanost z rdečo barvo opredeljuje pokrajine z višjimi vrednostmi, obarvanost z zeleno barvo pa pokrajine z nižjimi vrednostmi.	231
Preglednica 31: Primerjava modela PRESOJ in izbranih podatkov o onesnaženosti jam. Obarvanost z rdečo barvo opredeljuje pokrajine z višjimi vrednostmi, obarvanost z zeleno barvo pa pokrajine z nižjimi vrednostmi.	233
Preglednica 32: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah višine površja.	294
Preglednica 33: Deleži kategorij višine površja v % po čistih in onesnaženih jamah..	294
Preglednica 34: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah višine površja..	294
Preglednica 35: Število čistih in onesnaženih jam po poškodovanosti jam.	294
Preglednica 36: Deleži kategorij poškodovanosti jam v % po čistih in onesnaženih jamah.	294
Preglednica 37: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah poškodovanosti jam.	295
Preglednica 38: Število čistih in onesnaženih jam po tipu vhoda.	295
Preglednica 39: Deleži kategorij vhodov v % po čistih in onesnaženih jamah.	295
Preglednica 40: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah tipov vhodov...	295

Preglednica 41: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah velikosti vhoda.....	295
Preglednica 42: Deleži kategorij velikosti vhoda v % po čistih in onesnaženih jamah.	296
Preglednica 43: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah velikosti vhoda.	296
Preglednica 44: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah naklonov površja v okolici jam.	296
Preglednica 45: Deleži kategorij naklonov površja v okolici jam v % po čistih in onesnaženih jamah.	296
Preglednica 46: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah naklonov površja v okolici jam.	296
Preglednica 47: Število čistih in onesnaženih jam po položaju jam glede na cesto.	297
Preglednica 48: Deleži kategorij položajev jam glede na cesto v % po čistih in onesnaženih jamah.	297
Preglednica 49: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah položajev jam glede na cesto.	297
Preglednica 50: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih cest.	297
Preglednica 51: Deleži kategorij oddaljenosti jam od najbližjih cest v % po čistih in onesnaženih jamah.	297
Preglednica 52: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih cest.	298
Preglednica 53: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah višinske razlike jam od cest.	298
Preglednica 54: Deleži kategorij višinske razlike jam od cest v % po čistih in onesnaženih jamah.	298
Preglednica 55: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah višinske razlike jam od cest.	298
Preglednica 56: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih objektov.	299
Preglednica 57: Deleži kategorij oddaljenosti jam od najbližjih objektov v % po čistih in onesnaženih jamah.	299
Preglednica 58: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih objektov.	299

Preglednica 59: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam.	299
Preglednica 60: Deleži kategorij števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam v % po čistih in onesnaženih jamah.	300
Preglednica 61: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam.	300
Preglednica 62: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah zmogljivosti odpadkov v okolici jam.	300
Preglednica 63: Deleži kategorij zmogljivosti odpadkov v okolici jam v % po čistih in onesnaženih jamah.	300
Preglednica 64: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah zmogljivosti odpadkov.	301
Preglednica 65: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč.	301
Preglednica 66: Deleži kategorij oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč v % po čistih in onesnaženih jamah.	301
Preglednica 67: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč.	301
Preglednica 68: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah števila divjih odlagališč v polmeru 1000 m od jam.	302
Preglednica 69: Deleži kategorij števila divjih odlagališč v polmeru 1000 m od jam v % po čistih in onesnaženih jamah.	302
Preglednica 70: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah števila divjih odlagališč v polmeru 1000 m od jam.	302
Preglednica 71: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah višine površja.	303
Preglednica 72: Deleži kategorij višine površja v % po tipu onesnaženih jam.	303
Preglednica 73: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah višine površja.	303
Preglednica 74: Število različnih tipov onesnaženih jam po poškodovanosti jam.	303
Preglednica 75: Deleži kategorij poškodovanosti jam v % po tipu onesnaženih jam. .	304
Preglednica 76: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah poškodovanosti jam.	304
Preglednica 77: Število različnih tipov onesnaženih jam po tipu vhoda.	304
Preglednica 78: Deleži kategorij vhodov v % po tipu onesnaženih jam.	304

Preglednica 79: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah tipov vhodov.	304
Preglednica 80: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah velikosti vhoda.	305
Preglednica 81: Deleži kategorij velikosti vhoda v % po tipu onesnaženih jam.....	305
Preglednica 82: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah velikosti vhoda.	305
Preglednica 83: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah naklonov površja v okolici jam.	305
Preglednica 84: Deleži kategorij naklonov površja v okolici jam v % po tipu onesnaženih jam.	305
Preglednica 85: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah naklonov površja v okolici jam.	306
Preglednica 86: Število različnih tipov onesnaženih jam po položaju jam glede na cesto.	306
Preglednica 87: Deleži kategorij položajev jam glede na cesto v % po tipu onesnaženih jam.	306
Preglednica 88: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah položajev jam glede na cesto.	306
Preglednica 89: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih cest.	307
Preglednica 90: Deleži kategorij oddaljenosti jam od najbližjih cest v % po tipu onesnaženih jam.....	307
Preglednica 91: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih cest.	307
Preglednica 92: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah višinske razlike jam od cest.	307
Preglednica 93: Deleži kategorij višinske razlike jam od cest v % po tipu onesnaženih jam.	308
Preglednica 94: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah višinske razlike jam od cest.	308
Preglednica 95: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih objektov.	308
Preglednica 96: Deleži kategorij oddaljenosti jam od najbližjih objektov v % po tipu onesnaženih jam.....	308

Preglednica 97: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih objektov.	309
Preglednica 98: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam.	309
Preglednica 99: Deleži kategorij števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam v % po tipu onesnaženih jam.	309
Preglednica 100: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam.	309
Preglednica 101: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah zmogljivosti odpadkov v okolici jam.	310
Preglednica 102: Deleži kategorij zmogljivosti odpadkov v okolici jam v % po tipu onesnaženih jam.	310
Preglednica 103: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam.	310
Preglednica 104: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč.	310
Preglednica 105: Deleži kategorij oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč v % po tipu onesnaženih jam.	311
Preglednica 106: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč.	311
Preglednica 107: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah števila divjih odlagališč v polmeru 1000 m od jam.	311
Preglednica 108: Deleži kategorij števila divjih odlagališč v polmeru 1000 m od jam v % po tipu onesnaženih jam.	311
Preglednica 109: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah števila divjih odlagališč v polmeru 1000 m od jam.	312
Preglednica 110: Seznam stotih onesnaženih jam v Sloveniji na vrhu seznama prednostne sanacije onesnaženih jam.	319

Priloga 1: Opis arhivskega gradiva Katastra jam

- 1) **Katastrska številka (kat. št.):** je identifikacijska številka jame, ki se podeli ob registraciji jame (Jamarska zveza Slovenije 2014). Če se več registriranih jam ob raziskovanju združi v jamski sistem, vsak vhod obdrži svojo katastrsko številko, kadar pa jamarji registrirajo že raziskani jamski sistem, svojo katastrsko številko dobi zgolj glavni vhod. Praviloma nove jame pridobivajo višje katastrske številke, tako da velja, da so med prvimi raziskanimi jamami tiste z nižjimi katastrskimi številkami, med zadnjimi pa tiste z višjimi katastrskimi številkami. Če se kasneje na temelju terenskih raziskav ugotovi, da je posamezna jama registrirana z dvema različnima katastrskima številka, obdrži nižjo, nezasedena katastrska številka pa je dodeljena novi jami.
- 2) **Ime jame:** je uradno ime jame, ki ga podeli prvopristopnik. Pri podeljevanju imen so v uporabi priporočila, na temelju katerih naj bi jamarji podeljevali imena jam, in sicer: splošno znano domače ime, krajevno domače ime, poimenovanje jame po zemljepisnem imenu, poimenovanje jame po lastniku zemljišča, poimenovanje jame po značilnosti, poimenovanje jame po delovnem območju, poimenovanje jame po najditelju, poimenovanje jame po znanem jamarju ali dogodku. Prednost pri poimenovanju jame imajo priporočila z vrha seznama (Jamarska zveza Slovenije 2014). Na uporabo kraških jam kot nelegalna odlagališča odpadkov nas tako opozorijo že imena jam kot na primer Pasje brezno (kat. št. 1872), Odpadno brezno (kat. št. 3080), Smetiščnica (kat. št. 3538), Smrdeča jama (kat. št. 3749), Smetljiva jama (kat. št. 3853), Zasuto brezno pri Polžanski pečini (kat. št. 5651), Mrhoviščnica (kat. št. 6846), Traktorsko brezno (kat. št. 9143) in Cicifuj (kat. št. 10.867) (Kataster jam 2018).
- 3) **Sinonimi:** je sinonim imena jame. Večinoma sicer velja za uradno tisto ime, ki ga podeli prvopristopnik. Vendar je lahko zaradi različnih razlogov jama bolj znana po katerem od sinonimov (Jamarska zveza Slovenije 2014). Pogosto sinonimi označujejo krajevna poimenovanja za posamezno registrirano jamo, ki jih prvopristopnik pri izbiri imena ni upošteval. V novejšem obdobju se poimenovanja dopolnjujejo zaradi podvajanja imen jam. Tako se je na primer Rupa 1 na Zemljančevem travniku (kat. št. 2365) sprva imenovala zgolj Rupa 1, zaradi lažjega razlikovanja med vsemi jamami z imenom »Rupa«, v Katastru jam

pa je bila kasneje dodano imenu poimenovanje vrste in lastnika zemljišča (tj. Rupa 1 na Zemljančevem travniku). Pogosto se nova poimenovanja uporabljajo pri ponovni raziskavi jam, ki prerastejo v večje sisteme. Tipičen primer je Skalarjevo brezno (kat. št. 6000), ki se je sprva imenovalo po označbi sektorja O-83 (Kanin), kasneje pa je ta oznaka ostala zgolj sinonim. Imena jam in sinonimov se spreminjajo, zaradi česar je pomen katastrske številke še toliko večji. Jam z dodeljenim sinonimom je 1790 oziroma 14,2 % (Kataster jam 2018).

- 4) **Tip jame 1:** opredeljuje tip jame na temelju šifranta tipov jam (Habič, Kranjc in Gospodarič 1973), ki je bil naknadno prilagojen potrebam Katastra jam. Tipizacija obsega šest glavnih tipov jam, in sicer: 1) izvirne jame, 2) ponorne jame, 3) estavele, 4) vodne jame z neaktivnim vhodom, 5) suhe jame, 6) ledene in snežne jame. Nadalje je posameznemu glavnemu tipu dodeljen še podtip, tako da Kataster jam sestavlja skupno 36 tipov jam. Praviloma nam lahko informacije o tipu jame pomagajo pri opredelitvi tipa vhoda (vodoraven, navpičen), ki so lahko pomemben dejavnik pri stopnji onesnaženosti, razen pri tipih jam kot so jama z bazeni nakapane vode (tip 4.1), spodmol, kevderc (tip 5.1), jama z breznom in etažami, poševna jama (tip 5.3) ter jamski sistem (tip 5.4), ki v svoji definiciji nimajo izrecno opredeljenega tipa vhoda (Jamarska zveza Slovenije 2014). Jam z opredeljenim tipom je 12.474 oziroma 99,1 %. Med najpogostejše tipe jam uvrščamo brezna (tip 5.5), ki jih je 4981 oziroma 39,6 %, jame z breznom in etažami, poševne jame (tip 5.3), ki jih 2261 oziroma 18,0 %, poševna in stopnjasta brezna (tip 5.6), ki jih je 1642 oziroma 13,0 %, vodoravne jame (tip 5.2), ki jih je 1102 oziroma 8,8 %, ter spodmole, kevderce (tip 5.1), ki jih je 1048 oziroma 8,3 % (Kataster jam 2018).
- 5) **Tip jame 2:** opredeljuje dodatni tip jame, v primeru, da se posamezni notranji deli jame močno razlikujejo od vhodnih delov jame, po katerih je bil določen osnovni tip jame (Jamarska zveza Slovenije 2014). Jam z opredeljenim dodatnim tipom je 248 oziroma 2,0 % (Kataster jam 2018).
- 6) **X-koordinata:** opredeljuje položaj jame v smeri jug–sever v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu in metričnem sistemu, pri čemer je natančnost vpisa zaokrožena na 1 m natančno. Natančnost je močno povezana z virom podatkov, na temelju katerih so bile podane koordinate. Če ima jama več vhodov, se določi

največjega oziroma tistega, do katerega je bil opisan dostop (Jamarska zveza Slovenije 2014). V Sloveniji je najjužnejša registrirana jama Brezno pri Duplarici (kat. št. 9678) ob vznožju Poljanske gore v Beli krajini z X-koordinato 5031740, najsevernejša registrirana jama pa Jama 2 v Repoluskovih pečinah (kat. št. 4371) pod Plačkim vrhom v Slovenskih goricah z X-koordinato 5170829 (Kataster jam 2018).

- 7) **Y-koordinata:** opredeljuje položaj jame v smeri zahod–vzhod v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu in metričnem sistemu, pri čemer je natančnost vpisa zaokrožena na 1 m natančno. Natančnost je močno povezana z virom podatkov, na temelju katerih so bile podane koordinate. Če ima jama več vhodov, se določi največjega oziroma tistega, do katerega je bil opisan dostop (Jamarska zveza Slovenije 2014). V Sloveniji je najzahodnejša registrirana jama Jama za skalco (kat. št. 5221) pri Robidišču v Breginjskem kotu z Y-koordinato 5378370, najvzhodnejša registrirana jama pa Cingolica (kat. št. 9331) v vzhodnem delu Haloz z Y-koordinato 5577870 (Kataster jam 2018).
- 8) **N (WGS 84):** opredeljuje položaj jame, podan v smeri jug–sever v elipsoidu WGS84 in zapisan v decimalnih stopinjah. Zapis koordinat v tem sistemu se največkrat uporablja pri GPS napravah (Jamarska zveza Slovenije 2014).
- 9) **E (WGS 84):** opredeljuje položaj jame, podan v smeri zahod–vzhod v elipsoidu WGS84 in zapisan v decimalnih stopinjah. Zapis koordinat v tem sistemu se največkrat uporablja pri GPS napravah (Jamarska zveza Slovenije 2014).
- 10) **Kota vhoda:** je nadmorska višina jame, ki jo jami dodeli prvoprstopnik (Jamarska zveza Slovenije 2014). Zaradi različnih uporabljenih pripomočkov za določitev nadmorske višine (na primer zemljevid DTK 50 v merilu 1 : 50.000 ali GPS) se lahko tovrstni podatki močno razlikujejo od dejanske vrednosti. Natančnejši podatki o nadmorski višini posamezne jame ob registraciji so določeni zgolj na temelju lidarskih podatkov, ki so javno dostopni od leta 2015 (Triglav Čekada in Bric 2015). Ker je razporeditev nelegalnih odlagališč odpadkov v Sloveniji odvisna tudi od poselitve (Matos 2015, 43), lahko pričakujemo, da je večji del onesnaženih jam na območjih z nižjo nadmorsko višino (Čekada 2015). V Sloveniji je najnižje ležeča registrirana jama Brezno pri

Sv. Petru (kat. št. 4780) ob Rtiču Balador v Izoli na nadmorski višini 7 m, najvišje ležeča registrirana jama pa Brezno v južnem robu Razorja (kat. št. 3243) na gori Razor v Julijskih Alpah na nadmorski višini 2550 m (Kataster jam 2018).

- 11) **X (DSJ)**: opredeljuje položaj v smeri jug–sever v Gauss-Krügerjevem sistemu po Delovnem seznamu jam in je bil v uporabi zgolj v zapisnikih, oddanih pred letom 1998. Koordinate se povečini razlikujejo od uradnih koordinat, vendar podatek ostaja del zbirke podatkov baze Katastra jam (Jamarska zveza Slovenije 2014).
- 12) **Y (DSJ)**: opredeljuje položaj v smeri zahod–vzhod v Gauss-Krügerjevem sistemu po Delovnem seznamu jam in je bil v uporabi zgolj v zapisnikih, oddanih pred letom 1998. Koordinate se povečini razlikujejo od uradnih koordinat, vendar podatek ostaja del zbirke podatkov baze Katastra jam (Jamarska zveza Slovenije 2014).
- 13) **TK-25**: opredeljuje list oziroma ime državne topografske karte v merilu 1 : 25.000, na katerem leži vhod v registrirano jamo, in se določi računsko (Jamarska zveza Slovenije 2014).
- 14) **TTN-5 – ime**: opredeljuje list oziroma ime temeljnega topografskega načrta v merilu 1 : 5000, na katerem leži vhod v registrirano jamo, in se določi računsko (Jamarska zveza Slovenije 2014).
- 15) **TTN-10 – ime**: opredeljuje list oziroma ime temeljnega topografskega načrta v merilu 1 : 10.000, na katerem leži vhod v registrirano jamo, in se določi računsko (Jamarska zveza Slovenije 2014).
- 16) **Legajo**: opredeljuje vir, na temelju katerega je bila določena lega jame. Med viri so v Katastru jam navedeni: državna topografska karta v merilu 1 : 75.000 (TK-75), državna topografska karta v merilu 1 : 50.000 (TK-50), državna topografska karta v merilu 1 : 25.000 (TK-25), topografska karta italijanske izdaje v merilu 1 : 25.000 (TK-25 italijanska), kompasni poligon, temeljni topografski načrt v merilu 1 : 10.000 (TTN-10), temeljni topografski načrt v merilu 1 : 5000 (TTN-5), GPS, lidar ter teodolitski poligon. Posamezne jame nimajo podatka o viru, po katerem je bila določena lega jame (Jamarska zveza Slovenije 2014). V preteklih raziskavah (Čekada 2013; Tičar in Čekada 2018) se je izkazalo, da je s

posameznim tipom vira določitve lege močno povezana tudi natančnost določitve lege. Lege jam, določene po teodolitskih (0,1 %) in lidarskih podatkih (7,0 %), imajo povprečno napako okoli 1 m, lege jam po podatkih GPS (36,7 %) okoli 16 m, lege jam po podatkih TTN-5 (18,4 %), TTN-10 (11,3 %) ter kompasnega poligona (0,5 ‰ jam) okoli 32 m, lege jam po podatkih TK-25 (13,2 %) okoli 160 m, lege jam po podatkih TK-50 (11,9 %) okoli 228 m, lege jam po podatkih TK-75 (0,1 %) okoli 300 m ter lege jam brez podatka o viru (1,2 %) okoli 677 m. Povprečna vrednost napake pri določitvi leg v Katastru jam je 72,2 m. Pričakovati je, da bo ob sedanji dinamiki popravkov leg jam povprečna napaka dosegla vrednost 20 m okoli leta 2030 (Čekada 2013; Kataster jam 2018; Tičar in Čekada 2018). Z nadaljnjo obdelavo podatkov smo ugotovili, da je 6 registriranih jam lociranih tik za državno mejo. Ob predvidenih napakah pri določitvi lege smo zato v nadaljnji raziskavi za te jame upoštevali vrednosti, ki so bile pripisane najbližjim prostorskim enotam. Pri pripravi prostorskih podatkov smo se osredotočili na izračune vrednosti, ki so temeljili na natančnem položaju jame, opredeljene z vrednostmi v Katastru jam, pri čemer nismo upoštevali napak, ki izvirajo iz vira določitve lege jam. Tovrstno upoštevanje obsega napake pri položaju posamezne jame bi namreč onemogočilo uporabo številnih orodij v geografskih informacijskih sistemih, ki temeljijo na natančnem položaju posameznih točkovnih elementov.

- 17) **K. O.:** opredeljuje katastrsko občino, v kateri leži vhod v jamo in se določi računsko (Jamarska zveza Slovenije 2014). Posodabljanje teh navedb ob popravkih leg jame ali administrativnih spremembah meja katastrskih občin ni opredeljeno, zato lahko prihaja do odstopanj.
- 18) **Upravna enota:** opredeljuje upravno enoto, v kateri leži vhod v jamo in se določi računsko (Jamarska zveza Slovenije 2014). Posodabljanje teh navedb ob popravkih leg jame ali administrativnih spremembah meja upravnih enot ni opredeljeno, zato lahko prihaja do posameznih odstopanj.
- 19) **Dolžina:** opredeljuje dolžino jame, ki jo sestavlja t. i. dolžina rovov. V nasprotju od dolžine poligona se tu v dvoranah prišteje le daljšo os, pri slepih rovih le odsek v rovu brez navezave ter ob preračunu dolžine rova vzdolž smeri rova, če se točke poligona pogosto premikajo od stene do stene. Vrednosti v Katastru jam so

zapisane na 1 m natančno, vendar je podatek močno odvisen od kategorije natančnosti meritev (Jamarska zveza Slovenije 2014). Za registracijo jame mora biti dolžina prehodnih rovov vsaj 10 m, izjemoma pa se lahko registrira tudi krajša jama, če kaže drugačno pomembnost (na primer arheološka nahajališča, izvir in pomembno življenjsko okolje živalskih vrst). V Katastru jam se zbirajo le podatki o naravnih jamah, če jr v umetnem rovu naravna jama, daljša od 10 m, pa se lahko registrira tudi takšna jama (na primer Jama v tunelu Kastelec (kat. št. 8526)) (Zakon o varstvu podzemnih jam 2004; Jamarska zveza Slovenije 2014). Jam z dodeljenimi vrednostmi dolžine je 12.371 oziroma 98,3 %, brez vrednosti pa so praviloma jame s pomanjkljivo dokumentacijo. Teh je 217 oziroma 1,7 %.

20) **Globina:** opredeljuje globino jame, ki jo sestavlja t. i. višinska razlika oziroma razlika med najvišjo in najnižjo točko jame. Pri jamah, ki se spuščajo (skoraj vsa brezna), je višinska razlika enaka globini jame. Pri popolnoma vodoravnih jamah je višinska razlika enaka največji izmerjeni višini rova. Če so brezna navpična, je globina jame enaka dolžini jame. Vrednosti v Katastru jam so zapisane na 1 m natančno, vendar je podatek močno odvisen od kategorije natančnosti meritev (Jamarska zveza Slovenije 2014). Jam z dodeljenimi vrednostmi dolžine je 12.293 oziroma 97,7 %, brez vrednosti pa so praviloma jame s pomanjkljivo dokumentacijo. Teh je 295 oziroma 2,3 %.

21) **Datum obiska:** opredeljuje datum, ko je bilo izvedeno raziskovanje jame. Če je zapisnik rezultat več raziskovanj, je naveden datum prvega in zadnjega obiska (Jamarska zveza Slovenije 2014). Jam z navedenim datumom obiska je 12.083 oziroma 96,0 %, brez vrednosti pa so praviloma jame s pomanjkljivo dokumentacijo, katerih je 505 oziroma 4,0 %. Najstarejši datum obiska ima Ciganska jama pri Predgrižah (kat. št. 493), in sicer 11. 10. 1900, najnovejši datum obiska pa Skalno brezno na Rasnu (kat. št. 12.459), in sicer 26. 12. 2017. Na začetku 20. stoletja so registrirali le nekaj 10 jam letno, po 2. svetovni vojni med 100 in 200 jam letno, po letu 2000 pa se je raziskovalna dejavnost okrepila, tako da v zadnjem obdobju beležimo med 300 in 400 novih registriranih jam letno (Kataster jam 2018).

22) **Datum zapisnika:** opredeljuje datum, ko je bil izdelan zapisnik o jami (Jamarska zveza Slovenije 2014). Jam z navedenim datumom zapisnika je 10.368 oziroma

82,4 %, brez navedbe pa so praviloma jame s pomanjkljivo dokumentacijo in jih je 2220 oziroma 17,6 %. Najstarejši datum zapisnika ima Pečina pod Stržen (kat. št. 940), in sicer 10. 6. 1909, najnovejši datum zapisnika v času nastanka te raziskave pa Turjeva jama (kat. št. 821), in sicer 28. 1. 2018 (Kataster jam 2018).

- 23) **Organizacija:** opredeljuje društvo oziroma organizacijo, ki je podala zapisnike za registracijo jame. Če gre za sodelovanje več društev oziroma organizacij, je na prvem mestu navedeno društvo, katerega član je zapisnikar (Jamarska zveza Slovenije 2014). Jam z navedeno organizacijo je 12.560 oziroma 99,8 %, brez navedbe pa so praviloma jame s pomanjkljivo dokumentacijo, katerih je 28 oziroma 0,2 %. Pri raziskovanju in registraciji jam so v večji meri sodelovala slovenska društva in organizacije, pri 1017 jamah oziroma 8,1 % pa so sodelovala tuja društva oziroma organizacije. Med njimi pa največji delež pravzaprav pripada Jamarskemu odseku Slovenskega planinskega društva Trst, ki je sodelovalo pri raziskavah in registraciji 562 jam oziroma 4,5 % (Kataster jam 2018).
- 24) **Udeleženci:** opredeljuje osebe z imeni in priimki, ki so sodelovale pri raziskavah in registraciji jame (Jamarska zveza Slovenije 2014). Jam z navedenimi udeleženci je 11.664 oziroma 92,7 %, brez navedbe pa so praviloma jame s pomanjkljivo dokumentacijo, katerih je 924 oziroma 7,3 %. V Katastru jam je več kot 5000 različnih zapisov o udeležencih (Kataster jam 2018).
- 25) **Zapisnikar:** opredeljuje osebo ali več oseb z imeni in priimki, ki so sodelovale pri izdelavi zapisnikov in registraciji jame (Jamarska zveza Slovenije 2014). Jam z navedenimi zapisnikarji je 11.943 oziroma 94,9 %, brez navedbe pa so praviloma jame s pomanjkljivo dokumentacijo, katerih je 645 oziroma 5,1 %. V Katastru jam je več kot 700 različnih zapisov o zapisnikarjih (Kataster jam 2018).
- 26) **Pomanjkljivosti:** opredeljuje manjkajoče podatke v Katastru jam pri registraciji in se v večji meri nanaša na jame, ki so bile registrirane v preteklosti. Med pogostimi pomanjkljivostmi so registrirane jame brez načrta, z vprašljivo lego, brez ustreznih zapisnikov, pomanjkljivo raziskane ipd. (Jamarska zveza Slovenije 2014). Jam brez manjkajočih podatkov je 10.717 oziroma 85,1 %, s pomanjkljivostmi pa 1871 oziroma 14,9 %. Zaradi ločenega zbiranja podatkov v Katastru jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU in Katastru jam Jamarske

zveze Slovenije od leta 2004 dalje je 573 oziroma 4,6 % z zabeleženimi pomanjkljivostmi iz tega obdobja (Kataster jam 2018).

- 27) **Stanje jame:** opredeljuje, ali je jama onesnažena, zaklenjena, nedostopna ali uničena. Stanje jame je opredeljeno v zapisniku – A, kjer je na voljo rubrika »Onesnaženost in drugi človekovi vplivi«, od leta 2011 dalje pa je stanje jame podrobneje opredeljeno tudi v zapisniku – H. Avtorji zapisnikov lahko znotraj slednjega jamo uvrstijo v kategorije: čista, poškodovana, onesnažena, uničena ali očiščena. Pri tem čista jama ni onesnažena ali poškodovana, sem pa se uvrščajo tudi jame z manjšo količino odpadkov ali ostanki jamarskih raziskav. Med poškodovane jame se uvrščajo tiste, ki imajo polomljene kapnike, prekopane sedimente, grafito ipd. Med onesnažene jame se uvrščajo tiste, ki imajo odpadke ali sledi onesnažene vode. Med uničene jame se uvrščajo tiste, ki so do vrha zasute z odpadki, minirane, zalite z betonom ipd. Med očiščene jame uvrščamo tiste, kjer je potekala čistilna akcija (Jamarska zveza Slovenije 2014). Vpisi podatkov v Kataster jam so zelo nedosledni, kar predvsem velja za zapisnike iz preteklosti, zaradi česar je baza podatkov nepopolna. Jam z opredeljenimi zapisi o stanju jame je 760 oziroma 6,0 %, brez zapisa pa jih je kar 11.828 oziroma 94,0 %. Zapisov o čistih jamah ni. Poudarjamo, da lahko glede na metodologijo, uporabljeno v raziskavi, med onesnažene jame uvrstimo zgolj 657 jam, zabeleženih v Katastru jam (Kataster jam 2018).
- 28) **Opombe:** opredeljujejo druge pomembnejše podatke o jami kot so na primer povezanost s preostalimi jamami v jamski sistem, opredelitev jame kot arheološko najdišče, dopis o povezavi z umetno jamo ipd. (Jamarska zveza Slovenije 2014). Jam z opombami je 287 oziroma 2,3 %, brez opomb pa 12.301 oziroma 97,7 % (Kataster jam 2018).
- 29) **Katastrska številka VG:** opredeljuje jame, ki so bile registrirane v italijanskem katastru jam Venezia Giulia (VG), večinoma z območja Slovenije, ki je bil med 1. in 2. svetovno vojno pod Italijo. Posamezni primeri jam z oznako katastrske številke VG so tudi iz drugih območij Slovenije (Jamarska zveza Slovenije 2014). Jam z navedenimi katastrskimi številkami VG je 1032 oziroma 8,2 % (Kataster jam 2018).

- 30) **Datum vnosa:** opredeljuje datum, ko je Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU podatke o jamah vpisal v bazo. Praviloma je podatek enak za vse jame, ki so bile registrirane ob enkratni obdelavi gradiva (Jamarska zveza Slovenije 2014). Najstarejši datum vpisa podatkov je 5. 9. 1990, najnovejši datum vpisa pa 2. 3. 2018 (Kataster jam 2018).
- 31) **N (WGS 84) – DMS:** opredeljuje položaj jame, podan v smeri jug–sever v elipsoidu WGS84 in zapisan v decimalnih stopinjah po sistemu DMS (ang. *degrees, minutes, seconds*). Zapis koordinat v tem sistemu se uporablja pri GPS napravah (Jamarska zveza Slovenije 2014).
- 32) **E (WGS 84) – DMS:** opredeljuje položaj jame, podan v smeri zahod–vzhod v elipsoidu WGS84 in zapisan v decimalnih stopinjah po sistemu DMS (ang. *degrees, minutes, seconds*). Zapis koordinat v tem sistemu se uporablja pri GPS napravah (Jamarska zveza Slovenije 2014).
- 33) **Režim vstopa:** opredeljuje kategorizacijo jame z varstvenim režimom glede vstopa v jamo na temelju določil Zakona o varstvu podzemnih jam (2004). Ta v svojem 17. členu opredeljuje naslednjo kategorizacijo jam:
- Odprte jame s prostim vstopom:** vstop je dovoljen vsakomur pod enakimi pogoji;
 - Odprte jame z nadzorovanim vstopom:** vstop je dovoljen vsakomur, če je nadzorovan, registriran in se izvede v dovoljenem oziroma predpisanem obsegu;
 - Zaprte jame:** vstop je prepovedan, razen za znanstvenoraziskovalno in arheološko delo z dovoljenjem ministrstva.

Kategorizacija jame se izvede na temelju Pravilnika o določitvi in varstvu naravnih vrednot (Uradni list RS 2004) oziroma sorodnih pravilnikov (Uradni list RS 2006; 2009; 2010; 2015a; 2019), ki opredeljujejo spremembe in dopolnitve na temelju kategorizacije Zavoda za varstvo narave Republike Slovenije. Tovrstni pravilniki so bili v Sloveniji sprejeti leta 2004, 2006, 2009, 2010, 2015 in 2019. V Katastru jam je odprtih jam s prostim vstopom 10.407 oziroma 82,7 %, odprtih jam z nadzorovanim vstopom 224 oziroma 1,8 %, zaprtih je šest oziroma 0,5 ‰ jam. Jam, ki še nimajo določene kategorije režima vstopa, je 1951 oziroma 15,5 % (Kataster jam 2018).

Priloga 2: Razporeditev čistih in onesnaženih jam po kategorijah vplivnih dejavnikov

Nadmorska višina vhoda

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
čiste jame	265	1474	1623	314	292	419	544	424	116	5471
onesnažene jame	137	688	349	95	63	35	10	11	2	1390
skupaj	402	2162	1972	409	355	454	554	435	118	6861

Preglednica 32: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah višine površja.

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
čiste jame	65,92	68,18	82,30	76,77	82,25	92,29	98,19	97,47	98,31	79,74
onesnažene jame	34,08	31,82	17,70	23,23	17,75	7,71	1,81	2,53	1,69	20,26
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 33: Deleži kategorij višine površja v % po čistih in onesnaženih jamah.

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
čiste jame	4,84	26,94	29,67	5,74	5,34	7,66	9,94	7,75	2,12	100,00
onesnažene jame	9,86	49,50	25,11	6,83	4,53	2,52	0,72	0,79	0,14	100,00
skupaj	5,86	31,51	28,74	5,96	5,17	6,62	8,07	6,34	1,72	100,00

Preglednica 34: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah višine površja.

Poškodovanost jame

	ne	da	skupaj
čiste jame	5122	349	5471
onesnažene jame	1017	373	1390
skupaj	6139	722	6861

Preglednica 35: Število čistih in onesnaženih jam po poškodovanosti jam.

	ne	da	skupaj
čiste jame	83,43	48,34	79,74
onesnažene jame	16,57	51,66	20,26
skupaj	100,00	100,00	100,00

Preglednica 36: Deleži kategorij poškodovanosti jam v % po čistih in onesnaženih jamah.

	ne	da	skupaj
čiste jame	93,62	6,38	100,00
onesnažene jame	73,17	26,83	100,00
skupaj	89,48	10,52	100,00

Preglednica 37: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah poškodovanosti jam.

Tip vhoda

	vodoraven	navpičen	skupaj
čiste jame	1211	4260	5471
onesnažene jame	351	1039	1390
skupaj	1562	5299	6861

Preglednica 38: Število čistih in onesnaženih jam po tipu vhoda.

	vodoraven	navpičen	skupaj
čiste jame	77,53	80,39	79,74
onesnažene jame	22,47	19,61	20,26
skupaj	100,00	100,00	100,00

Preglednica 39: Deleži kategorij vhodov v % po čistih in onesnaženih jamah.

	vodoraven	navpičen	skupaj
čiste jame	22,13	77,87	100,00
onesnažene jame	25,25	74,75	100,00
skupaj	22,77	77,23	100,00

Preglednica 40: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah tipov vhodov.

Velikost vhoda

	0 - 1,9 m ²	2 - 3,9 m ²	4 - 5,9 m ²	6 - 7,9 m ²	8 - 9,9 m ²	10 - 11,9 m ²	12 - 13,9 m ²	14 - 15,9 m ²	nad 16 m ²	skupaj
čiste jame	2501	667	343	340	215	137	101	135	1032	5471
onesnažene jame	621	172	77	86	51	34	29	32	288	1390
skupaj	3122	839	420	426	266	171	130	167	1320	6861

Preglednica 41: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah velikosti vhoda.

	0 - 1,9 m ²	2 - 3,9 m ²	4 - 5,9 m ²	6 - 7,9 m ²	8 - 9,9 m ²	10 - 11,9 m ²	12 - 13,9 m ²	14 - 15,9 m ²	nad 16 m ²	skupaj
čiste jame	80,11	79,50	81,67	79,81	80,83	80,12	77,69	80,84	78,18	79,74
onesnažene jame	19,89	20,50	18,33	20,19	19,17	19,88	22,31	19,16	21,82	20,26
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 42: Deleži kategorij velikosti vhoda v % po čistih in onesnaženih jamah.

	0 - 1,9 m ²	2 - 3,9 m ²	4 - 5,9 m ²	6 - 7,9 m ²	8 - 9,9 m ²	10 - 11,9 m ²	12 - 13,9 m ²	14 - 15,9 m ²	nad 16 m ²	skupaj
čiste jame	45,71	12,19	6,27	6,21	3,93	2,50	1,85	2,47	18,86	100,00
onesnažene jame	44,68	12,37	5,54	6,19	3,67	2,45	2,09	2,30	20,72	100,00
skupaj	45,50	12,23	6,12	6,21	3,88	2,49	1,89	2,43	19,24	100,00

Preglednica 43: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah velikosti vhoda.

Naklon površja v okolici jame

	0 - 4,9°	5 - 9,9°	10 - 14,9°	15 - 19,9°	20 - 24,9°	25 - 29,9°	30 - 34,9°	35 - 39,9°	več kot 40°	skupaj
čiste jame	2501	667	343	340	215	137	101	135	1032	5471
onesnažene jame	621	172	77	86	51	34	29	32	288	1390
skupaj	3122	839	420	426	266	171	130	167	1320	6861

Preglednica 44: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah naklonov površja v okolici jam.

	0 - 4,9°	5 - 9,9°	10 - 14,9°	15 - 19,9°	20 - 24,9°	25 - 29,9°	30 - 34,9°	35 - 39,9°	več kot 40°	skupaj
čiste jame	80,11	79,50	81,67	79,81	80,83	80,12	77,69	80,84	78,18	79,74
onesnažene jame	19,89	20,50	18,33	20,19	19,17	19,88	22,31	19,16	21,82	20,26
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 45: Deleži kategorij naklonov površja v okolici jam v % po čistih in onesnaženih jamah.

	0 - 4,9°	5 - 9,9°	10 - 14,9°	15 - 19,9°	20 - 24,9°	25 - 29,9°	30 - 34,9°	35 - 39,9°	več kot 40°	skupaj
čiste jame	45,71	12,19	6,27	6,21	3,93	2,50	1,85	2,47	18,86	100,00
onesnažene jame	44,68	12,37	5,54	6,19	3,67	2,45	2,09	2,30	20,72	100,00
skupaj	45,50	12,23	6,12	6,21	3,88	2,49	1,89	2,43	19,24	100,00

Preglednica 46: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah naklonov površja v okolici jam.

Položaj jame glede na cesto

	pod cesto	nad cesto	skupaj
čiste jame	1849	3622	5471
onesnažene jame	645	745	1390
skupaj	2494	4367	6861

Preglednica 47: Število čistih in onesnaženih jam po položaju jam glede na cesto.

	pod cesto	nad cesto	skupaj
čiste jame	74,14	82,94	79,74
onesnažene jame	25,86	17,06	20,26
skupaj	100,00	100,00	100,00

Preglednica 48: Deleži kategorij položajev jam glede na cesto v % po čistih in onesnaženih jamah.

	pod cesto	nad cesto	skupaj
čiste jame	33,80	66,20	100,00
onesnažene jame	46,40	53,60	100,00
skupaj	36,35	63,65	100,00

Preglednica 49: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah položajev jam glede na cesto.

Oddaljenost jame od najbližje ceste

	0 - 99 m	100 - 199 m	200 - 299 m	300 - 399 m	400 - 499 m	500 - 599 m	600 - 699 m	700 - 799 m	več kot 800 m	skupaj
čiste jame	1155	817	643	444	265	201	143	124	1679	5471
onesnažene jame	581	298	182	116	55	37	25	20	76	1390
skupaj	1736	1115	825	560	320	238	168	144	1755	6861

Preglednica 50: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih cest.

	0 - 99 m	100 - 199 m	200 - 299 m	300 - 399 m	400 - 499 m	500 - 599 m	600 - 699 m	700 - 799 m	več kot 800 m	skupaj
čiste jame	66,53	73,27	77,94	79,29	82,81	84,45	85,12	86,11	95,67	79,74
onesnažene jame	33,47	26,73	22,06	20,71	17,19	15,55	14,88	13,89	4,33	20,26
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 51: Deleži kategorij oddaljenosti jam od najbližjih cest v % po čistih in onesnaženih jamah.

	0 - 99 m	100 - 199 m	200 - 299 m	300 - 399 m	400 - 499 m	500 - 599 m	600 - 699 m	700 - 799 m	več kot 800 m	skupaj
čiste jame	21,11	14,93	11,75	8,12	4,84	3,67	2,61	2,27	30,69	100,00
onesnažene jame	41,80	21,44	13,09	8,35	3,96	2,66	1,80	1,44	5,47	100,00
skupaj	25,30	16,25	12,02	8,16	4,66	3,47	2,45	2,10	25,58	100,00

Preglednica 52: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih cest.

Višinska razlika med jamo in cesto

	0 - 9 m	10 - 19 m	20 - 29 m	30 - 39 m	40 - 49 m	50 - 59 m	60 - 69 m	70 - 79 m	več kot 80 m	skupaj
čiste jame	1659	759	473	296	174	155	115	82	1758	5471
onesnažene jame	728	233	127	67	56	39	27	19	94	1390
skupaj	2387	992	600	363	230	194	142	101	1852	6861

Preglednica 53: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah višinske razlike jam od cest.

	0 - 9 m	10 - 19 m	20 - 29 m	30 - 39 m	40 - 49 m	50 - 59 m	60 - 69 m	70 - 79 m	več kot 80 m	skupaj
čiste jame	69,50	76,51	78,83	81,54	75,65	79,90	80,99	81,19	94,92	79,74
onesnažene jame	30,50	23,49	21,17	18,46	24,35	20,10	19,01	18,81	5,08	20,26
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 54: Deleži kategorij višinske razlike jam od cest v % po čistih in onesnaženih jamah.

	0 - 9 m	10 - 19 m	20 - 29 m	30 - 39 m	40 - 49 m	50 - 59 m	60 - 69 m	70 - 79 m	več kot 80 m	skupaj
čiste jame	30,32	13,87	8,65	5,41	3,18	2,83	2,10	1,50	32,13	100,00
onesnažene jame	52,37	16,76	9,14	4,82	4,03	2,81	1,94	1,37	6,76	100,00
skupaj	34,79	14,46	8,75	5,29	3,35	2,83	2,07	1,47	26,99	100,00

Preglednica 55: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah višinske razlike jam od cest.

Oddaljenost jame od najbližjega objekta

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
čiste jame	944	1058	963	797	615	427	315	187	165	5471
onesnažene jame	596	325	214	127	70	32	13	6	7	1390
skupaj	1540	1383	1177	924	685	459	328	193	172	6861

Preglednica 56: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih objektov.

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
čiste jame	61,30	76,50	81,82	86,26	89,78	93,03	96,04	96,89	95,93	79,74
onesnažene jame	38,70	23,50	18,18	13,74	10,22	6,97	3,96	3,11	4,07	20,26
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 57: Deleži kategorij oddaljenosti jam od najbližjih objektov v % po čistih in onesnaženih jamah.

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
čiste jame	17,25	19,34	17,60	14,57	11,24	7,80	5,76	3,42	3,02	100,00
onesnažene jame	42,88	23,38	15,40	9,14	5,04	2,30	0,94	0,43	0,50	100,00
skupaj	22,45	20,16	17,15	13,47	9,98	6,69	4,78	2,81	2,51	100,00

Preglednica 58: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih objektov.

Število prebivalcev v okolici jame

	0 - 9 prebivalcev	10 - 19 prebivalcev	20 - 29 prebivalcev	30 - 39 prebivalcev	40 - 49 prebivalcev	50 - 59 prebivalcev	60 - 69 prebivalcev	70 - 79 prebivalcev	več kot 80 prebivalcev	skupaj
čiste jame	3559	173	127	156	128	115	57	78	1078	5471
onesnažene jame	415	44	46	52	41	35	40	28	689	1390
skupaj	3974	217	173	208	169	150	97	106	1767	6861

Preglednica 59: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam.

	0 - 9 prebivalcev	10 - 19 prebivalcev	20 - 29 prebivalcev	30 - 39 prebivalcev	40 - 49 prebivalcev	50 - 59 prebivalcev	60 - 69 prebivalcev	70 - 79 prebivalcev	več kot 80 prebivalcev	skupaj
čiste jame	89,56	79,72	73,41	75,00	75,74	76,67	58,76	73,58	61,01	79,74
onesnažene jame	10,44	20,28	26,59	25,00	24,26	23,33	41,24	26,42	38,99	20,26
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 60: Deleži kategorij števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam v % po čistih in onesnaženih jamah.

	0 - 9 prebivalcev	10 - 19 prebivalcev	20 - 29 prebivalcev	30 - 39 prebivalcev	40 - 49 prebivalcev	50 - 59 prebivalcev	60 - 69 prebivalcev	70 - 79 prebivalcev	več kot 80 prebivalcev	skupaj
čiste jame	65,05	3,16	2,32	2,85	2,34	2,10	1,04	1,43	19,70	100,00
onesnažene jame	29,86	3,17	3,31	3,74	2,95	2,52	2,88	2,01	49,57	100,00
skupaj	57,92	3,16	2,52	3,03	2,46	2,19	1,41	1,54	25,75	100,00

Preglednica 61: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam.

Zmogljivost odpadkov v občini

	0 - 499 t	500 - 999 t	1000 - 1499 t	1500 - 1999 t	2000 - 2499 t	2500 - 2999 t	3000 - 3499 t	3500 - 3999 t	več kot 4000 t	skupaj
čiste jame	1129	1685	123	1225	730	302	17	78	182	5471
onesnažene jame	107	387	66	326	261	143	11	32	57	1390
skupaj	1236	2072	189	1551	991	445	28	110	239	6861

Preglednica 62: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah zmogljivosti odpadkov v okolici jam.

	0 - 499 t	500 - 999 t	1000 - 1499 t	1500 - 1999 t	2000 - 2499 t	2500 - 2999 t	3000 - 3499 t	3500 - 3999 t	več kot 4000 t	skupaj
čiste jame	91,34	81,32	65,08	78,98	73,66	67,87	60,71	70,91	76,15	79,74
onesnažene jame	8,66	18,68	34,92	21,02	26,34	32,13	39,29	29,09	23,85	20,26
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 63: Deleži kategorij zmogljivosti odpadkov v okolici jam v % po čistih in onesnaženih jamah.

	0 - 499 t	500 - 999 t	1000 - 1499 t	1500 - 1999 t	2000 - 2499 t	2500 - 2999 t	3000 - 3499 t	3500 - 3999 t	več kot 4000 t	skupaj
čiste jame	20,64	30,80	2,25	22,39	13,34	5,52	0,31	1,43	3,33	100,00
onesnažene jame	7,70	27,84	4,75	23,45	18,78	10,29	0,79	2,30	4,10	100,00
skupaj	18,01	30,20	2,75	22,61	14,44	6,49	0,41	1,60	3,48	100,00

Preglednica 64: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah zmogljivosti odpadkov.

Oddaljenost jame od najbližjega divjega odlagališča

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
čiste jame	336	620	631	531	492	389	358	242	1872	5471
onesnažene jame	197	263	206	175	146	117	70	58	158	1390
skupaj	533	883	837	706	638	506	428	300	2030	6861

Preglednica 65: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč.

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
čiste jame	63,04	70,22	75,39	75,21	77,12	76,88	83,64	80,67	92,22	79,74
onesnažene jame	36,96	29,78	24,61	24,79	22,88	23,12	16,36	19,33	7,78	20,26
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 66: Deleži kategorij oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč v % po čistih in onesnaženih jamah.

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
čiste jame	6,14	11,33	11,53	9,71	8,99	7,11	6,54	4,42	34,22	100,00
onesnažene jame	14,17	18,92	14,82	12,59	10,50	8,42	5,04	4,17	11,37	100,00
skupaj	7,77	12,87	12,20	10,29	9,30	7,38	6,24	4,37	29,59	100,00

Preglednica 67: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč.

Število divjih odlagališč v okolici jam

	0 - 0,9	1 - 1,9	2 - 2,9	3 - 3,9	4 - 4,9	5 - 5,9	6 - 6,9	7 - 7,9	več kot 8	skupaj
čiste jame	307	125	75	65	38	31	21	8	44	714
onesnažene jame	138	59	44	25	19	11	12	12	28	348
skupaj	445	184	119	90	57	42	33	20	72	1062

Preglednica 68: Število čistih in onesnaženih jam po kategorijah števila divjih odlagališč v polmeru 1000 m od jam.

	0 - 0,9	1 - 1,9	2 - 2,9	3 - 3,9	4 - 4,9	5 - 5,9	6 - 6,9	7 - 7,9	več kot 8	skupaj
čiste jame	68,99	67,93	63,03	72,22	66,67	73,81	63,64	40,00	61,11	67,23
onesnažene jame	31,01	32,07	36,97	27,78	33,33	26,19	36,36	60,00	38,89	32,77
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 69: Deleži kategorij števila divjih odlagališč v polmeru 1000 m od jam v % po čistih in onesnaženih jamah.

	0 - 0,9	1 - 1,9	2 - 2,9	3 - 3,9	4 - 4,9	5 - 5,9	6 - 6,9	7 - 7,9	več kot 8	skupaj
čiste jame	43,00	17,51	10,50	9,10	5,32	4,34	2,94	1,12	6,16	100,00
onesnažene jame	39,66	16,95	12,64	7,18	5,46	3,16	3,45	3,45	8,05	100,00
skupaj	41,90	17,33	11,21	8,47	5,37	3,95	3,11	1,88	6,78	100,00

Preglednica 70: Deleži čistih in onesnaženih jam v % po kategorijah števila divjih odlagališč v polmeru 1000 m od jam.

Priloga 3: Razporeditev stopnje onesnaženosti jam po kategorijah vplivnih dejavnikov

Nadmorska višina vhoda

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
malo onesnažene jame	64	321	188	51	48	28	8	5	1	714
srednje onesnažene jame	42	183	77	25	8	6	2	4	1	348
močno onesnažene jame	31	184	84	19	7	1	0	2	0	328
skupaj	137	688	349	95	63	35	10	11	2	1390

Preglednica 71: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah višine površja.

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
malo onesnažene jame	46,72	46,66	53,87	53,68	76,19	80,00	80,00	45,45	50,00	51,37
srednje onesnažene jame	30,66	26,60	22,06	26,32	12,70	17,14	20,00	36,36	50,00	25,04
močno onesnažene jame	22,63	26,74	24,07	20,00	11,11	2,86	0,00	18,18	0,00	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 72: Deleži kategorij višine površja v % po tipu onesnaženih jam.

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
malo onesnažene jame	8,96	44,96	26,33	7,14	6,72	3,92	1,12	0,70	0,14	100,00
srednje onesnažene jame	12,07	52,59	22,13	7,18	2,30	1,72	0,57	1,15	0,29	100,00
močno onesnažene jame	9,45	56,10	25,61	5,79	2,13	0,30	0,00	0,61	0,00	100,00
skupaj	9,86	49,50	25,11	6,83	4,53	2,52	0,72	0,79	0,14	100,00

Preglednica 73: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah višine površja.

Poškodovanost jame

	ne	da	skupaj
malo onesnažene jame	542	172	714
srednje onesnažene jame	247	101	348
močno onesnažene jame	228	100	328
skupaj	1017	373	1390

Preglednica 74: Število različnih tipov onesnaženih jam po poškodovanosti jam.

	ne	da	skupaj
malo onesnažene jame	53,29	46,11	51,37
srednje onesnažene jame	24,29	27,08	25,04
močno onesnažene jame	22,42	26,81	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00

Preglednica 75: Deleži kategorij poškodovanosti jam v % po tipu onesnaženih jam.

	ne	da	skupaj
malo onesnažene jame	75,91	24,09	100,00
srednje onesnažene jame	70,98	29,02	100,00
močno onesnažene jame	69,51	30,49	100,00
skupaj	73,17	26,83	100,00

Preglednica 76: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah poškodovanosti jam.

Tip vhoda

	vodoraven	navpičen	skupaj
malo onesnažene jame	241	473	714
srednje onesnažene jame	65	283	348
močno onesnažene jame	45	283	328
skupaj	351	1039	1390

Preglednica 77: Število različnih tipov onesnaženih jam po tipu vhoda.

	vodoraven	navpičen	skupaj
malo onesnažene jame	68,66	45,52	51,37
srednje onesnažene jame	18,52	27,24	25,04
močno onesnažene jame	12,82	27,24	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00

Preglednica 78: Deleži kategorij vhodov v % po tipu onesnaženih jam.

	vodoraven	navpičen	skupaj
malo onesnažene jame	33,75	66,25	100,00
srednje onesnažene jame	18,68	81,32	100,00
močno onesnažene jame	13,72	86,28	100,00
skupaj	25,25	74,75	100,00

Preglednica 79: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah tipov vhodov.

Velikost vhoda

	0 - 1,9 m ²	2 - 3,9 m ²	4 - 5,9 m ²	6 - 7,9 m ²	8 - 9,9 m ²	10 - 11,9 m ²	12 - 13,9 m ²	14 - 15,9 m ²	nad 16 m ²	skupaj
malo onesnažene jame	336	93	40	46	25	19	13	14	128	714
srednje onesnažene jame	167	41	23	12	16	7	12	11	59	348
močno onesnažene jame	118	38	14	28	10	8	4	7	101	328
skupaj	621	172	77	86	51	34	29	32	288	1390

Preglednica 80: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah velikosti vhoda.

	0 - 1,9 m ²	2 - 3,9 m ²	4 - 5,9 m ²	6 - 7,9 m ²	8 - 9,9 m ²	10 - 11,9 m ²	12 - 13,9 m ²	14 - 15,9 m ²	nad 16 m ²	skupaj
malo onesnažene jame	54,11	54,07	51,95	53,49	49,02	55,88	44,83	43,75	44,44	51,37
srednje onesnažene jame	26,89	23,84	29,87	13,95	31,37	20,59	41,38	34,38	20,49	25,04
močno onesnažene jame	19,00	22,09	18,18	32,56	19,61	23,53	13,79	21,88	35,07	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 81: Deleži kategorij velikosti vhoda v % po tipu onesnaženih jam.

	0 - 1,9 m ²	2 - 3,9 m ²	4 - 5,9 m ²	6 - 7,9 m ²	8 - 9,9 m ²	10 - 11,9 m ²	12 - 13,9 m ²	14 - 15,9 m ²	nad 16 m ²	skupaj
malo onesnažene jame	47,06	13,03	5,60	6,44	3,50	2,66	1,82	1,96	17,93	100,00
srednje onesnažene jame	47,99	11,78	6,61	3,45	4,60	2,01	3,45	3,16	16,95	100,00
močno onesnažene jame	35,98	11,59	4,27	8,54	3,05	2,44	1,22	2,13	30,79	100,00
skupaj	44,68	12,37	5,54	6,19	3,67	2,45	2,09	2,30	20,72	100,00

Preglednica 82: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah velikosti vhoda.

Naklon površja v okolici jame

	0 - 4,9°	5 - 9,9°	10 - 14,9°	15 - 19,9°	20 - 24,9°	25 - 29,9°	30 - 34,9°	35 - 39,9°	več kot 40°	skupaj
malo onesnažene jame	165	194	138	75	58	33	26	6	19	714
srednje onesnažene jame	120	94	57	31	16	18	7	4	1	348
močno onesnažene jame	115	88	60	37	14	7	4	1	2	328
skupaj	400	376	255	143	88	58	37	11	22	1390

Preglednica 83: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah naklonov površja v okolici jam.

	0 - 4,9°	5 - 9,9°	10 - 14,9°	15 - 19,9°	20 - 24,9°	25 - 29,9°	30 - 34,9°	35 - 39,9°	več kot 40°	skupaj
malo onesnažene jame	41,25	51,60	54,12	52,45	65,91	56,90	70,27	54,55	86,36	51,37
srednje onesnažene jame	30,00	25,00	22,35	21,68	18,18	31,03	18,92	36,36	4,55	25,04
močno onesnažene jame	28,75	23,40	23,53	25,87	15,91	12,07	10,81	9,09	9,09	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 84: Deleži kategorij naklonov površja v okolici jam v % po tipu onesnaženih jam.

	0 - 4,9°	5 - 9,9°	10 - 14,9°	15 - 19,9°	20 - 24,9°	25 - 29,9°	30 - 34,9°	35 - 39,9°	več kot 40°	skupaj
malo onesnažene jame	23,11	27,17	19,33	10,50	8,12	4,62	3,64	0,84	2,66	100,00
srednje onesnažene jame	34,48	27,01	16,38	8,91	4,60	5,17	2,01	1,15	0,29	100,00
močno onesnažene jame	35,06	26,83	18,29	11,28	4,27	2,13	1,22	0,30	0,61	100,00
skupaj	28,78	27,05	18,35	10,29	6,33	4,17	2,66	0,79	1,58	100,00

Preglednica 85: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah naklonov površja v okolici jam.

Položaj jame glede na cesto

	pod cesto	nad cesto	skupaj
malo onesnažene jame	332	382	714
srednje onesnažene jame	156	192	348
močno onesnažene jame	157	171	328
skupaj	645	745	1390

Preglednica 86: Število različnih tipov onesnaženih jam po položaju jam glede na cesto.

	pod cesto	nad cesto	skupaj
malo onesnažene jame	51,47	51,28	51,37
srednje onesnažene jame	24,19	25,77	25,04
močno onesnažene jame	24,34	22,95	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00

Preglednica 87: Deleži kategorij položajev jam glede na cesto v % po tipu onesnaženih jam.

	pod cesto	nad cesto	skupaj
malo onesnažene jame	46,50	53,50	100,00
srednje onesnažene jame	44,83	55,17	100,00
močno onesnažene jame	47,87	52,13	100,00
skupaj	46,40	53,60	100,00

Preglednica 88: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah položajev jam glede na cesto.

Oddaljenost jame od najbližje ceste

	0 - 99 m	100 - 199 m	200 - 299 m	300 - 399 m	400 - 499 m	500 - 599 m	600 - 699 m	700 - 799 m	več kot 800 m	skupaj
malo onesnažene jame	244	155	115	69	32	23	15	14	47	714
srednje onesnažene jame	147	82	40	25	17	9	3	4	21	348
močno onesnažene jame	190	61	27	22	6	5	7	2	8	328
skupaj	581	298	182	116	55	37	25	20	76	1390

Preglednica 89: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih cest.

	0 - 99 m	100 - 199 m	200 - 299 m	300 - 399 m	400 - 499 m	500 - 599 m	600 - 699 m	700 - 799 m	več kot 800 m	skupaj
malo onesnažene jame	42,00	52,01	63,19	59,48	58,18	62,16	60,00	70,00	61,84	51,37
srednje onesnažene jame	25,30	27,52	21,98	21,55	30,91	24,32	12,00	20,00	27,63	25,04
močno onesnažene jame	32,70	20,47	14,84	18,97	10,91	13,51	28,00	10,00	10,53	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 90: Deleži kategorij oddaljenosti jam od najbližjih cest v % po tipu onesnaženih jam.

	0 - 99 m	100 - 199 m	200 - 299 m	300 - 399 m	400 - 499 m	500 - 599 m	600 - 699 m	700 - 799 m	več kot 800 m	skupaj
malo onesnažene jame	34,17	21,71	16,11	9,66	4,48	3,22	2,10	1,96	6,58	100,00
srednje onesnažene jame	42,24	23,56	11,49	7,18	4,89	2,59	0,86	1,15	6,03	100,00
močno onesnažene jame	57,93	18,60	8,23	6,71	1,83	1,52	2,13	0,61	2,44	100,00
skupaj	41,80	21,44	13,09	8,35	3,96	2,66	1,80	1,44	5,47	100,00

Preglednica 91: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih cest.

Višinska razlika med jamo in cesto

	0 - 9 m	10 - 19 m	20 - 29 m	30 - 39 m	40 - 49 m	50 - 59 m	60 - 69 m	70 - 79 m	več kot 80 m	skupaj
malo onesnažene jame	305	139	75	42	31	24	20	10	68	714
srednje onesnažene jame	198	53	29	12	17	7	6	5	21	348
močno onesnažene jame	225	41	23	13	8	8	1	4	5	328
skupaj	728	233	127	67	56	39	27	19	94	1390

Preglednica 92: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah višinske razlike jam od cest.

	0 - 9 m	10 - 19 m	20 - 29 m	30 - 39 m	40 - 49 m	50 - 59 m	60 - 69 m	70 - 79 m	več kot 80 m	skupaj
malo onesnažene jame	41,90	59,66	59,06	62,69	55,36	61,54	74,07	52,63	72,34	51,37
srednje onesnažene jame	27,20	22,75	22,83	17,91	30,36	17,95	22,22	26,32	22,34	25,04
močno onesnažene jame	30,91	17,60	18,11	19,40	14,29	20,51	3,70	21,05	5,32	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 93: Deleži kategorij višinske razlike jam od cest v % po tipu onesnaženih jam.

	0 - 9 m	10 - 19 m	20 - 29 m	30 - 39 m	40 - 49 m	50 - 59 m	60 - 69 m	70 - 79 m	več kot 80 m	skupaj
malo onesnažene jame	42,72	19,47	10,50	5,88	4,34	3,36	2,80	1,40	9,52	100,00
srednje onesnažene jame	56,90	15,23	8,33	3,45	4,89	2,01	1,72	1,44	6,03	100,00
močno onesnažene jame	68,60	12,50	7,01	3,96	2,44	2,44	0,30	1,22	1,52	100,00
skupaj	52,37	16,76	9,14	4,82	4,03	2,81	1,94	1,37	6,76	100,00

Preglednica 94: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah višinske razlike jam od cest.

Oddaljenost jame od najbližjega objekta

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
malo onesnažene jame	252	177	130	71	46	20	7	5	6	714
srednje onesnažene jame	164	81	38	36	12	9	6	1	1	348
močno onesnažene jame	180	67	46	20	12	3	0	0	0	328
skupaj	596	325	214	127	70	32	13	6	7	1390

Preglednica 95: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih objektov.

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
malo onesnažene jame	42,28	54,46	60,75	55,91	65,71	62,50	53,85	83,33	85,71	51,37
srednje onesnažene jame	27,52	24,92	17,76	28,35	17,14	28,13	46,15	16,67	14,29	25,04
močno onesnažene jame	30,20	20,62	21,50	15,75	17,14	9,38	0,00	0,00	0,00	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 96: Deleži kategorij oddaljenosti jam od najbližjih objektov v % po tipu onesnaženih jam.

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
malo onesnažene jame	35,29	24,79	18,21	9,94	6,44	2,80	0,98	0,70	0,84	100,00
srednje onesnažene jame	47,13	23,28	10,92	10,34	3,45	2,59	1,72	0,29	0,29	100,00
močno onesnažene jame	54,88	20,43	14,02	6,10	3,66	0,91	0,00	0,00	0,00	100,00
skupaj	42,88	23,38	15,40	9,14	5,04	2,30	0,94	0,43	0,50	100,00

Preglednica 97: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih objektov.

Število prebivalcev v okolici jame

	0 - 9 prebivalcev	10 - 19 prebivalcev	20 - 29 prebivalcev	30 - 39 prebivalcev	40 - 49 prebivalcev	50 - 59 prebivalcev	60 - 69 prebivalcev	70 - 79 prebivalcev	več kot 80 prebivalcev	skupaj
malo onesnažene jame	262	27	24	26	22	20	16	13	304	714
srednje onesnažene jame	86	12	11	12	11	7	12	10	187	348
močno onesnažene jame	67	5	11	14	8	8	12	5	198	328
skupaj	415	44	46	52	41	35	40	28	689	1390

Preglednica 98: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam.

	0 - 9 prebivalcev	10 - 19 prebivalcev	20 - 29 prebivalcev	30 - 39 prebivalcev	40 - 49 prebivalcev	50 - 59 prebivalcev	60 - 69 prebivalcev	70 - 79 prebivalcev	več kot 80 prebivalcev	skupaj
malo onesnažene jame	63,13	61,36	52,17	50,00	53,66	57,14	40,00	46,43	44,12	51,37
srednje onesnažene jame	20,72	27,27	23,91	23,08	26,83	20,00	30,00	35,71	27,14	25,04
močno onesnažene jame	16,14	11,36	23,91	26,92	19,51	22,86	30,00	17,86	28,74	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 99: Deleži kategorij števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam v % po tipu onesnaženih jam.

	0 - 9 prebivalcev	10 - 19 prebivalcev	20 - 29 prebivalcev	30 - 39 prebivalcev	40 - 49 prebivalcev	50 - 59 prebivalcev	60 - 69 prebivalcev	70 - 79 prebivalcev	več kot 80 prebivalcev	skupaj
malo onesnažene jame	36,69	3,78	3,36	3,64	3,08	2,80	2,24	1,82	42,58	100,00
srednje onesnažene jame	24,71	3,45	3,16	3,45	3,16	2,01	3,45	2,87	53,74	100,00
močno onesnažene jame	20,43	1,52	3,35	4,27	2,44	2,44	3,66	1,52	60,37	100,00
skupaj	29,86	3,17	3,31	3,74	2,95	2,52	2,88	2,01	49,57	100,00

Preglednica 100: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam.

Zmogljivost odpadkov v občini

	0 - 499 t	500 - 999 t	1000 - 1499 t	1500 - 1999 t	2000 - 2499 t	2500 - 2999 t	3000 - 3499 t	3500 - 3999 t	več kot 4000 t	skupaj
malo onesnažene jame	55	203	35	166	131	71	2	17	34	714
srednje onesnažene jame	33	86	17	87	62	39	5	9	10	348
močno onesnažene jame	19	98	14	73	68	33	4	6	13	328
skupaj	107	387	66	326	261	143	11	32	57	1390

Preglednica 101: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah zmogljivosti odpadkov v okolici jam.

	0 - 499 t	500 - 999 t	1000 - 1499 t	1500 - 1999 t	2000 - 2499 t	2500 - 2999 t	3000 - 3499 t	3500 - 3999 t	več kot 4000 t	skupaj
malo onesnažene jame	51,40	52,45	53,03	50,92	50,19	49,65	18,18	53,13	59,65	51,37
srednje onesnažene jame	30,84	22,22	25,76	26,69	23,75	27,27	45,45	28,13	17,54	25,04
močno onesnažene jame	17,76	25,32	21,21	22,39	26,05	23,08	36,36	18,75	22,81	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 102: Deleži kategorij zmogljivosti odpadkov v okolici jam v % po tipu onesnaženih jam.

	0 - 499 t	500 - 999 t	1000 - 1499 t	1500 - 1999 t	2000 - 2499 t	2500 - 2999 t	3000 - 3499 t	3500 - 3999 t	več kot 4000 t	skupaj
malo onesnažene jame	7,70	28,43	4,90	23,25	18,35	9,94	0,28	2,38	4,76	100,00
srednje onesnažene jame	9,48	24,71	4,89	25,00	17,82	11,21	1,44	2,59	2,87	100,00
močno onesnažene jame	5,79	29,88	4,27	22,26	20,73	10,06	1,22	1,83	3,96	100,00
skupaj	7,70	27,84	4,75	23,45	18,78	10,29	0,79	2,30	4,10	100,00

Preglednica 103: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah števila prebivalcev v polmeru 1000 m od jam.

Oddaljenost jame od najbližjega divjega odlagališča

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
malo onesnažene jame	77	128	107	95	80	53	43	31	100	714
srednje onesnažene jame	46	69	54	41	36	31	17	18	36	348
močno onesnažene jame	74	66	45	39	30	33	10	9	22	328
skupaj	197	263	206	175	146	117	70	58	158	1390

Preglednica 104: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč.

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
malo onesnažene jame	39,09	48,67	51,94	54,29	54,79	45,30	61,43	53,45	63,29	51,37
srednje onesnažene jame	23,35	26,24	26,21	23,43	24,66	26,50	24,29	31,03	22,78	25,04
močno onesnažene jame	37,56	25,10	21,84	22,29	20,55	28,21	14,29	15,52	13,92	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 105: Deleži kategorij oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč v % po tipu onesnaženih jam.

	0 - 249 m	250 - 499 m	500 - 749 m	750 - 999 m	1000 - 1249 m	1250 - 1499 m	1500 - 1749 m	1750 - 1999 m	več kot 2000 m	skupaj
malo onesnažene jame	10,78	17,93	14,99	13,31	11,20	7,42	6,02	4,34	14,01	100,00
srednje onesnažene jame	13,22	19,83	15,52	11,78	10,34	8,91	4,89	5,17	10,34	100,00
močno onesnažene jame	22,56	20,12	13,72	11,89	9,15	10,06	3,05	2,74	6,71	100,00
skupaj	14,17	18,92	14,82	12,59	10,50	8,42	5,04	4,17	11,37	100,00

Preglednica 106: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah oddaljenosti jam od najbližjih divjih odlagališč.

Število divjih odlagališč v okolici jame

	0 - 0,9	1 - 1,9	2 - 2,9	3 - 3,9	4 - 4,9	5 - 5,9	6 - 6,9	7 - 7,9	več kot 8	skupaj
malo onesnažene jame	307	125	75	65	38	31	21	8	44	714
srednje onesnažene jame	138	59	44	25	19	11	12	12	28	348
močno onesnažene jame	104	62	36	33	22	16	9	11	35	328
skupaj	549	246	155	123	79	58	42	31	107	1390

Preglednica 107: Število različnih tipov onesnaženih jam po kategorijah števila divjih odlagališč v polmeru 1000 m od jam.

	0 - 0,9	1 - 1,9	2 - 2,9	3 - 3,9	4 - 4,9	5 - 5,9	6 - 6,9	7 - 7,9	več kot 8	skupaj
malo onesnažene jame	55,92	50,81	48,39	52,85	48,10	53,45	50,00	25,81	41,12	51,37
srednje onesnažene jame	25,14	23,98	28,39	20,33	24,05	18,97	28,57	38,71	26,17	25,04
močno onesnažene jame	18,94	25,20	23,23	26,83	27,85	27,59	21,43	35,48	32,71	23,60
skupaj	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Preglednica 108: Deleži kategorij števila divjih odlagališč v polmeru 1000 m od jam v % po tipu onesnaženih jam.

	0 - 0,9	1 - 1,9	2 - 2,9	3 - 3,9	4 - 4,9	5 - 5,9	6 - 6,9	7 - 7,9	več kot 8	skupaj
malo onesnažene jame	43,00	17,51	10,50	9,10	5,32	4,34	2,94	1,12	6,16	100,00
srednje onesnažene jame	39,66	16,95	12,64	7,18	5,46	3,16	3,45	3,45	8,05	100,00
močno onesnažene jame	31,71	18,90	10,98	10,06	6,71	4,88	2,74	3,35	10,67	100,00
skupaj	39,50	17,70	11,15	8,85	5,68	4,17	3,02	2,23	7,70	100,00

Preglednica 109: Deleži tipov onesnaženih jam v % po kategorijah števila divjih odlagališč v polmeru 1000 m od jam.

Priloga 4: Uporaba ukazov algoritma J48 v programu Weka

Pri uporabi algoritma J48 smo uporabili naslednje prednastavljene lastnosti ukazov:

- 1) batchSize = 100
- 2) binarySplits = False
- 3) collapseTree = True
- 4) confidenceFactor = 0.25
- 5) debug = False
- 6) doNotCheckCapabilities = False
- 7) doNotMakeSplitPointActualValue = False
- 8) minNumObj = 2
- 9) numDecimalPlaces = 2
- 10) numFolds = 3
- 11) reducedErrorPruning = False
- 12) saveInstanceData = False
- 13) seed = 1
- 14) subtreeRaising = True
- 15) unpruned = False
- 16) useLaplace = False
- 17) useMDLcorrection = True

Ukaz »minNumObj« opredeljuje najmanjše število enot oziroma analiziranih jam v posameznem delu odločitvenega drevesa. S povečevanjem najmanjšega števila enot je odločitveno drevo vse bolj enostavno, saj velikemu številu enot ustreza čedalje manj vplivnih dejavnikov. Najmanjše število enot smo spreminjali v 18 različnih analizah, kjer smo uporabili naslednje vrednosti najmanjšega števila enot: 2 jami, 5 jam, 10 jam, 20 jam, 25 jam, 50 jam, 75 jam, 100 jam, 125 jam, 150 jam, 175 jam, 200 jam, 250 jam, 300 jam, 350 jam, 400 jam, 450 jam ter 500 jam.

Priloga 5: Rezultati analize programa Weka

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.trees.J48 -C 0.25 -M 300

Relation: data-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R1

Instances: 6861

Attributes: 9

nadmorska

vhod

velikost

naklon

cestaodd

cestavis

objektodd

prebivalstvo

stanje

Test mode: 10-fold cross-validation

=== Classifier model (full training set) ===

J48 pruned tree

prebivalstvo <= 56: cista (4845.0/616.0)

prebivalstvo > 56

| objektodd <= 234.557522

| | vhod <= 1: cista (426.0/168.0)

| | vhod > 1: onesnazena (561.0/269.0)

| objektodd > 234.557522: cista (1029.0/314.0)

Number of Leaves : 4

Size of the tree : 7

Time taken to build model: 0.05 seconds

=== Stratified cross-validation ===

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	5441	79.3033 %
Incorrectly Classified Instances	1420	20.6967 %
Kappa statistic	0.1555	
Mean absolute error	0.2932	
Root mean squared error	0.3849	
Relative absolute error	90.7376 %	
Root relative squared error	95.7729 %	
Total Number of Instances	6861	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	c	ROC Area	PRC Area	Class
	0,952	0,835	0,818	0,952	0,880	0,184	0,669	0,864	cista
	0,165	0,048	0,469	0,165	0,245	0,184	0,669	0,352	onesnazena
Weighted Avg.	0,793	0,675	0,747	0,793	0,751	0,184	0,669	0,760	

=== Confusion Matrix ===

a b <-- classified as
5211 260 | a = cista
1160 230 | b = onesnazena

Priloga 6: Razporeditev sto onesnaženih jam na vrhu seznama modela za prednostno sanacijo jam

#	katastrska številka	ime jame	pokrajina	količina odpadkov (m ³)	model PRESOJ
1	954	Jeriševa jama	Kras	200,0	70
2	2372	Prepad na Trbičih	Julijske Alpe	0,5	67
3	1502	Brezno 3 pri Korenu	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	15,0	66
4	2159	Drenovca	Kras	100,0	65
5	7411	Ljubljanca	Kras	100,0	65
6	736	Dimnice	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	100,0	65
7	846	Nasirska jama	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	100,0	65
8	2573	Brezno nad gospodovim vrhom	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	50,0	65
9	10867	Cicifuj	Krimsko hribovje in Menišija	5,0	65
10	9751	Brezno nad Jugorjem	Bela krajina	30,0	65
11	4343	Brezno ob cesti na Stare hleve	Julijske Alpe	10,0	64
12	553	Pekel pri Zalogu	Ložniško in Hudinjsko gričevje	20,0	64
13	1267	Rojnikovo brezno	Ložniško in Hudinjsko gričevje	20,0	64
14	3519	Lisičja luknja	Ložniško in Hudinjsko gričevje	5,0	64
15	10917	Jama v vipavskem kamnolomu	Vipavska dolina	0,1	64
16	5376	Volčjigrajska Globonica	Kras	100,0	64
17	5892	Gropača v Belem Kalu	Kras	10,0	64
18	6211	Bezen pod Štanjelom	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	15,0	64
19	475	Drskovška golobina	Pivsko podolje in Vremščica	2,0	64
20	1676	Jama ob poti na Komno	Julijske Alpe	0,3	63
21	8051	Jašek sv. Jožefa in sv. Frančiška	Julijske Alpe	5,0	63
22	10405	Rupa za Skakavcem	Julijske Alpe	0,2	63
23	3509	Bezovlaška jama	Vipavska dolina	200,0	63
24	4345	Jama v Žustkovem partu	Kras	21,0	63
25	5352	Pečina v Javi	Kras	10,0	63
26	5256	Križenca	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	5,0	63

27	3578	Bratinov brezen	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	4,0	63
28	524	Brezno v Lipovcah	Krimsko hribovje in Menišija	5,0	63
29	2307	Medenov kevder	Suha krajina in Dobropolje	10,0	63
30	8959	Brezno granatka	Suha krajina in Dobropolje	100,0	63
31	748	Planinska jama	Pivško podolje in Vremščica	100,0	63
32	8888	TIGR	Julijske Alpe	1,0	62
33	9875	Podoknica	Julijske Alpe	0,1	62
34	9876	Podokničar	Julijske Alpe	0,1	62
35	10114	Brezno pod Rušovim vrhom	Julijske Alpe	0,5	62
36	10834	Podor na Vodiški planini	Julijske Alpe	10,0	62
37	315	Jama na Brundlovem partu	Kras	200,0	62
38	2212	Preserska jama	Kras	50,0	62
39	6944	Smetišče pri Vojščici	Kras	120,0	62
40	9810	Jama pri žegni	Kras	10,0	62
41	10430	Perkovo brezno na Pleši	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	0,2	62
42	2308	Trznarjeva jama	Suha krajina in Dobropolje	100,0	62
43	6287	Brezno II na Petrovki	Suha krajina in Dobropolje	7,0	62
44	1967	Brezno 2 nad Staro vasjo	Pivško podolje in Vremščica	150,0	62
45	1969	Brezno 4 nad Staro vasjo	Pivško podolje in Vremščica	100,0	62
46	2630	Ravnica	Pivško podolje in Vremščica	4000,0	62
47	11987	Jama pri koritu	Ribniško-Kočevsko podolje	100,0	62
48	12162	Blatni rov	Ribniško-Kočevsko podolje	100,0	62
49	6112	Brezno na Mesnovcu	Julijske Alpe	1,0	61
50	8157	Trojno brezno v ledu	Julijske Alpe	10,0	61
51	12130	Laška	Julijske Alpe	0,1	61
52	10386	Feltbanka	Kras	2,0	61
53	12310	Brezno pri Koritih na Krasu	Kras	0,3	61
54	1399	Špirnica	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	5,0	61
55	2723	Skalonova jama	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	5,0	61
56	7641	Golobnica	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	20,0	61
57	1501	Brezno 2 pri Korenu	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	180,0	61
58	4557	Poljanski brezen	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	100,0	61

59	77	Ledenica pri Planinci	Krimsko hribovje in Menišija	0,1	61
60	2088	Brezno pod Koblakom	Krimsko hribovje in Menišija	10,0	61
61	12303	Zavrhovska skaza	Krimsko hribovje in Menišija	5,0	61
62	269	Fužina pri Stari Vasi	Pivško podolje in Vremščica	30,0	61
63	1557	Polhova jama	Pivško podolje in Vremščica	20,0	61
64	11984	Jama pod Šalko vasjo	Ribniško-Kočevsko podolje	100,0	61
65	11985	Jama pri gostilni	Ribniško-Kočevsko podolje	100,0	61
66	27	Županova jama	Dolenjsko podolje	100,0	61
67	851	Pečenevka	Bela krajina	0,3	61
68	853	Kipina jama	Bela krajina	100,0	61
69	9612	Šikara	Bela krajina	30,0	61
70	10264	Brezno v Trnovskem gaju	Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje	1,0	61
71	2066	Udorna jama na Tratah na Mežaklji	Julijske Alpe	15,0	60
72	3457	Brezno pri gamsovi glavici	Julijske Alpe	1,0	60
73	10076	Huda jama	Julijske Alpe	10,0	60
74	10631	Mala jama Za Poljanico	Julijske Alpe	0,1	60
75	11515	L-36b (Kanin)	Julijske Alpe	0,1	60
76	3517	Kvartičevo brezno	Ložniško in Hudinjsko gričevje	50,0	60
77	3518	Lisičja jama	Ložniško in Hudinjsko gričevje	0,7	60
78	2578	Sapnica	Savska ravan	10,0	60
79	1755	Tekcov brezen	Vipavska dolina	0,5	60
80	2164	Kaverna v Podmiji	Kras	1,0	60
81	4559	Peraseva jama	Kras	30,0	60
82	12544	K23-52 (Komen)	Kras	0,5	60
83	1005	Socerbska jama za vrhom	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	150,0	60
84	2710	Grda jama	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	5,0	60
85	2711	Jama na Hribi	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	100,0	60

86	4264	Kaserova jama	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	5,0	60
87	4665	Pasica	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	20,0	60
88	7252	Golobinjica	Podgorski kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	5,0	60
89	7217	Brezno v Preserski dolini	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	35,0	60
90	294	Kržiška jama	Krimsko hribovje in Menišija	5,0	60
91	699	Cukalovo brezno	Krimsko hribovje in Menišija	10,0	60
92	12343	Brezno pod Kaferlom	Krimsko hribovje in Menišija	3,0	60
93	8183	Mala Strašca	Suha krajina in Dobropolje	1,0	60
94	10760	Rupenca	Suha krajina in Dobropolje	15,0	60
95	747	Jamski sistem Postojnska jama	Pivško podolje in Vremščica	100,0	60
96	1847	Brezno 1 pri Muhovi ogradi	Pivško podolje in Vremščica	5,0	60
97	2917	Brezno pri Škrbcu	Pivško podolje in Vremščica	0,1	60
98	8741	Anžetovo brezno	Ribniško-Kočevsko podolje	1,0	60
99	10172	Izvir Obrh	Bela krajina	10,0	60
100	10710	Budetova jama	Bela krajina	1,0	60

Preglednica 110: Seznam stotih onesnaženih jam v Sloveniji na vrhu seznama prednostne sanacije onesnaženih jam.