



Smernice za varstvo jam in krasa

Druga izdaja



Jama Xe Bang Fai, Laos

Fotografija: Steven Bourne

Smernice za varstvo jam in krasa

Druga izdaja

2024

Uredniki: David Gillieson, John Gunn, Augusto Auler in Terry Bolger

Avtorji prispevkov: Augusto Auler, Terry Bolger, Ferdinando Didonna, Rolan Eberhard, Stefan Eberhard, Hein Gerstner, David Gillieson, John Gunn, Ana Komericki, Denise Matias, Jasmine Moreira, Ana Sofia Reboleira, Geary Schindel, Maria-Laura Tîrlă, Bärbel Vogel in Brad Wuest

Prevod v slovenščino: Urška Žitnik in Nadja Zupan Hajna

Financiral za UIS: Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna 2024

Izdali Mednarodna speleološka zveza (UIS)
in Mednarodna zveza za varstvo narave (IUCN)



Prvo izdajo teh smernic je izdala zveza IUCN leta 1997. Pričujočo drugo izdajo je izdala Mednarodna speleološka zveza – UIS leta 2022, ob podpori Mednarodne zveze za varstvo narave – IUCN. Prispevke so združili in uredili člani delovne skupine za jame in kras pri Skupini strokovnjakov za geološko dediščino Svetovne komisije IUCN za zavarovana območja (IUCN World Commission on Protected Areas Geoheritage Specialist Group).

Mnenja, izražena v tej publikaciji, ne odražajo nujno mnenj UIS, IUCN in drugih sodelujočih organizacij.

Avtorske pravice: © 2022 UIS – Mednarodna speleološka zveza in IUCN – Mednarodna zveza za varstvo narave
Razmnoževanje te publikacije v izobraževalne in nekomercialne namene je dovoljeno brez predhodnega pisnega dovoljenja lastnika avtorskih pravic, pod pogojem, da je naveden vir.
Razmnoževanje te publikacije z namenom nadaljnje prodaje ali v komercialne namene je prepovedano brez predhodnega pisnega dovoljenja lastnika avtorskih pravic.

Priporočeni način citiranja: Gillieson, David S., Gunn, J., Auler, A. in Bolger, T. (ur.), 2024. *Smernice za varstvo jam in krasa*, 2. izdaja, Postojna, Slovenija: Mednarodna speleološka zveza UIS. 112 str.

Naslovna fotografija: Steven Bourne, uporabljena z dovoljenjem

Postavitev in izdelava: David Gillieson in Jeremy Garnett

O zvezi UIS

Union Internationale de Spéléologie (Mednarodna speleološka zveza ali UIS) je mednarodni organ za jamarstvo in speleologijo. UIS je neprofitna, nevladna organizacija, ki spodbuja interakcijo med akademskimi in prakticirajočimi speleologi različnih narodnosti v namen razvoja in usklajevanja mednarodne speleologije z znanstvenih, tehničnih, kulturnih in ekonomskih vidikov. Zveza UIS ostaja glavni svetovni znanstveni in športni organ, ki promovira ohranjanje jam na mednarodni ravni. Sodeluje z Mednarodno zvezo za varstvo narave (IUCN). Na zahtevo lahko zveza UIS podpre mednarodne speleološke dogodke, prizadevanja držav članic za varstvo svojih jam in kraških pojavov, nominacije za vpis na Unescov seznam svetovne dediščine, prošnje vladam za ustanovitev institucij za raziskovanje krasa in raziskovalce jam ter znanstvenike pri zbiranju sredstev za svoje projekte. Zveza UIS je, v sodelovanju s 57 državami članicami in več kot 250 institucijami ter organizacijami po vsem svetu, razglasila leto 2021–22 za Mednarodno leto jam in krasa.

secretary@uis-speleo.org

<http://uis-speleo.org/>

O zvezi IUCN

Mednarodna zveza za varstvo narave – IUCN je članska zveza, edinstveno sestavljena tako iz vladnih organizacij kot organizacij civilne družbe. Javnim, zasebnim in nevladnim organizacijam nudi znanje in orodja, ki hkrati omogočajo človeški napredek, gospodarski razvoj in varstvo narave.

Zveza IUCN, ki je bila ustvarjena leta 1948, je danes največja in najbolj raznolika okoljevarstvena mreža na svetu, saj izkorišča znanje, sredstva in vpliv več kot 1.400 članskih organizacij in približno 18.000 strokovnjakov. Je vodilni ponudnik podatkov, ocen in analiz na področju varstva narave. Njena obsežna članska struktura ji omogoča, da opravlja vlogo inkubatorja in zaupanja vrednega arhiva najboljših praks, orodij in mednarodnih standardov.

Zveza IUCN nudi nevtralni prostor, v katerem lahko raznoliki deležniki, vključno z vladami, nevladnimi organizacijami, znanstveniki, podjetji, lokalnimi skupnostmi, organizacijami domorodnih ljudstev in drugimi, sodelujejo pri oblikovanju in izvajanju rešitev okoljskih izzivov ter dosežejo trajnostni razvoj.

V sodelovanju s številnimi partnerji in podporniki, zveza IUCN izvaja obsežen in raznolik nabor naravovarstvenih projektov po vsem svetu. Z združevanjem najnovejših znanstvenih odkritij s tradicionalnim znanjem lokalnih skupnosti, ti projekti poskušajo obrniti pojav izgube habitatov, obnoviti ekosisteme in izboljšati počutje ljudi.

www.iucn.org

<https://twitter.com/IUCN/>

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID 200345603

ISBN 978-961-96709-0-3 (Mednarodna speleološka zveza (UIS), PDF)

Kazalo vsebine

PODROČJE UPORABE DOKUMENTA.....	II
AVTORJI PRISPEVKOV	II
ZAHVALE	III
ZNAČILNOSTI KRAŠKIH SISTEMOV	1
UVOD: KRAS, JAME IN NJHOVO VAROVANJE	1
KRAS IN TOPNOST KAMNIN.....	4
POMEN KRASA IN JAM.....	5
POSEBNE ZNAČILNOSTI KRAŠKIH OKOLIJ IN JAMSKIH SISTEMOV	10
LESTVICE UPRAVLJANJA V KRAŠKIH OBMOČJIH	12
ČLOVEŠKE DEJAVNOSTI NA KRASU: VPLIVI IN BLAŽENJE.....	16
REKREATIVNO IN AVANTURISTIČNO JAMARSTVO	16
TURISTIČNE JAME	27
AVANTURISTIČNE IN TURISTIČNE DEJAVNOSTI NA POVRŠINSKEM KRASU	39
ZNANSTVENO RAZISKOVANJE	41
KMETIJSTVO IN GOZDARSTVO	45
EKSTRAKTIVNE INDUSTRIJE	52
RAZVOJ IN INFRASTRUKTURA	59
VODOOSKRBA	67
UPRAVLJANJE KRASA V ZAVAROVANIH OBMOČJIH	71
RAZVOJ UČINKOVITEGA MONITORINGA IN OMILITVENIH UKREPOV	71
NAČRTOVANJE UPRAVLJANJA KRAŠKIH ZAVAROVANIH OBMOČIJ	74
VKLJUČEVANJE DOMORODNIH LJUDSTEV V UPRAVLJANJE KRASA.....	79
ZAKLJUČEK	88
NADALJNE BRANJE	89
SPLETNI VIRI	90
ZNANSTVENA LITERATURA	91
PRILOGA 1: KRAS IN JAME NA NEKARBONATNIH KAMNINAH	94
PRILOGA 2: CELOTNE SMERNICE.....	102

Področje uporabe dokumenta

Te smernice so posodobitev in razširitev prvotnih Smernic za varstvo jam in krasa, ki jih je izdala Mednarodna zveza za varstvo narave – IUCN leta 1997 (glejte [Nadaljnje branje](#)). Leta 2021 se je Mednarodna speleološka zveza (UIS) odločila izdati drugo izdajo smernic, zveza IUCN pa se je naknadno strinjala s sponzoriranjem publikacije. Prvotne smernice so se ukvarjale predvsem z geološko dediščino. Čeprav ta ostaja pomemben vidik v drugi izdaji smernic, smo tokrat obravnavali tudi biološka vprašanja, povezana z ohranjanjem jam in krasa.

Varovanje površinskih in podzemnih kraških ekosistemov je zelo pomemben del Cilja 15 *Agende za trajnostni razvoj do leta 2030 Združenih narodov* (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). Te smernice se nanašajo tudi na Cilj trajnostnega razvoja 6 (Vsem zagotoviti dostop do vode in sanitarne ureditve ter poskrbeti za trajnostno gospodarjenje z vodnimi viri), saj se približno 10 % svetovnega prebivalstva oskrbuje z vodo iz krasa, bodisi iz posameznih izvirov ali iz kraške podtalnice. Nove smernice gradijo na *Smernicah za varstvo geoloških naravnih vrednot v zavarovanih in ohranitvenih območjih*, ki jih je izdala zveza IUCN leta 2020, dodana pa je obravnava varovanja in ohranjanja geološke raznovrstnosti, geološke dediščine in ekologije v kraških in jamskih območjih, kjerkoli so prisotna.

Primerno je, da je ta publikacija nastala prav v Mednarodnem letu jam in krasa (IYCK) 2021–22, ki ga je organizirala Mednarodna speleološka zveza – svetovna organizacija raziskovalcev, znanstvenikov, upravljavcev in pedagogov na področju jam in krasa. Tri osrednje teme IYCK so »Raziskujmo, spoznavajmo in varujmo«. Čeprav se pričujoča publikacija osredotoča na tretjo temo, je naš cilj izboljšati poznavanje občutljivosti jam in krasa. Kljub temu, da se je poznavanje jam in krasa izboljšalo po izdaji prve publikacije, jih človeške dejavnosti še vedno ogrožajo po vsem svetu. Pravzaprav takšne dejavnosti nenehno škodujejo nekaterim izjemnim, nenadomestljivim in hidrološko, ekološko ter kulturno pomembnim jamskim in kraškim pokrajinam oz. jih ogrožajo.

Uredniki smernic in številni avtorji prispevkov so člani delovne skupine za jame in kras (Caves and Karst Working Group – CKWG) pri Skupini strokovnjakov za geološko dediščino Svetovne komisije IUCN za zavarovana območja. To publikacijo so pregledali tudi drugi člani CKWG, člani Skupine strokovnjakov za jamske nevretenčarje Komisije IUCN za preživetje vrst (IUCN SSC Cave Invertebrate Specialist Group) in člani globalne skupnosti krasoslovcev. Priložili smo sezname gradiv za nadaljnje branje ([Nadaljnje branje](#)), uporabnih spletnih virov ([Spletni viri](#)) in znanstvenih referenc ([Znanstvena literatura](#), ki smo jih uporabili pri pripravi tega dokumenta). Upamo, da bodo te smernice pomembno prispevale k poznavanju posebnih vidikov upravljanja, ki so bistvenega pomena za učinkovito varstvo jam in krasa. Smernice iz leta 1997 so bile »prvi korak« na tej poti, druga izdaja pa odraža naše izboljšano splošno znanje. Trenutni izziv je razvoj več državnih strategij in strategij, prilagojenih specifičnim lokacijam, v kraških območjih po vsem svetu.

Avtorji prispevkov

David Gillieson, Fakulteta za geografijo, zemeljske in atmosfere vede Univerze v Melbournu, Clayton, zvezna država Viktorija, Avstralija

John Gunn, Fakulteta za geografijo, zemeljske in okoljske vede Univerze v Birminghamu, Anglija, Združeno kraljestvo
Augusto Auler, vodja raziskav pri inštitutu Carste Ciência Ambiental / Instituto do Carste, Belo Horizonte, zvezna država Minas Gerais, Brazilija

Terry Bolger, strokovnjak za jame in kras, Vientiane, Laos

Ferdinando Didonna, član Evropske komisije za varstvo jam (ECPC/FSE); član skupine strokovnjakov za geološko dediščino pri Svetovni komisiji IUCN za zavarovana območja (IUCN/WCPA Geoheritage Specialist Group GSG), Italija

Rolan Eberhard, Sektor za naravno in kulturno dediščino, Oddelek za primarne industrije, parke, vodo in okolje, Hobart, zvezna država Tasmanija, Avstralija

Stefan Eberhard, direktor podjetja Subterranean Ecology Pty Ltd, Coningham, zvezna država Tasmanija, Avstralija; docent na Univerzi v Novem južnem Walesu; častni sodelavec Muzeja Zahodne Avstralije

Hein Gerstner, upravljavec parka Mulu, območja svetovne dediščine, pri podjetju Borsamulu Park Management Sdn Bhd, Mulu, zvezna država Sarawak, Malezija

Ana Komerički, Hrvaško biospeleološko društvo, Zagreb, Hrvaška

Denise Margaret S. Matias, Biotska raznovrstnost in ljudje, Inštitut za družbeno-ekološke raziskave (ISOE), Frankfurt ob Majni, Nemčija

Jasmine Cardozo Moreira, Oddelek za turizem, študijski program Upravljanje zemljišč, Državna univerza Ponta Grossa, Brazilija

Ana Sofia Reboleira, Oddelek za biologijo živali fakultete Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lizbona, Portugalska

Geary Schindel, glavni tehnični uradnik pri upravi vodonosnika Edwards, San Antonio, zvezna država Teksas, ZDA in predsednik Državnega društva speleologov, ZDA

Maria-Laura Tîrlă, Oddelek za regionalno geografijo in okolje, Univerza v Bukarešti, Bukarešta, Romunija

Bärbel Vogel, predsednica Nemške speleološke zveze; pomožna sekretarka Mednarodne speleološke zveze – UIS; sekretarka delovne skupine za jame in kras skupine strokovnjakov za geološko dediščino pri Svetovni komisiji IUCN za zavarovana območja

Brad Wuest, predsednik Mednarodne zveze turističnih jam (ISCA), jame Natural Bridge Caverns, San Antonio, zvezna država Teksas, ZDA

Zahvale

Zahvaljujemo se naslednjim posameznikom, ki so drugo izdajo teh smernic pregledali in/ali podali koristne komentarje:

Gordana Beltram, Slovenija

Rosana Cerkvenc, Slovenija

Phil Chapman, ZK

Mick Day, ZDA

Martin Ellis, ZK

Hans Friederich, Malta

Jeremy Garnett, Top End Editing, Avstralija

Paul Griffiths, Kanada

Nadja Zupan Hajna, Slovenija

Eko Haryono, Indonezija

Kyung Sik Woo, Južna Koreja

Don McFarlane, ZDA

Jasmine Moreira, Brazilija

John Parr, Laos

Andy Spate, Avstralija

Tim Stokes, Kanada

George Veni, ZDA

John Watson, Avstralija

Nick White, Avstralija

Paul Williams, Nova Zelandija

Zahvaljujemo se tudi naslednjim posameznikom, ki so priskrbeli fotografije za to izdajo smernic:

Luciana Alt

Steven Bourne

Philippe Crochet

Rob Eavis

Csaba Egri

Paul Griffiths

Vittorio Grobu

Peter Hofmann

Tony Marsden

Vitor Moura

John Spies

Rainer Straub

Posebna zahvala gre Marii-Lauri Tîrlă za njen blokovni diagram kraškega hidrološkega sistema, prostorske organizacije kraških prispevnih območij in vplivov človeških dejavnosti na kras.

Značilnosti kraških sistemov

Uvod: kras, jame in njihovo varovanje

Jame in kras so tihe priče evoluciji Zemlje in vzponu civilizacij. Jame in kras so ohranile in zavarovale pomembne delce dolge in turbulentne geološke preteklosti Zemlje. Ti obsegajo vse od starodavnih nahajališč mineralov, že davno izginulih oceanov in zgodnjih oblik življenja do edinstvenih organizmov, prilagojenih življenju v jamah, ostankov izumrle megafavne in zgodnjih primerov človeške umetnosti. Brez jam in krasa ne bi imeli dostopa do večine teh informacij. Jame in kras spadajo med najbolj izjemne in dragocene pokrajine na našem planetu, z lastno turistično in gospodarsko vrednostjo. Varovanje jam in krasa je bistvenega pomena za ohranjanje naše zgodovine in zgodovine planeta. Poznavanje krasa in jam je ključno za zagotavljanje dobrega sožitja med krasom in našo civilizacijo, za minimiziranje in preprečevanje vplivov na okolje, ki bodo sčasoma vplivali tudi na nas. Ta knjiga govori o varni in trajnostni uporabi krasa in jam ter kako jih pravilno varovati in upravljati. Naš cilj je predstaviti najnovejše najboljše svetovne prakse na način, ki je razumljiv poljudnim bralcem, hkrati pa strokovnjakom posredovati tehnične podrobnosti, ki jih zanimajo.

Kaj je kras?



Soteska Cares v Narodnem parku in Unescovem biosfernem rezervatu Picos de Europa v Španiji je odličen primer golega površinskega krasa v alpskem okolju. Fotografija: David Gillieson.

Izraz 'kras' izhaja iz antične besede *karra/gara*, ki pomeni kamen in je bila prvič znanstveno uporabljena v današnji obmejni regiji Slovenije in Italije, danes splošno znani kot 'klasični kras'. Ta regija vsebuje posebne reliefne oblike in velike površine golega apnenca, ki je bil – vsaj deloma – razgaljen zaradi erozije tal kot posledice čezmerne paše. Zaradi tega se izraz kras uporablja globalno za raznolika okolja, pri čemer nekatera nimajo skoraj nič skupnega s klasičnim krasom, številna pa vsebujejo zelo malo ali celo nič gole površinske kamnine. Obstajajo številne in včasih nasprotujoče si definicije krasa, vendar je dobro izhodišče dejstvo, da so za kraška območja značilne posebne reliefne oblike in hidrologija, ki so rezultat kombinacije dobro topne kamnine in podzemnega pretakanja vode po prednostnih poteh (kanalih). Tok podzemne vode skozi manjše kanale je laminaren in ne more prenašati sedimenta. Raztapljanje sčasoma poveča te kanale. Ko postanejo dovolj veliki za turbulentni tok (običajno pri širini odprtine okoli 10 mm), jih imenujemo vodi. Posebne reliefne oblike v kraških območjih vključujejo obdane depresije, kot so vrtače

(običajno poimenovane ponori) in večja polja z ravnim dnom. Pogoste so tudi ponikalnice, suhe doline in izviri. Agencija Združenih držav Amerike za varstvo okolja je pripravila koristen Leksikon jamske in kraške terminologije (glejte [Spletni viri](#)).



V nasprotju s sotesko Cares večina krasa v novozelandski regiji King Country z vlažnim in zmernim podnebjem leži pod debelim slojem vulkanskega pepela. Večina prvotnega gozda je bila odstranjena in nadomeščena s pašniki. Fotografija: John Gunn.

Kaj je jama?

Jama je naravno ustvarjena odprtina v zemeljskem materialu (kamnini ali sedimentu), ki je dovolj velika, da lahko vanjo vstopi človek. Ta definicija loči jame od umetnih tunelov in drugih zgrajenih podzemnih odprtin, ki so včasih nepravilno poimenovane kot jame. Minimalna dimenzija odprtine je poljubna in odvisna od velikosti raziskovalca, vendar bi bil premer 0,3 m smiseln kriterij. Pogosto je uporabljena tudi minimalna dolžina odprtine 5 m, čeprav so lahko jame, krajše od 5 m, ostanki nekoč daljših rovov, ki jih je v večini primerov skrajšala erozija. Kot smo že povedali, kraške jame oblikuje raztapljanje, velikosti odprtin pa se gibljejo od okoli 1 mm do desetine metrov. Pogosto jih ločimo na epigene in hipogene jame. Epigene jame pogosto nastanejo, kjer se voda spušča s površja pod vplivom težnosti in raztaplja topne kamnine. V primeru karbonatnih kamnin je raztapljanje posledica ogljikove kisline, ki nastane, ko se ogljikov dioksid raztopi v vodi. Nasprotno pa hipogene jame ustvarjajo tekočine, ki tečejo navzgor in napajajo prevotljeno cono iz nižje ležečih kamninskih enot ter niso odvisne od lokalnih površinskih virov kisle vode. Te tekočine izvirajo bodisi iz oddaljenih virov (zamejenih z manj prepustnimi plastmi) ali iz globokih virov (običajno geotermalnih) ter so neodvisne od napajanja iz vrhnjih ali sosednjih zemeljskih slojev. Zaradi tega je večina hipogenih jam na površju le malo vidna ali pa sploh ne. Tretja vrsta kraških jam nastane, kjer karbonatne kamnine izdajajo na obali, raztapljanje pa poteka na stiku sladke in morske vode. Imenujemo jih jame tipa »flank margin«.

Poleg kraških jam (nastalih zaradi raztapljanja) obstajajo številne jame, ki so jih oblikovali drugi nekemični procesi, in pa umetne jame (glejte [Priloga 1](#)). V morskem okolju ima skoraj vsaka obala iz trdnih kamnin obmorske (morske) jame, ki jih večinoma oblikujejo mehanski procesi. Na kopnem lahko veter pripomore k razvoju jam, medtem ko podpovršinska mehanska erozija sedimenta običajno oblikuje cevi, nekatere od teh pa lahko dosežejo velikosti jam. Po vsem svetu obstaja več tisoč vulkanskih (lavinih) jam, ki nastanejo med izbruhi lave. Ker številne nastanejo tik pod površjem, so pogoste tudi udornice. Jame nastajajo tudi v ledu pod ledeniki in vanje lahko vstopamo, npr. v Narodnem parku Vatnajökull na Islandiji. Umetne jame, ki nastanejo med odlaganjem materiala, najdemo tudi v lehnjaku in travertinu, kot lahko vidimo v Narodnem parku Huangguoshu v provinci Guizhou, Kitajska.



Primer aktivne epigene jame s kapniki in klastičnimi sedimenti. Jama Baradla je del Unescovega območja svetovne dediščine jam aggteleškega in slovaškega krasa, Madžarska. Jama je tudi Unescov biosferni rezervat in ramsarsko območje. Fotografija: Csaba Egri.

Varovanje jam in krasa

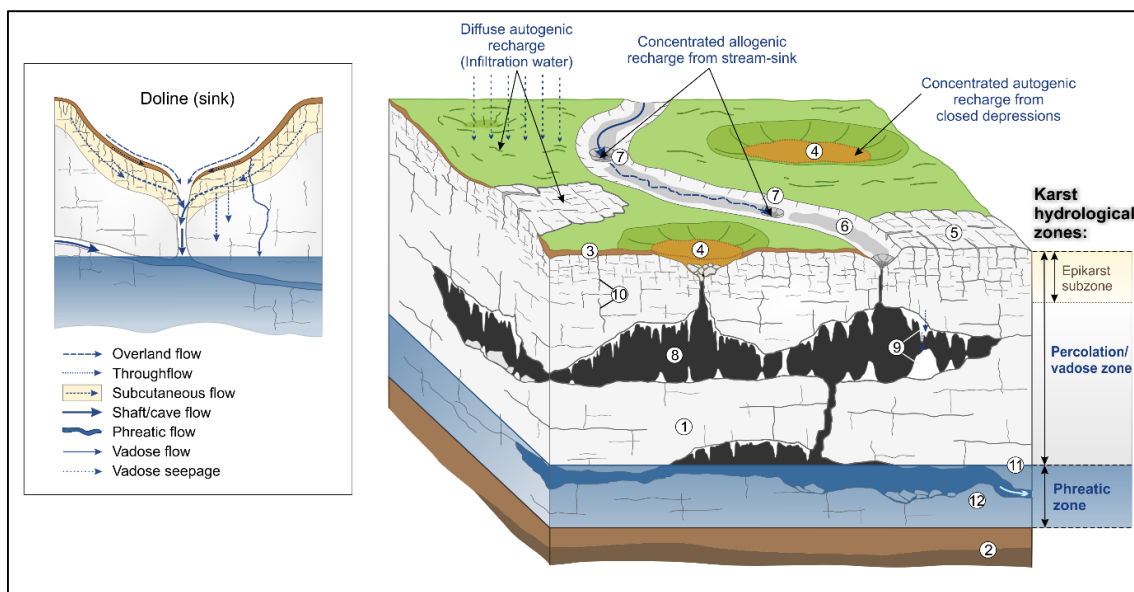
IUCN definira zavarovano območje kot »določen geografski prostor, ki je s pomočjo pravnih ali drugih veljavnih ukrepov priznan kot namenski prostor, ki je upravljan tako, da se zagotovi dolgoročno varstvo narave skupaj s pripadajočimi ekosistemskimi storitvami in kulturnimi vrednotami«. To definicijo so razširili z opredelitvijo šestih kategorij upravljanja in štirih vrst vodenja (glejte [Spletni viri](#)). Reliefne oblike in jame so izrecno omenjene v kategoriji III – Naravni spomenik ali pojav – kot »območja, namenjena zaščiti naravnih spomenikov posebnega pomena, ki so lahko reliefna oblika, podmorska vzpetina, podmorska votlina, geološka posebnost, kot je jama, ali celo živeča posebnost, kot je starodavni nasad«. Površinske kraške reliefne oblike in jame v takšnih zavarovanih območjih naj bi bile dobro dokumentirane in izrecno zavarovane. Toda jame in kraška območja, ki so prisotna v drugih kategorijah, morda niso deležne enake pozornosti, še posebej, če tvorijo le majhen del celotnega zavarovanega območja ali pa, če je cilj varovanje drugih pojavov. Ta težava je prisotna pri vseh velikostih in vrstah zavarovanih območij. Organizacija za varstvo prostoživečih živalskih in rastlinskih vrst lahko npr. kupi zemljišče z glavnim ciljem upravljanja s floro in favno. Če na delu tega območja izdajajo karbonatne kamnine, gre verjetno za kraške reliefne oblike in jame, ki pa morda lastnikov zemljišča ne zanimajo. To lahko vidimo na mednarodni ravni, kjer je varovanje omogočeno prek štirih kategorij zavarovanih območij Organizacije Združenih narodov za izobraževanje, znanost in kulturo (UNESCO), ki vsebujejo predele karbonatnega oz. evaporitnega krasa: biosferni rezervati (23 %), ramsarska območja (5 %), območja svetovne dediščine (7 %) in Unescovi globalni geoparki (38 %). Vendar te številke prikrivajo precejšnjo variabilnost, saj so nekatera območja skoraj v celoti kraška (npr. območje svetovne dediščine Škocjanske jame v Sloveniji, ki je tudi ramsarsko območje in biosferni rezervat), medtem ko je v drugih primerih lahko večina območja nekraškega, z majhnimi apnenčastimi predeli (npr. območje svetovne dediščine Tassili n'Ajjer v Alžiriji). Še ena težava se pojavi, kadar je območje, ki vsebuje jame ali kras, zavarovano predvsem zaradi drugih pojavov, npr. več območij svetovne dediščine, ki vsebujejo jame ali kras, je zavarovanih zaradi kulturnega pomena. Vsa zavarovana območja, ki vsebujejo kras, ne glede na to, ali jih je opredelila zveza IUCN ali druge organizacije, naj bodo upravljana na način, ki spoštuje posebne značilnosti kraških okolij, opisane v teh smernicah.

Kras in topnost kamnin

Glavna skupina kamnin z naravno visoko stopnjo topnosti so karbonati (apnenec, dolomit in marmor) ter evaporiti (sol, sadra in anhidrit). Pod določenimi pogoji so silikatne kamnine dovolj topne, da omogočijo nastanek kraških površinskih reliefnih oblik in jam. Jame so pogostejše v karbonatnih in evaporitnih kamninah, čeprav obstajajo tudi obsežna kraška območja brez jam. V Angliji najdemo površinske kraške reliefne oblike, kot so suhe doline in vrtače ter celo nekaj ponikalnic, na območjih, pod katerimi se nahaja podlaga iz krednih in jurskih apnencev. Sledenje podzemnih voda je dokazalo hiter pretok proti izviro, vendar obstaja le en hidrološko aktivni jamski sistem, ki meri več kot 50 m v dolžino.

Kjer se karbonati in evaporiti pogreznejo pod nekraške kamnine, se kroženje vode nadaljuje in tam lahko nastanejo jame. V zvezni državi Kentucky, ZDA, je apnenec prekrit s peščenjaki. Precejšen del jame Mammoth Cave v Kentuckyju, najdaljše jame na svetu in območja svetovne dediščine, se v dolžino razteza pod neapnenčastimi krovnimi kamninami. V medplastnem krasu na površju nastajajo zaprte depresije v nekraških kamninah (vrtače v krovlini) zaradi podora zakraselih kamnin v globini. Drugod se morda na površju sploh ne opazi obsežnega jamskega rova, ki se nahaja spodaj. Eden najboljših primerov je jamski sistem Ogof Draenen v Walesu, ZK. Manj kot 15 odstotkov od 70 km znanih rofov se nahaja pod območji, kjer karbonatne kamnine izdajajo na površju, preostali jamski rovi pa se nahajajo pod območji, ki jih na podlagi površinskih reliefnih oblik ne bi imenovali kraške.

Epigene jame nastanejo, kjer se voda spušča s površja. Karbonatne kamnine raztaplja ogljikova kislina, ki nastane, ko se ogljikov dioksid raztopi v vodi. Evaporitne kamnine pa ne potrebujejo kisline in se raztapljajo v čisti vodi. Nasprotno pa hipogene jame oblikujejo kisle termalne vode, ki se dvigajo iz globine. Hipogene jame so običajno zelo slabo opazne na površju ali pa sploh ne. Primer jame, ki se nahaja pod pokrajino z redkimi površinskimi kraškimi pojavi in ki je dostopna le skozi eno samo podorno brezno, je jama Lechuguilla v Narodnem parku in območju svetovne dediščine Carlsbad Caverns v Novi Mehiki, ZDA, ki obsega več kot 242 km jamskih rofov in ima vertikalni razpon 480 m. V nekaterih primerih so hipogeni procesi oblikovali velike dvorane, ki so se kasneje sesedle in ustvarile depresije. Nekatere so tudi več sto metrov široke in globoke, kot lahko vidimo v *obrukih* (ponorih) v Turčiji, ki luknjajo drugače uravnano in nerazčlenjeno apnenčasto planoto.



Shema kraškega hidrološkega sistema. Avtorja diagrama: Maria-Laura Tîrlă in John Gunn; vstavljena vsebina je povzeta po Gunnu (1985). Razpršeno avtogeno napajanje (infiltrirana voda); Koncentrirano alogeno napajanje prek ponora; Koncentrirano avtogeno napajanje prek zaprtih depresij. Legenda: 1 – Karbonatna kamninska podlaga (npr. apnenec); 2 – Neprepustna kamninska podlaga; 3 – Prsteni pokrov; 4 – Vrtača; 5 – Škraplje; 6 – Suha dolina; 7 – Ponor; 8 – Jama; 9 – Kapniki; 10 – Stiki ali razpoke; 11 – Gladina podzemne vode; 12 – Sifon (kanal, zalit z vodo). Slika Vrtača (ponor): Površinski tok, Podpovršinski tok, Podtalni tok, Tok skozi brezno/jamo, Freatični tok, Vadozni tok, Vadozno precejanje.

Če povzamemo, pokrajine, ki običajno veljajo za kraške, imajo posebne reliefne oblike na površju (vrtače, suhe doline, škraplje), pod njimi pa jame. Vendar pa obstajajo območja s kraškimi reliefnimi oblikami na površju, ki nimajo jam, ali pa območja z jamami v globini, ki nimajo površinskih kraških oblik ali ki imajo zgolj medplastne kraške oblike.

Najznačilnejša kraška okolja nastanejo tam, kjer karbonatne in evaporitne kamnine izdanjajo na površju na obsežnem območju (odprti kras), vendar pa te kamnine v številnih območjih prekrivajo nevezani sedimenti, ki so se nakopičili med razvojem pokrajine. Temu pravimo pokriti kras, za razliko od zasutega krasa, kjer se je pokrajina razvila, potem pa so jo zapolnili in zasuli sedimenti ali mlajše kamnine. V večini primerov takšno zasutje zmanjša prenos tekočin in sedimentov, zato lahko takšna okolja opišemo kot fosilni kras ali paleokras. Rove z neaktivnimi vodotoki včasih imenujejo »fosilne«, vendar to poimenovanje ni povsem pravilno. Ti rovi so v resnici »reliktni«, saj se v večini primerov še vedno razvijajo kot posledica prenikajoče vode, ki tvori kapnike (splošen izraz za vse mineralne tvorbe, nastale v jamah), ali mehanske členitve stropa oz. sten rova.



Čudoviti sadreni kapniki v dvorani lestencev (Chandelier Ballroom) v jami Lechuguilla (območje svetovne dediščine Carlsbad Caverns), Nova Mehika, ZDA. Lechuguilla je hipogena jama, kjer brezno omogoča dostop do več kot 200 m rovov. Fotografija: Rainer Straub

Pomen krasa in jam

Poleg pomena ohranjanja kraških reliefnih oblik in pokrajin v okviru strategije varovanja globalne biotske in geološke raznovrstnosti imajo kraška območja običajno tudi gospodarski, znanstveni in kulturni pomen. Včasih se pojavijo raznolike zahteve, ki so si nasprotujoče.

Kraški tereni vsebujejo številne naravne vire in nudijo dragocene ekosistemske storitve, kot so pitna voda, vodni ekosistemi in namakanje kmetijskih zemljišč, velika biotska raznovrstnost na površju in v podzemlju, pokrajine in jame z visokim rekreativnim in kulturnim potencialom ter prsti, na katerih temelji kmetijska proizvodnja. Kraški tereni delujejo kot naravni ponori ogljikovega dioksida (CO₂), s čimer pomagajo blažiti podnebne spremembe. Vseh teh virov in ekosistemskih storitev ne smemo obravnavati ločeno, saj so medsebojno tesno povezani. Zaradi kompleksnih mehanizmov povratnih informacij lahko posegi v izolirane elemente kraškega ekosistema nepričakovano vplivajo na druge elemente ali celo na celotni ekosistem.

Kraški vodni viri so že tisočletja pomembni za človeštvo, med drugim za prehrano ljudi, v kmetijstvu (namakanje in akvakultura), v zadnjih stotih letih pa tudi za hidroelektrarne. Ker so kraški izviri običajno večji in zanesljivejši od izvirov na drugih kamninah, so močno vplivali na poselitvene vzorce. Najkasneje leta 450 pr. n. št. so na Kitajskem že uporabljali kraške izvire za namakanje, medtem ko so Maji v Srednji Ameriki veliko uporabljali jame in cenote (vrtače, zalite z vodo). Leta 2019 je bilo ocenjeno, da se pribl. 10 % svetovnega prebivalstva, tj. okoli 700 milijonov ljudi, oskrbuje z vodo iz krasa, bodisi iz posameznih izvirov bodisi iz vrtin. Največji potrošnik kraške vode na svetu je Kitajska, saj je okoli 150 milijonov ljudi odvisnih predvsem od kraške podtalnice. Združene države Amerike so na drugem mestu z okoli 50 milijonov ljudi, predvsem na podeželju. Vodonosnik Edwards v zvezni državi Teksas, ZDA, oskrbuje več milijonov ljudi, vključno s prebivalci velikih mest, kot je San Antonio.

Za prenos kraške podtalnice od izvirov do uporabnikov je potrebna obsežna infrastruktura. Pred več kot 2.000 leti je enajst dolgih akvaduktov dobavljalo izvirsko vodo antičnemu mestu Rim prek razdalje od 16 do 91 km. Največji kraški vodooskrbni sistem v Evropi je tisti, ki oskrbuje 1,7 milijona prebivalcev Dunaja v Avstriji, kjer sta bila prva glavna akvadukta odprta leta 1873. V 20. in 21. stoletju so se lotili podobnih obsežnih gradbenih del v številnih kraških območjih, najbolj opazno na dinarskem krasu Hrvaške in Bosne in Hercegovine ter na Kitajskem. Gorvodno od izvirov je za kraška območja značilna neprizotnost površinske vode, kar omejuje razvoj. Na predelih, kjer so apneneci relativno visoko porozni in prepustni, lahko vrtine zagotovijo dobro oskrbo (npr. kredni apneneci v Angliji), vendar je bilo v številnih primerih ocenjeno, da obstaja le 1- do 2-odstotna možnost, da bo vrtina donosna. Industrijska in kmetijska onesnaževala se lahko na krasu hitro prenašajo prek podtalne vodne mreže, zaradi česar je učinkovito upravljanje rabe tal ključnega pomena.

Kraška območja se še vedno uporabljajo kot vir apnenca za proizvodnjo cementa, pri čemer čedalje hitrejši urbani razvoj ustvarja veliko povpraševanje po apnencu visoke čistosti in v obliki agregata. Apnenec se uporablja tudi za kmetijsko apno, kot talilo v proizvodnji železa in jekla ter kot polnilo v industriji barve in plastike ter farmacevtski industriji. Kamnolomska dejavnost lahko uniči jame in njihovo vsebino, odstrani jamske organizme in poslabša kakovost vode, toda s skrbnim upravljanjem lahko te učinke minimiziramo. Rudarjenje solitra (kalijevega nitrata) v Severni, Srednji in Južni Ameriki (predvsem v ZDA in Braziliji) je bilo ključnega pomena za proizvodnjo smodnika v 18. in 19. stoletju. Iz tisoče jam so odstranili prst, bogato z nitratom, portugalski kralj pa je celo objavil navodila, kako obnoviti izluženo prst tako, da jo vrnejo v jame.

Izkopavanje jamskega gvana za gnojilo je bil svetovni pojav. Pred uvedbo umetnih oz. kemičnih gnojil so uporabljali naravna oz. organska gnojila, narejena iz ptičjega ali netopirskega gvana. Ptičji gvano so kopali na Pacifiških otokih, npr. na otoku Nauru in Božičnem otoku v Indijskem oceanu, medtem ko še danes izkopavajo netopirski gvano v nekaterih jamah v Teksasu kot vir za organsko gnojilo. V jami Niah na Borneu še vedno izkopavajo gvano jamske lastovice (*Collocalia linchi*) za gnojilo – tudi iz donosnejših gnezd na stenah. Na Kitajskem je razširjeno pridobivanje mineralov iz kraškega terena, npr. boksita, svinca, cinka in premoga, medtem ko so v 19. in zgodnjem 20. stoletju obsežno izkopavali diamante v jamah regije Chapada Diamantina v Braziliji. Kapniške tvorbe, predvsem stalagmite in stalaktite, so nezakonito odvezemali in prodajali kot spominke.

Kraške pokrajine so običajno zelo geološko raznolike, z veliko notranjo topografsko variabilnostjo. Zato nudijo bolj raznolike habitate kot večina nekraških pokrajin, pogosto pa so tudi relativno izolirane od okolice, npr. pokrajine stolpastega krasa. Ker so v večji meri zaščitene pred vremenskimi vplivi, lahko jame nudijo edinstven 3D pogled na geološke odnose, ki jih drugače ne moremo videti zaradi pomanjkanja ustreznih izdankov oz. ker so bile sledi izbrisane zaradi preperevanja na površju ali pa prekrite s prstjo in vegetacijo. Od poznega 20. stoletja dalje se uporabljajo kot zlahka dostopni površinski približki karbonatnih naftnih rezervoarjev. V tropskih okoljih jih pogosto odlikuje velika biotska raznovrstnost živalskih in rastlinskih vrst, vključno z redkimi in endemičnimi vrstami, tako nad površjem kot pod njim. Nekatere oblike krasa služijo kot zatočišče za vrste, ki so pod zemljo preživele okoljske spremembe, ki so pobile njihove sorodnike na površju, ali pa so preživele na površju v hladnih, vlažnih mikroklimah, ki so jih ustvarile vrtače in jamski vhodi.

Netopirji so tista bitja, ki jih verjetno najpogosteje povezujemo z jamami, vendar na krasu prebivajo tudi drugi, pogosto endemični vretenčarji in nevretenčarji. Nekateri od njih so prisotni le v majhnem številu ali pa so se zelo dobro prilagodili nespremenljivosti podzemnega okolja. V številnih, toda ne vseh kraških okoljih so lahko okoljski pogoji pod zemljo praktično nespremenljivi, zaradi česar so jamske živali zelo slabo odporne na podpovršinske okoljske spremembe. V Vietnamu je Delacourjev langur (*Trachypithecus delacouri*), ogrožena vrsta primata, endemičen v nekaterih kraških območjih. Na obsežnem krasu na meji med Vietnamom in Laosom reke razmejujejo velike bloke apnenčastega terena, kar učinkovito preprečuje širjenje vrst. Obstaja vsaj šest vrst listojedih langurjev (*Trachypithecus* spp.), vsaka pa je endemična v določenem bloku apnenca. Podobno tudi v provinci Guangxi na Kitajskem razdrobljenost habitata ločuje populacije beloglavega langurja (*Trachypithecus leucocephalus*). Hipogene jame, ki jih je oblikovala speleogeneza pod vplivom žveplove kisline, lahko ustvarijo edinstvena podzemna okolja, ki gostijo prav tako izjemne združbe ali ekosisteme, pogosto popolnoma izolirane in razvite povsem neodvisno od okolja na površju. Jama Movile v Romuniji, bogata s H₂S, je dom najmanj 51 vrstam, od katerih je 34 vrst endemičnih. Vodonosnik Edwards gosti več kot 60 vrst, vključno z zelo dobro prilagojenimi ribami in močeradi, nekatere vrste pa poznamo samo iz vodnjakov, globokih več kot 250 m.

Zaščiteno sedimentacijsko okolje v jamah pripomore k ohranitvi fosiliziranih kosti in DNK. Živali včasih padejo v jame med iskanjem vode ali pa so tja naplavljene, njihovi nakopičeni ostanki pa nam nato nudijo zapis o spremembah favne skozi čas. Kolonije netopirjev in sovja gnezda v jamah pripomorejo h kopičenju kosti in predstavljajo dober vzorec manjših vretenčarjev. Kadar sesalci uporabljajo jame kot zatočišča, kraje za hibernacijo ali brloge za mladiče, pri čemer nekateri tudi neizogibno umrejo *in situ*, nam to omogoča preučevanje zaporedij rasti in odnosov med plenilci in plenom. Iz sledi, ki jih razberemo iz vseh teh sedimentacijskih okolij, ustvarimo sliko dolgoročnih sprememb favne zaradi podnebja, kar nam lahko pomaga razviti orodja, s katerimi bi napovedali, kje bodo vrste lahko preživele kljub hitrim sodobnim podnebnim spremembam, širjenju človeštva in drobitvi habitatov. Fosilni zapis je edini, ki nam omogoča določiti dolgoročne vzorce sprememb favne zaradi podnebja in nudi pomembne podatke za takšne napovedovalne modele.

Ocene preteklih podnebnih pogojev so že dolgo zanimive za naravoslovje, saj deloma razlagajo spreminjajoče se vzorce razširjenosti rastlinskih in živalskih vrst na planetu, vključno z našo vrsto. Od šestdesetih let 20. stoletja dalje smo priča obnovljenemu zanimanju za rekonstrukcijo preteklih podnebij, s katero bi lahko ugotovili, kakšno ozračje bo najverjetneje povzročilo globalno segrevanje. Veda o kapnikih se je razvila, da bi pridobili dolge arhivske zapise o paleoklimi. Stalagmiti nastajajo znotraj jam plast za plastjo, pogosto na letni osnovi, zaradi česar z vzdolžnim prerezom takšnega stalagmita dobimo mikrostratigrafijo z razponom več tisoč ali celo več deset tisoč let. Datacije z uranovim nizom vzpostavijo absolutno kronologijo, ki se lahko razteza do ~650.000 let (U-Th) ali več milijonov let (U-Pb) v preteklosti. Z analizami stabilnih izotopov lahko dobimo približke podnebnih variacij v teh časovnih okvirih. Z zapisi kisikovih izotopov iz kitajskih jam smo pridobili dolgoročne podatke o spremembah v jakosti vzhodnoazijskega monsuna in o globalnem podnebjju na splošno. Razširjeni kitajski zapis obsega zadnjih 640.000 let z več lokacij in je eden najdaljših zveznih zapisov o podnebjju na svetu. Izrastki na kapnikih v sredozemskih obalnih jamah predstavljajo podroben arhiv preteklih sprememb v gladini morja, vse do dobe Pliocena. V amazonskem deževnem gozdu smo iz ogljikovih izotopov s stalagmitov pridobili ključne informacije o odpornosti tega gozda. Takšni jamski sedimenti nam lahko pomagajo pri napovedovanju bodočega podnebjja, kar je zelo dragoceno glede na neizogibno izginotje gosto poseljenih obalnih območij zaradi globalnega dviga gladine morja.



Odlaganje kalcita iz kapljajoče vode na kapnikih predstavljajo dragocen dolgoročen arhiv sprememb v kemični strukturi kisikovega izotopa in s tem približek preteklih podnebij. Fotografija: Csaba Egri.

Jame in kras imajo zelo velik krajinski in rekreativni pomen. Ob koncu leta 2021 je bilo zabeleženih 76 območij svetovne dediščine v štiriinštiridesetih državah in 68 Unescovih globalnih geoparkov v šestindvajsetih državah s karbonatnim krasom in jamami. Turizem je torej pomembna gospodarska dejavnost v nekaterih kraških območjih in vključuje rabo razvitih in nerazvitih jam ter slikovite pokrajine, s čimer ustvarjajo lokalna delovna mesta. Vzpon jamskega turizma od skromnih začetkov v poznem 19. stoletju z jamskimi svetilkami do danes, ko uporabljamo razsvetljava s svetlečimi diodami in električne vlake, je drastično povečal rabo jam in obseg vplivov na jame. Na svetu je približno 1.600 turističnih jam, nekatere od njih pa imajo vsako leto več sto tisoč obiskovalcev, npr. jama Mammoth v ZDA (območje svetovne dediščine), ki na leto sprejme 500.000 obiskovalcev, in Postojnska jama v Sloveniji, ki sprejme več kot milijon obiskovalcev. Ta statistika verjetno podcenjuje število turističnih jam na Kitajskem, kjer je morda celo več kot 300 jam odprtih za javnost. Leta 2019 je več kot 150 milijonov ljudi obiskalo turistične jame, medtem ko je okoli 70.000 ljudi zaposlenih v jamskem turizmu po vsem svetu. Možni so tudi ogledi na daljavo prek spletnih mest, ki nudijo razlage, videoposnetke in fotografije, izdelava le-teh pa je lahko pomembna komponenta lokalnega gospodarstva. Takšni mediji krepijo zavedanje pomena jam in krasa za turizem in kot okolij, ki jih moramo negovati.

Jame že od nekdaj uporabljamo kot zavetišča, bivalne prostore in zatočišča v času spopadov. Uporabljamo jih kot kapelice ali svetišča – kot svete kraje, ki vzbujajo strahospoštovanje in čaščenje ter omogočajo verske obrede, odmaknjene od vsakdanjega življenja. Jame pogosto razumemo kot dvoumne prostore, ki nudijo zaščito in zavetje, obenem pa lahko ljudi ujamejo v past. V številnih kulturah je lokacija znotraj zemlje prepoznana kot ženska, jame pa predstavljajo maternico matere Zemlje in so povezane z rojstvom in regeneracijo. Obstajajo miti o ljudeh, ki so vstopili v jamo in se ujeli v past, izpuščeni pa so bili šele po tem, ko so prestali neko preizkušnjo. Čeprav svetost pripisujemo tudi številnim drugim naravnim oblikam in predmetom, kot so drevesa, izviri in gore, so najstarejši znani sveti kraji naravne jame, npr. tiste v dolini Dordogne v Franciji. Tajski budistični menihi poiščejo jame kot tiha zatočišča, v katerih lahko meditirajo. Ko menih postane slavni mojster meditacije, lahko njegovi učenci spremenijo jamo v kapelico v njegov spomin.

Naravne jame so že dolgo predmet čaščenja in se pogosto pojavljajo v mitoloških in verskih zgodbah. Filozof Porfirij (234–305 n. št.) je trdil, da so se pred nastankom svetišč vsi verski obredi odvijali v jamah. Trdil je, da arhitektura svetišč posnema temo v jamah in dejstvo, da imajo pogosto en sam vhod. Pronicanje svetlobe v jamo ob določenih delih leta pa naj bi imelo obredni pomen. Sveta jama lahko vsebuje tudi sveti izvir, ki naj bi imel posebne sposobnosti zdravljenja ali vedeževanja.

V katoliških državah, kot je Brazilija, kapelice in celo cerkve znotraj jam predstavljajo priljubljene romarske kraje. Velika jama Bom Jesus da Lapa vsebuje dve cerkvi, ki delujeta kot božja hrama že od poznega 17. stoletja in ju vsako leto obiše več kot milijon ljudi. Jamo Lurd v Franciji je Rimokatoliška cerkev priznala kot kraj, kjer se je prikazala Devica Marija leta 1858, zaradi česar jo vsako leto obiše na milijone turistov, večina z namenom ozdravitve ali duhovne rasti.



Jame in kras imajo zelo velik krajinski in rekreativni pomen. Speleologa raziskujeta neokrnjeno podzemno jezero v Križni jami, Slovenija. Fotografija: Csaba Egri.

V jugovzhodni Aziji je veliko jamskih svetišč, saj so priročne votline blizu mest in ker delujejo skrivnostno zaradi skritih dvoran. Številne jame na Tajskem in v Laosu ter nekatere na Kitajskem vsebujejo budistična svetišča, nekaj taoističnih in budističnih svetišč pa najdemo tudi v jamah blizu mesta Ipoh v severni Maleziji, medtem ko je veliko jam v Indiji in Maleziji uporabljenih kot hindujska svetišča. Najbolj znano jamsko svetišče se nahaja v jamskem sistemu Batu zunaj Kuala Lumpurja (Malezija), ki predstavlja središče vsakoletnega festivala hindujske skupnosti Thaipusam. Postalo je romarski kraj, ne samo za malezijske Hinduje, temveč tudi za Hinduje iz držav, kot so Indija, Avstralija in Singapur. Na japonskem otoku Okinawa se nahaja več šintoističnih svetišč ob vhodih v jame.



Budistično jamsko svetišče, reka Nam Ou, Laos. Fotografija: David Gillieson.

Kriteriji, po katerih ocenjujemo pomen posamezne jame, lahko vključujejo:

- *geološke dejavnike* – npr. posebni pojavi, ki so povezani s strukturo, stratigrafijo, paleontologijo ali mineralogijo,
- *geomorfološke dejavnike* – npr. morfologija rovin, zaporedja klastičnih sedimentov in kapniške tvorbe, še posebej tam, kjer pričajo o preteklih površinskih okoljih,
- *hidrološke dejavnike* – npr. prisotnost velikih podzemskih vodotokov ali jezer, podzemnih prodorov površinskih razvodij ali elementov, ključnih za razumevanje mreže kanalov,
- *biološke dejavnike* – povezane s pestrostjo vrst, prisotnostjo redkih in ogroženih vrst, nenavadnimi prehranjevalnimi strukturami ali ključnimi lokacijami kotišč netopirjev,
- *arheološke in kulturne dejavnike* – npr. prisotnost globokih, plastovitih sedimentov, vloga jame v regionalnem prazgodovinskem razvoju, primeri zgodovinske rabe jame, kot sta rudarjenje ali vodno gospodarstvo, ali pa njen duhovni in verski pomen,
- *geografske dejavnike* – odročnost in divjina, bližina parkovne infrastrukture, kot so ceste in kampi, priložnosti za rekreacijo in dostopnost iz glavnih naseljenih središč.

Auler idr. (2018) so oblikovali pristop k dodelitvi prednosti jamam za okoljevarstvene namene s strogim ocenjevanjem njihove pomembnosti. Na vzorcu 401 jame so uporabili 70 parametrov, ki so vsebovali zgoraj navedene dejavnike, in jih statistično analizirali. Njihovi rezultati so pokazali, da so najbolj uporabni biotski parametri, skupaj s širokima pojmomoma dolžine in površine. Ta pristop bi lahko prilagodili in izpopolnili za druga kraška območja, če bi imeli na voljo ustrezne podatke.

Smernice

- (1) *Učinkovito načrtovanje za kraške regije zahteva celovito upoštevanje vseh njihovih pomenov za gospodarstvo, znanost in človeštvo znotraj lokalnega kulturnega in političnega konteksta.*

- (2) *Upravljalci bi se morali zavedati, da imajo površinski posegi v kraška prispevna območja neposredne ali posredne vplive na podzemlje ali dolvodno.*
- (3) *Dobro poznavanje značilnosti jam in njihovega edinstvenega pomena je bistveno za izboljšanje upravljanja s katerim koli kraškim območjem.*

Posebne značilnosti kraških okolij in jamskih sistemov

Topna kamnina in razvoj podzemnega odtoka po kanalih, ki povezujejo površinske in podzemne procese, sta ustvarila kompleksne kraške pokrajine in njihove številne posebne pojave. Ta visoka stopnja povezanosti pomeni, da se vsakršna sprememba ali vpliv na površju hitro prenese pod zemljo, kjer vpliva na jamsko okolje in na kopenska ter vodna bitja, ki so odvisna od njega.

Površinska kraška okolja so lahko neprizanesljiva. Kraška okolja so občasno sušna na površju, celo v vlažnem podnebnju, saj padavinska voda hitro odteče pod zemljo. Kjer matična kamnina ni prekrita s površinskimi usedlinami, so kraška površja kamnita, s plitvimi zaplatami prsti. Vsebnost topnih mineralov, kot sta kalcit in dolomit, je v karbonatni matični kamnini pogosto celo 90- do 99-odstotna. To pomeni, da je skupna vsebnost netopnih mineralov, ki privedejo do nastanka prsti, le 1- do 10-odstotna. Posledično je vegetacija, ki jo najdemo na karbonatnem krasu, prilagojena kamniti prsti, visoki vsebnosti kalcija (alkalnosti) in suhim vremenskim razmeram. Izjeme najdemo tam, kjer so topne kamnine prekrte z nekraškimi (alogenimi) površinskimi usedlinami, npr. ledeniškega tila (v severnih Združenih državah Amerike), puhlice (v angleškem Narodnem parku Peak District) ali vulkanskega pepela (na krasu novozelandske regije King Country). V tropskih krajih je kras, pokrit s prstjo, pogostejši pod vegetacijo deževnega gozda ali savane, lahko pa ima tudi debel prsteni pokrov, ustvarjen iz vulkanskega pepela.

Površinski ekosistemi na krasu se pogosto precej razlikujejo od sosednje pokrajine z vidika topografije, geomorfologije, hidrologije, prsti in vegetacije. Kraške pokrajine s svojo razgibano topografijo in neprizanesljivimi okoljskimi pogoji ponujajo bolj raznolike habitate kot nekraške pokrajine. Zato jih odlikuje večja biotska raznovrstnost rastlin in živali, vključno z redkimi in endemičnimi vrstami. V Laosu živi 21 znanih vrst kaprovcev (*Capparis* spp. L.), večina pa jih je endemičnih na enem samem kraškem območju. Podobno obstaja približno 90 vrst gekonov z upognjenimi prsti (*Cyrtodactylus* spp.), ki so endemične na kraških območjih od Indije prek jugovzhodne Azije do Melanezije.

Podzemna okolja na krasu so izrazita in bolj razvita kot na nekraških kamninah. Vse vrste kamnin do neke mere dopuščajo gibanje podtalnice v obliki razpoklinskega toka, toda le v kraških kamninah voda z raztapljanjem poveča razpoke in oblikuje kanale ali jame, ki preusmerijo večino ali celoto površinskega odtoka pod zemljo. Jame v karbonatnih kamninah so načeloma večje, daljše in globlje kot jame v drugih vrstah kamnin, kot so peščenjak (kvarcit), konglomerat, lava ali evaporiti. Jama Deer v zvezni državi Sarawak v Maleziji in Hang Son Doong v Vietnamu spadata med največje jame na svetu zaradi konstantne velikosti rogov, medtem ko je jama Mammoth v ZDA najdaljša jama, jama Vryovkina v Gruziji pa najgloblja (podatki za januar 2022).

Poleg jam, ki so dovolj velike za raziskovanje, obstaja tudi malo raziskan, toda verjetno prav tako obsežen podzemni habitat kraških kanalov s premeri, manjšimi od 0,3 m, zaradi česar so ljudem nedostopni. Gre za habitat v osrednjem delu jame. Čeprav je bil do danes le malo raziskan, predvidevamo, da je izrednega pomena za podzemno bioto, na nekaterih kraških terenih pa morda celo gosti glavnino predstavnikov vrst, ki jih imenujemo »jamska favna«. Nad gladino podzemne vode imajo ti zračni habitati v osrednjem delu jame verjetno stabilnejše mikroklima kot pa jame večjega premera, zaradi česar lahko nudijo optimalnejše pogoje jamski favni. Za večino splošnih razprav o antropogenih vplivih ali o blaženju vplivov na 'jamske' habitate oz. stigofavno lahko predvidevamo, da se nanašajo na takšne kanale manjših premerov in na njihovo favno.

Nekatere jame so v veliki meri reliktno in prejemajo samo prenikajočo vodo s površja, medtem ko so druge jame aktivne in prejemajo vodo ter sedimente iz površinskih vodotokov, vključno z občasnimi poplavi. Zaradi odsotnosti sončne svetlobe mora večina organskega materiala za jamski prehranjevalni splet priti s površja. Nekateri jamski ekosistemi pa se zanašajo na geokemične vire energije, npr. na oksidacijo sulfida.

Najbolj opazne značilnosti jamskega okolja so majhna količina svetlobe ali celo njena popolna odsotnost ter skoraj konstantna temperatura v predelih proč od vhodov. Zaradi življenja v popolni temi prevladajo drugi čuti – predvsem tip in voh. Zato ima favna, ki je popolnoma prilagojena življenju v jami, zelo dolge tipalke ali podaljšane izrastke ter specializirane organe za zaznavanje vibracij. Oči so lahko zelo majhne ali pa jih sploh ni. Tem značilnostim rečemo troglomorfija, kopenske živali te vrste pa imenujemo troglobionti, medtem ko njihovim vodnim ekvivalentom pravimo stigobionti.

Podzemeljsko favno razvrščamo glede na mesto in trajanje bivanja v jamah v troglobite ali stigobite (živijo samo v jami), troglofile (občasno gredo na površje) in trogloksene (priložnostno zahajajo v jame). Slepe jamske ribe so dober primer stigobionta, prilagojenega življenju v jami. Vendar obstajajo tudi izjeme med živalmi, ki ves čas bivajo v jami, npr. take, ki so zelo slabo prilagojene temi ali pa sploh ne.

Podzemeljsko favno, predvsem stigofavno, lahko najdemo tudi v nekraških okoljih, toda jame in sistemi kraške podtalnice nudijo bolj raznolike habitate in večje praznine. Zato je kraška podzemeljska favna na splošno bolj raznovrstna kot tista v nekraških podzemnih okoljih. Za podzemne združbe je velikokrat značilno visoko število redkih in endemičnih vrst, saj so zelo izolirane. Ker ne morejo zapustiti svojih podzemnih habitatov, so troglobiti pogosto omejeni na eno samo kraško območje ali jamski sistem.

Kraških odtočnih območij ni lahko razmejiti. Odtočne kotline in poti, po katerih se pretaka kraška voda, niso opazne, saj so odtočne poti večinoma pod zemljo, medtem ko poti podtalnice običajno ne sledijo razvodnicam na površju. Poleg tega so razvodnice podtalnice na krasu pravzaprav nekakšne cone, saj se lahko njihov položaj spreminja glede na visok ali nizek vodostaj. Večina vode, ki se pretaka skozi kras, priteče iz ponikalnic. Če ponikalnice izvirajo na neprepustnih kamninah, ki se nahajajo onkraj meje kraškega območja, jim pravimo alogeni vodotoki, v nasprotju z avtogenimi vodotoki (ali vodo), ki v celoti izhajajo iz kraških kamnin.

Kraški ekosistemi so krhki zaradi ekstremnih okoljskih pogojev in ker visoka stopnja medsebojne povezanosti elementov pomeni, da lahko neposredni vplivi na en sam element kraškega ekosistema posredno močno vplivajo na druge elemente ali na celoten kraški ekosistem. Zaradi takšnih razmer so številni kraški ekosistemi slabo odporni, kar pomeni, da se s težavo ubranijo škode oz. si kasneje opomorejo od nje. Kraške podtalnice so še posebej dovzetne za onesnaženje zaradi svoje hidrogeološke strukture, saj lahko onesnaževala zlahka vstopijo skozi tanko prst in epikras prek vrtač in ponikalnic. Izraz 'epikras' se nanaša na zgornjih nekaj metrov matične kamnine, v kateri poteka večina raztapljanja in ki ima zato več praznin kot globlje ležeča kamnina. Ko voda pride pod površje, se po kanalih premika veliko hitreje (v kilometrih na dan) kot v večini nekraških podtalnic (v metrih na leto), zaradi česar se lahko onesnaževala širijo prek velikih razdalj in vplivajo na podzemne vrste ter ekosisteme. Onesnaževala se lahko ujamejo v kraških vodonosnikih in se nato sčasoma izločijo pri izvirih.

Kraška prst je pogosto rahla in dovzetna za ireverzibilno erozijo, vsaj v človeškem časovnem okviru. Odstranjevanje ali razgrajevanje vegetacije (npr. s sečnjo, pašo živine ali pridelavo pridelkov) lahko povzroči močno erozijo prsti in privede do 'širjenja kamnitih puščav', kar predstavlja velik okoljski problem v dinarskem krasu Evrope in krasu južne Kitajske. Razgradnja naravne vegetacije in erozija prsti sta medsebojno povezani (tj. razgradnja vegetacije lahko povzroči erozijo in obratno). Erozija prsti in razgradnja vegetacije lahko privedeta do izgube habitata in s tem do upada biotske raznovrstnosti površinskega kraškega ekosistema. Erozija prsti in z njo povezan upad vegetacije in biološke aktivnosti zmanjša učinkovitost kraških pokrajin oz. deluje kot naravni ponor CO₂ iz ozračja. Kraško raztapljanje predstavlja do 29,4 % ponora CO₂ na kopnem ali 10,4 % skupnih antropogenih emisij CO₂.

Varovanje naravnih procesov, zlasti hidrološkega sistema, je bistveno za zaščito in upravljanje kraških pokrajin. To kaže na potrebo po celostnem pristopu, s skrbnim upravljanjem vegetacije in prsti celotnih prispevnih območij za zaščito podtalnice in ohranitev biotske raznovrstnosti. Potreba po upravljanju celotnega prispevnega območja je v primeru kraških pokrajin še pomembnejša kot pri številnih drugih litoloških okoljih. Upravljanje kakovosti vode alogenih vodotokov, ki odteka v kras, in varovanje vrtač, ki omogočajo točkovno napajanje, sta glavni vprašanji pri upravljanju katerega koli kraškega območja.

Danes je na voljo relativno malo krajev, kjer bi lahko varovali resnično neokrnjene kraške pokrajine. Poleg ohranjanja in vzdrževanja takšnih območij se moramo osredotočiti tudi na izničenje negativnih vplivov preteklega in sedanjega upravljanja, vključno z obnovo naravne vegetacije in živalskega habitata v degradiranih kraških pokrajinah. Takšne izboljšave nam lahko pomagajo obnoviti naravne kraške procese.

Smernice

- (4) *Varovanje naravnih procesov, zlasti hidrološkega sistema, je bistveno za zaščito in upravljanje kraških pokrajin.*
- (5) *Najpomembnejši kraški proces je kaskada ogljikovega dioksida (CO₂) od nizkih koncentracij v zunanem ozračju prek močno povečanih koncentracij v zraku v prsti do zmanjšanih koncentracij v jamskih rovih. Povišane koncentracije ogljikovega dioksida v prsti so posledica dihanja korenin, mikrobne aktivnosti in zdrave nevretenčarske favne v prsti. To kaskado moramo ohraniti za učinkovito delovanje kraških procesov raztapljanja.*
- (6) *Potreba po upravljanju celotnega prispevnega območja je v primeru kraških pokrajin še pomembnejša kot pri številnih drugih litoloških okoljih.*
- (7) *Danes obstaja relativno malo neokrnjenih kraških pokrajin, tiste, ki so se ohranile, pa moramo prednostno ohranjati in vzdrževati. Drugod pa se moramo osredotočiti na izničenje morebitnih negativnih vplivov preteklih in sedanjih praks upravljanja.*

Lestvice upravljanja v kraških območjih

Vedno bolj se zavedamo, da morajo navodila za upravljanje upoštevati naravne in vsiljene variacije v strukturi in delovanju kraških sistemov. Eno samo navodilo za upravljanje, uporabljeno pri kompleksnem kraškem hidrološkem sistemu (ali kompleksnem integriranem jamskem sistemu), najverjetneje ne bo zadovoljivo zaščitilo tekočih geomorfoloških in ekoloških procesov v različnih delih sistema, zaradi česar mora načrtovanje upravljanja upoštevati faktorje lestvice v kraškem sistemu. Celo v sušnih kraških območjih lahko obstaja velik gradient v mikroklimi in virih energije, ki se širi v jamski sistem iz smeri vhoda. Zato morajo navodila za upravljanje upoštevati naravne variacije v ekologiji jam.

V primeru nekraških porečij, kjer so vodni tokovi večinoma na površju, koncept rečnega kontinuuma zagovarja, da so biološki in kemični procesi v reki tesno povezani z njenimi fizikalnimi lastnostmi, predvsem s temperaturo vode, pretočnim režimom in transportom sedimenta. Zato se biološke združbe predvidljivo spreminjajo po toku navzdol, tako kot tudi reka sama. To nakazuje, da se biološke združbe prilagajajo posebnim pogojem kratkega odseka vodotoka ali 'rečnega odseka', kjer obstajajo podobni geomorfološki in ekološki pogoji.

Za takšno porečje bi si lahko zamislili naslednjo prostorsko lestvico upravljanja:

Celotno porečje > podporečje (ki ga opredeljujeta hierarhija vodotokov in litologija) > rečni odsek (podoben naklon, substrat in pretočni režim) v skladu s konceptom rečnega kontinuuma.

V primeru kraškega porečja pa bi si zamislili naslednjo lestvico:

*Nekraško prispevno območje > kraško porečje > kraška podporečja > **jamski rov** (različne vrste povezanosti in energijskih ravni) > izvir.*

Dostop do hrane in energije iz zunanjih virov postane ključnega pomena za preživetje viabilnih populacij organizmov, ki tvorijo jamsko ekologijo. Glavni zunanji vir so organski odpadki, ki jih v jamo naplavi tekoča voda, bodisi v obliki prenikanja ali kot posamezen jamski vodotok. Ta material je lahko fin humus, ki ga jamska biota lahko takoj uporabi, ali pa večji ostanki (vejice, listi in veje), ki jih morajo najprej razgraditi bakterije in glive, preden se jih lahko uporabi. V tem pogledu je jama enaka zgornjim odsekom površinskega vodotoka. V jami, ki je le redko poplavljen, lahko pričakujemo skromno favno, medtem ko imajo lahko jame ob glavnih vodotokih, ki so neposredno povezane z zunanjim svetom, precej pestro favno in visoko skupno število organizmov. Čeprav lahko te vrste in organizme odplavijo močne poplave, se lahko populacije ponovno naselijo iz skalnih špranj ali srednjevelikih votlinic. Še en pomemben vir je zunanji material, ki pada po zraku v vrtače, brezna ali sisteme razpok, ki se odpirajo na površje. To je še posebej pomembno za višje ležeče suhe rove, ki so odmaknjeni od vodnih virov, ali pa za jame v suhih podnebnjih. Prodor korenin dreves v jamske rove predstavlja zelo pomemben vir energije v večini jam v tropskih podnebnjih in v nekaterih jamah v zmernih podnebnjih. Netopirji in ptice so lahko pomemben zunanji vir energije v obliki gvana in trupel, v nekaterih ekosistemih pa so glavni ali celo edini vir energije.

Pogostost in obseg vnosov energije v jamski ekosistem sta zelo pomembna za vzdrževanje populacij organizmov. V območjih z mrzlim podnebnjem, kjer je gibanje vode omejeno na spomladansko odjugo, je biološka aktivnost razdeljena na faze, ki sledijo glavnim vnosom vode in organskih snovi, v drugih obdobjih pa večinoma miruje. V območjih z močnimi sezonskimi padavinami se morajo organizmi prilagoditi, da preživijo sušo, ki lahko traja do šest mesecev – morda še dlje, če so podnebne razmere zelo spremenljive. Jamska favna v tropskih krajih je manj omejena in je lahko aktivna celo leto, čeprav je včasih razmnoževanje razdeljeno na faze, da bi se zmanjšalo rivalstvo za vire. Moramo se zavedati, da bogastvo vrst, ki je povezano z organsko snovjo, ne odraža nujno bogastva troglobitske favne, kjer je ta organska snov prisotna. Troglobite največkrat najdemo v predelih jame, kjer je malo hrane, manj pogosto pa v tropskih jamah, kjer je organska snov bolj razpršena. Velike spremembe v obsegu in pogostosti vnosov vode lahko močno vplivajo na jamsko biologijo in so pogoste v ruralnih območjih, kjer je kraška voda preusmerjena ali prekomerno uporabljena, ali pa tam, kjer površinske spremembe, kot je odstranitev vegetacije, spremenijo količino in kakovost prenikajoče vode.

Jamski rov ali kanal tako postane enakovreden rečnemu odseku in osnovna enota upravljanja. Rov z vodotokom moramo upravljati drugače kot višje ležeči rov, ki zelo redko vsebuje tekočo vodo, če sploh. Povezanost različnih vrst rogov je zelo pomembna za razumevanje pretakanja gnot in energije v katerem koli jamskem sistemu. Jamski rovi, ki so reliktni, hipogenega izvora ali paleokraški, so zelo slabo povezani ali pa celo nepovezani. Kot taki imajo zelo majhno ali pa celo ničelno sposobnost okrevanja po obremenitvi. Rovi, ki so občasno poplavljeni, imajo določeno sposobnost okrevanja, odvisno od pogostosti obremenitev. Aktivni rovi z vodotoki in velikim pretokom sedimentov, organskega ogljika ter določenih delcev lahko obvladujejo obremenitve in podpirajo odporne ekosisteme.

V globini krasa so lahko prisotne votline, zalite z vodo, ki so hipogenega izvora (ustvarila jih je naraščajoča podtalnica). V vodonosniku Edwards v Teksasu so številne lokacije celo več kot 1.000 m pod gladino podzemne vode in že od nekdaj zalite z vodo. Te lokacije vsebujejo največje znano število vrst, prilagojenih življenju v vodonosniku, in imajo edinstveno favno, ki ne izhaja iz površja. Občutljive so na črpanje vode iz vodnjaka in na morebitne vplive slabo vzdrževanih ter zapuščenih vodnjakov. Več kot šestdeset drugih vodnih vrst poznamo le iz arteških vodnjakov, vključno z dvema vrstama slepega soma.

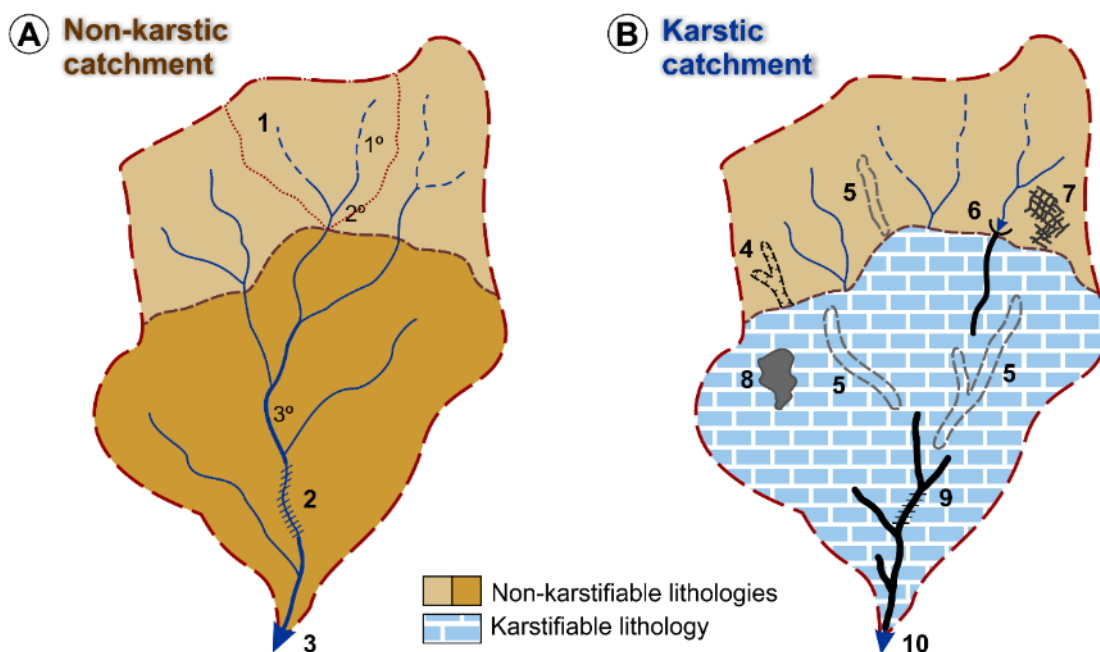
Posamezen kraški hidrološki sistem (ali jamski sistem) lahko vsebuje več elementov ali vrst rogov, od aktivnih rogov z vodotoki prek neaktivnih, višje ležečih rogov do slabo povezanih reliktnih rogov. Vsak od njih zahteva drugačen način upravljanja, vendar mora biti integriran na ravni porečja ali podporečja in upoštevati poti pretakanja, vire energije, vrste in režime obremenitev ter omilitvene strategije. Na najširši ravni celotnega prispevnega območja moramo ovrednotiti tako kraške kot nekraške elemente z vidika pretakanja snovi in energije ter najverjetnejših virov obremenitev in/ali onesnaženja.

Shema povezanosti in ravni energije za elemente kraških sistemov

Element kraškega sistema	Povezanost s površjem	Ravni energije in pretok
Aktivni ponor	Visoka	Visoka, redne poplave, ki prinašajo velike odmrle drevesne ostanke, delce in raztopljeni organski ogljik (angl. DOC)
Drugi vir koncentriranega napajanja, predvsem zaprte depresije	Visoka	Visoka, količina vode je običajno nižja kot v ponikalnicah, vendar prenaša rastlinske ostanke, delce in DOC
Aktivni rov z vodotokom	Visoka	Visoka, redne poplave, ki prinašajo malo delcev in DOC
Izvir	Visoka	Visoka, redno prinaša DOC in običajne delce
Neaktivni rov z vodotokom (višje ležeč)	Srednja	Srednja, občasne poplave prinašajo raztopljeni organski ogljik
Reliktna jama (rov starodavnega vodotoka)	Srednja	Prenikajoča voda prinaša DOC v vlažnih predelih, pretok ogljika je omejen v bolj suhih predelih z omejenim prenikanjem. Možne velike količine gvana
Srednjevelike votlinice ali plitvi podzemni habitati	Srednja	Povezanost z rovi vodotokov, pomembno zatočišče
Hipogena jama	Nizka	Ekosistemi na osnovi žvepla in železa, lokaliziran pretok ogljika
Paleokras	Nizka	Zelo nizka, ni pretoka

Ena metoda, kako doseči takšno lestvičenje upravljanja, je uporaba prostorskih modelov. Indeks obremenjenosti kraškega okolja (angl. Karst Disturbance Index), ki sta ga razvila van Beynen in Townsend leta 2005, je metoda za ocenjevanje človeškega vpliva na kraške pokrajine. Vsebuje pet kategorij okoljskih kazalnikov – geomorfologija, hidrologija, ozračje, biota in kulturni kazalnik – iz katerih lahko izpeljemo ravni ali obsege obremenjenosti. Načeloma naj bi bilo pridobivanje kazalnikov v posamezni kategoriji poceni, kazalniki pa bi morali biti zlahka ponovljivi in se odzivati na spremembe v okoljskih pogojih. Viri podatkov vključujejo terenske raziskave, prostorske podatke, topografske karte, zračne fotografije in strokovna mnenja lokalnih jamarjev ter vladnih uslužbencev. Točkovanje kazalnikov je lahko delno kvantitativno (rangirani podatki, kategorizirana območja ali odstotek kritja) oz. kvalitativno (vrsta poselitve ali vrsta razvoja jame). Posamezen kazalnik lahko zanemarimo, če ni relevanten za obravnavano območje. Skupni indeks obremenitev izračunamo tako, da vsoto vseh pridobljenih točk delimo s številom vseh možnih točk, s čimer dobimo delež. Prednost tega indeksa je, da lahko deležniki preučijo posamezen kazalnik in ugotovijo, iz česa je bil izpeljan, medtem ko je za okoljske upravitelje in oblikovalce politike celotno stanje kraškega okolja zreducirano na zlahka primerljivo kategorijo.

Kraški hidrološki sistemi so še posebej občutljivi na onesnaženje zaradi hitrih povezav med površjem in vodonosnikom. To občutljivost določajo lastnosti kraškega okolja, ki vplivajo na stopnjo ranljivosti. Gre za 'napeljavo' krasa v smislu debeline prsti in hitrosti infiltracije, gostoto razpok v epikraški coni, razširjenostjo vrtač in variacij v hidravlični prevodnosti. Vse te lastnosti skupaj določajo potencialno ranljivost, če pa dodamo še rabo tal in infrastrukturo (ceste, vodooskrba, odlagališča in viri točkovnega onesnaževanja), dobimo specifično ranljivost. Ti pristopi k ocenjevanju ranljivosti so prostorsko integrirani v modele ranljivosti podtalnice (angl. groundwater vulnerability models oz. GVM), ki poskušajo izmeriti občutljivost vodonosnika na onesnaženje, ki ga povzroča človek. Eden bolje sprejetih modelov je EPIK, ki je bil oblikovan prav za kraške vodonosnike. Vsak uporabnik GVM-jev mora zaupati v veljavnost uporabljenih vhodnih parametrov, saj je nekatere od njih zelo težko izmeriti.



Primerjava prostorske organiziranosti nekraških in kraških porečij. Rjavo - Litološke podlage, ki ne morejo zakraseti; modro - Litološka podlaga, ki lahko zakrasi. Legenda: 1 – podporečje; 2 – rečni odsek; 3 – izliv odtočne kotline; 4 – brezstropa jama; 5 – reliktna jama; 6 – aktivni ponor; 7 – hipogena jama; 8 – paleokras; 9 – jamski rov; 10 – kraški izvir. Avtorica diagrama: Maria-Laura Tirlă.

Smernice

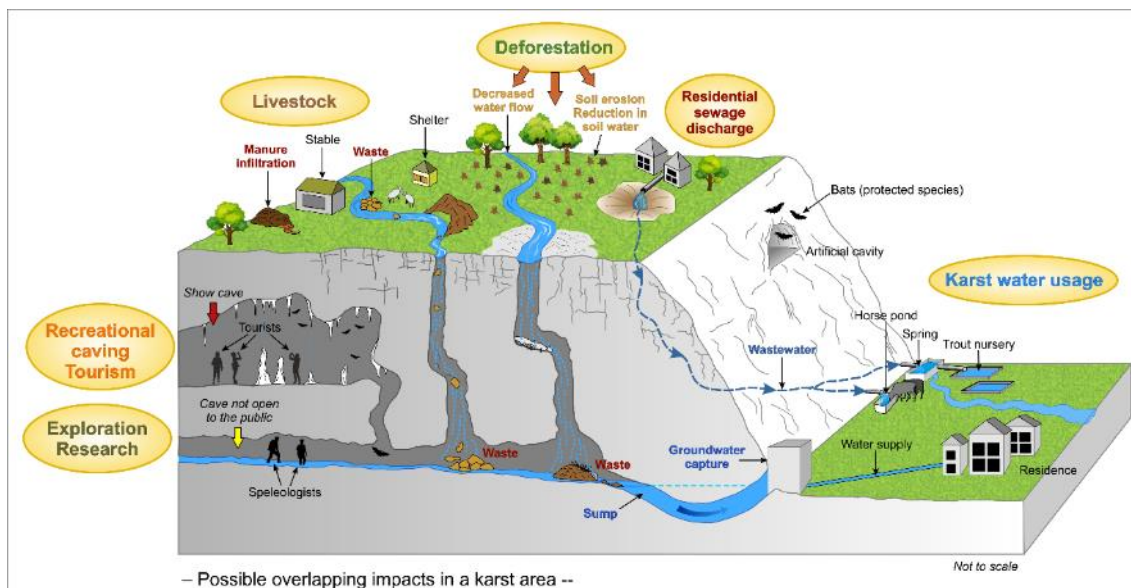
- (8) Eno samo navodilo za upravljanje, uporabljeno pri kompleksnem kraškem hidrološkem sistemu (ali kompleksnem integriranem jamskem sistemu), najverjetneje ne bo zadovoljivo zaščitilo tekočih geomorfoloških in ekoloških procesov v različnih delih sistema. Zaradi tega mora načrtovanje upravljanja upoštevati faktorje lestvice v kraškem sistemu.
- (9) V večini jam so organizmi odvisni predvsem od virov hrane, ki so vneseni iz površinskega okolja. Dostop do hrane in energije iz zunanjih virov je ključnega pomena za preživetje viabilnih populacij organizmov, pogostost in obseg vnosov energije v jamski ekosistem pa sta bistvena za vzdrževanje populacij organizmov.

- (10) Posamezen kraški hidrološki sistem (ali jamski sistem) lahko vsebuje več elementov ali vrst rogov, od aktivnih rogov z vodotoki prek neaktivnih, višje ležečih rogov do slabo povezanih reliktnih rogov. Vsak bo zahteval drugačen način upravljanja.
- (11) Določeni odseki znotraj kraškega območja so lahko zelo občutljivi na onesnaževanja v podtalnici, medtem ko so druga območja lahko manj občutljiva. Zato je potrebno načrtovanje rabe tal, da zaščitimo vire kraške podtalnice.



Zelo aktiven odsek jamskega rova, ki je redno poplavljen, Škocjanske jame, Slovenija. Reka Reka, ki teče skozi jamo, lahko naraste za več kot 50 m, pri čemer doseže stezo za obiskovalce, ki je vidna v levem zgornjem kotu. Škocjanske jame so ramsarsko območje, ki se nahaja znotraj območja svetovne dediščine in Unescovega kraškega biosfernega rezervata Škocjanske jame. Fotografija: Csaba Egri.

Človeške dejavnosti na krasu: vplivi in blaženje



Nekateri vplivi človeških dejavnosti na kraško območje. Avtorja diagrama: Maria-Laura Tîrlă in Bogdan Bădescu. Oblački: Odprave, Raziskave, Turizem, Rekreativno jamarstvo, Živinoreja, Krčenje gozdov, Komunalne odpadne vode, Raba kraške vode.

Rekreativno in avanturistično jamarstvo

Uvod

Ljudje obiskujemo jame že vse od nastanka naše vrste, kar dokazujejo ohranjene poslikave in artefakti. Vhodi so bili najpogosteje uporabljeni, saj so nudili dobro zavetje, ljudje pa so obiskovali tudi temni del onkraj vhoda, najverjetneje v obredne namene ali da bi našli vodo, kot so to počeli Maji v Srednji Ameriki. Čeprav ljudje še danes živijo v vhodnih delih jam, je tej zgodnji fazi sledila faza, v kateri so jame postale predmet mitov, ljudje pa so se jih pogosto bali kot dom namišljenih pošasti in zlobnih duhov ali kot vrat v pekel. V Evropi se je to obdobje, polno nevednosti in vraževerja, nadaljevalo do 16. stoletja, ki pa je bilo čas potovanja, raziskovanja in začetka naravoslovja, vsaj za tiste, ki so bili dovolj premožni za takšne podvige.

Zgodovinski obiski jam v raziskovalne namene so bili zabeleženi predvsem v Evropi, vendar so se dogajali tudi na Kitajskem, kjer je bil prvi krasoslovec in speleolog Xu Xiake (1587–1641 n. št.). Sčasoma so ljudje ugotovili, da je podzemlje kraj za raziskave in užitek, ne pa kraj, ki se ga moramo bati. Jame so prvotno preučevali znanstveniki, kot so arheologi, biologi, geologi in geografi, ki so večinoma delali zunaj jam. Do začetka 19. stoletja so se nekateri posamezniki začeli osredotočati zlasti na jame in se oklicali za speleologe. Približno ob istem času je prišlo do razvoja 'raziskovanja', z obiski 'tujih dežel', vzponi na gore in, neizbežno, spusti v jame. V 21. stoletju je tako na Zemlji ostalo zelo malo dostopnih krajev, ki jih ljudje še niso obiskali, in le malo gora, ki še niso bile preplezane, toda vsako leto jamarji raziščejo in kartirajo na desetine kilometrov jam, kamor še nihče ni stopil. Za prvimi raziskovalci so prišli drugi, čigar namen je bil zgolj rekreacija in užitek, kar velja tako za jame kot za večino zemeljskega površja. Obstaja pregovor, domnevno iz 15. stoletja: »Takoj ko nekdo najde nov način zabave, bo nekdo drug našel način, kako s tem zaslužiti«. Razvila se je industrija, v kateri vodiči ponujajo svoje storitve tistim, ki se želijo udeležiti avantur na prostem (tudi pod zemljo). Najstarejša znana turistična jama na svetu je jama Reed Flute na Kitajskem, ki vsebuje napise iz leta 792, iz časa dinastije Tang. Prvi dokumentirani ogled jame v Evropi je bil ogled Postojnske jame v Sloveniji leta 1213. Jama Vilenica, prav tako v Sloveniji, pobira vstopnino od obiskovalcev že od leta 1633.

Ob upoštevanju teh zgodovinskih podatkov, lahko v 21. stoletju prepoznamo več obsežnih skupin posameznikov, ki obiskujejo jame:

- splošna javnost, ki obiskuje turistične jame ali pa v verske namene,
- speleologi, ki raziskujejo in dokumentirajo jame,
- rekreativni jamarji (prost dostop),
- avanturistični jamarji (izlete vodi inštruktor),
- znanstveniki, ki raziskujejo podzemlje ali uporabljajo jamski material pri svojih raziskavah,
- 'slučajni' uporabniki jam, čigar glavni namen ni obisk jame, npr. udeleženci tekaških dogodkov, ki deloma potekajo skozi jamski rov.

Turistične jame in jame, ki jih uporabljajo v verske namene, imajo običajno umetno razsvetljavo in urejene steze, zaradi česar jih lahko obiščejo vsi mobilni prebivalci, nekatere jame pa so šle še dlje in omogočajo dostop invalidom. V nasprotju z njimi pa tisti, ki obiskujejo jame zaradi avantur, rekreacije in raziskovanja, običajno nosijo naglavno svetilko in različne vrste zaščitnih oblačil ter opreme. Rekreativno jamarstvo vključuje obiske krajev, ki so že bili raziskani in kartirani, medtem ko jamski raziskovalci želijo priti v doslej neznane rove in izmeriti ter dokumentirati svoja odkritja. To lahko dosežejo na različne načine, vključno z odpravo v še neraziskan predel, z odstranitvijo ovir na koncu znanih rogov, s plezanjem ali spusti v notranjost. Te kategorije uporabnikov jam nam lahko pomagajo pri preučevanju vplivov in potreb po upravljanju. Moramo se zavedati, da se lahko en posameznik udeleži več različnih dejavnosti. Na primer jamar lahko del svojega časa raziskuje jame, vendar lahko tudi uživa v rekreativnem jamarstvu, se udeležuje avanturističnih jamarskih izletov (ali pa jih vodi) ter najverjetneje rad obiskuje turistične jame.

Z vidika upravljanja se jame v določenem kraškem območju verjetno uporabljajo na več načinov. Na prvem mestu so turistične jame in jame verskega pomena. Na drugem mestu so destinacije avanturističnega jamarstva, večina od njih pa je v določeni meri prilagojena za večjo varnost obiskovalcev. Na zadnjem mestu pa je glavnina lokacij, ki so namenjene rekreativnemu jamarstvu in raziskovanju. Turistične jame verskega pomena obravnavamo drugod, zato se to poglavje osredotoča na avanturistično jamarstvo, rekreativno jamarstvo in raziskovanje. V primeru večine nerazvitih jam oz. 'divjih jam' je jamarska dejavnost najbolj neposreden dejavnik tveganja, ki ga moramo upoštevati pri obravnavi njihove ohranitve, zlasti tam, kjer status zavarovanega območja omogoča ustrezno upravljanje porečja.

Raziskovanje in dokumentiranje jam

V nasprotju z drugimi reliefnimi oblikami se obseg dokumentiranih jamskih rogov vsako leto poveča za več kilometrov zaradi prizadevanj jamskih raziskovalcev. Ta prizadevanja lahko razdelimo na dve široki skupini: 1) raziskovanje skozi odprt vhod ali odprt rov v znani jami in 2) raziskovanje, ki zahteva spremembo jamskih vhodov in rogov. V večini držav z dolgo tradicijo jamarskih dejavnosti obstaja zelo malo, če sploh kaj, odprtih jamskih vhodov, ki še niso bila raziskana in dokumentirana. Drugod, predvsem v tropih in visokih zemljepisnih širinah, jamarske odprave še lahko dokumentirajo večinoma neznane jamske sisteme. V tropskih krajih je v te jame verjetno že vstopilo lokalno prebivalstvo, razen če je dostop zelo otežen, npr. v globokih breznihi ali vhodih na dnu vrtač s strmimi pobočji. Raziskovalci teh jam so odgovorni za dokumentiranje svojih odkritij, vključno z informacijami o pojavih posebnega znanstvenega pomena, in za zagotovitev ohranitve jame, če gre za novoodkrita jamo (glejte [Kodeks etike](#)). Še posebej pomembno je, da v celoti vključimo lokalno prebivalstvo, saj nam lahko sporočijo lokacije jam in njihov morebitni sveti pomen, raziskovalcem in širši skupnosti lahko nudijo informacije o pomenu jam, mi pa jih lahko seznanimo s tem, kako lahko vse te pomene zaščitijo.

Znotraj znanih jam se lahko nahajajo rovi, v katere prvotni raziskovalci niso vstopili, najpogostejši razlog za to pa je, da niso imeli dostopa, ker se rov nahaja visoko nad znanim rovom ali pa je zapolnjen s sedimenti oz. vodo. Visoko ležeče rove lahko dosežejo jamski plezalci, ki morajo običajno namestiti svedrovce ali druge fiksne pripomočke, da zagotovijo varen vzpon. To neizogibno povzroči manjše praske na stenah rogov. Raziskovanje rogov, zalitih z vodo, izvajajo jamski potapljači, ki lahko dosežejo zračne rove. V primeru obsežnih rogov bodo morda nepotapljači zahtevali ureditev alternativnih vhodov, ki ne zahtevajo potapljanja, kar je lahko problematično, če imajo novoodkriti rovi velik estetski ali znanstveni pomen.

Številne 'nove' jamske rove odkrijejo med spreminjanjem rogov oz. izkopavanjem. Tehnike izkopavanja vključujejo odstranitev sedimenta, gradbene posege za stabilizacijo poti skozi podorna območja, preusmeritev vodotokov, drenažo statičnih sifonov (rogov, zalitih z vodo) in uporabo razstreliva za povečanje ozkih rogov. Takšni posegi naj bodo omejeni na minimalne spremembe, ki so potrebne za zagotovitev dostopa, izvedeni pa naj bodo šele po temeljitem razmisleku o morebitnih kratko- in dolgoročnih vplivih in če bo pomembnost odkritja odtehtala posledice sprememb.



Raziskovanje globokega brezna v jami Abisso Michelle Gortani, planota Kanin, Italija. Fotografija: Csaba Egri.

V zavarovanih območjih morajo upravljavci pridobiti soglasje za vsakršne dejavnosti izkopavanja, nekatere države pa so celo pripravile specifične smernice. Dokument, ki ga je pripravila jamarska zveza Derbyshire Caving Association v sodelovanju z Natural England – svetovalcem britanske vlade na področju varstva narave – specifično obravnava izkopavanja v krajih posebnega znanstvenega pomena (glejte [Spletni viri](#)). Pri obravnavi vlog se je treba zavedati, da uspešna izkopavanja povečajo znanstveni pomen kraja, saj omogočijo dostop do novih rogov in zanimivih pojavov. Toda tisti, ki oddajajo vloge za izkopavanja, se morajo zavzemati za minimiziranje vplivov, npr. s previdnim kopanjem jarkov skozi rov, zapolnjen s sedimenti, namesto odstranjevanja celotnega sedimenta. V primeru uspešnega izkopavanja naj se vse najdbe dokumentirajo in opišejo, kar naj vključuje zemljevid in fotografije. Te podatke mora prejeti upravljavec zavarovanega območja, ki se nato odloči, ali so potrebne nadaljnje znanstvene preiskave. Ob vstopu v novo jamo ali nov odsek jame moramo poskrbeti, da jo čim bolj ohranimo. Če vsebuje občutljive predele, naj raziskovalci razmislijo o najboljši poti skozi te predele in jo nato jasno označijo za bodoče obiskovalce. Po dokončanem izkopavanju morajo odstraniti vso odvečno opremo, še posebej, če je bilo neuspešno. Z izjemo odročnih krajev lahko novoodkrite jame in rovi privabijo druge predstavnike jamarske skupnosti, zaradi česar je lahko časovni okvir za zavarovanje kraja pred zunanjimi vplivi zelo kratek.



Raziskovanje jam včasih zahteva odstranitev sedimenta, da bi omogočili dostop do rova zadaj. Obe fotografiji prikazujeta brezni, ki se udirata skozi sediment, in uporabo cevi ter desk, da bi preprečili podor. Na levi fotografiji je brezno izkopano do globine 4 m do špranje, ki vodi v 50-metrski rov z lepimi kapniki. Na desni fotografiji je nameščena cev (levo od osebe) za boljše prezračevanje. Sedimenta niso odstranili iz jame, temveč so ga dali v vreče in nato nasuli na primernem kraju. Po približno 5 m so se dokopali do odprtega rova velikega znanstvenega pomena. Obe izkopavanji sta potekali na območjih posebnega znanstvenega pomena z dovoljenjem lokalnih oblasti. Izkopavanje na desni fotografiji je potekalo na koncu turistične jame na pobudo lastnika. Fotografiji: Rob Eavis.

Večina ljudi, ki se ukvarja z raziskovanjem jam, objavlja podrobnosti o svojih odkritjih v strokovnih revijah, glasilih ali čedalje več na spletu. Takšna poročila običajno vsebujejo podrobne zemljevide in opise s pomembnimi informacijami o jamskih virih. V številnih kraških območjih je skoraj vse, kar vemo o jamah, rezultat skupnih prizadevanj jamarjev. Medtem ko so nekatera zavarovana območja odvisna od informacij, ki jih prejmejo od jamarske skupnosti, in v nekaterih primerih sodelujejo z njo pri upravljanju jam, je mogoč tudi manj odziven slog upravljanja, pri katerem državne agencije razvijejo lastno strokovno znanje. To lahko dosežejo z zaposlovanjem specializiranega strokovnega osebja, ki jim svetuje v zvezi z jamami, in z razvojem lastne jamarske dejavnosti na operativni ravni prek usposabljanja zaposlenih.



Gorvodni vhod v jamo Xe Bang Fai, Narodni park Hin Nam No, Laos. Jama je odprta za avanturistične ogleda že od leta 2012. Fotografija: John Spies.

Rekreativno jamarstvo

Rekreativno jamarstvo (včasih poimenovano športno jamarstvo) je pravzaprav 'jamarstvo iz čistega užitka' in pomeni obiskovanje znanih jam. Podobno je drugim prostočasnim dejavnostim na prostem, kot sta hoja in plezanje. V številnih ameriških in evropskih državah se je rekreativno jamarstvo (v nasprotju z raziskovanjem) začelo v zgodnjem 20. stoletju in se je izvajalo v društvih ali skupinah, ki so obsegale od nekaj somišljenikov pa vse do velikih, dobro organiziranih organov. Lažji dostop do osebne opreme in še zlasti uvedba tehnik statične vrvi sta omogočila majhnemu številu posameznikov obisk globokih in kompleksnih jam brez podpore društva. Vseeno pa je v 21. stoletju večina rekreativnih jamarjev na svetu včlanjena v najmanj eno jamarsko društvo. Dostop do jam je ključni pogoj za rekreativno jamarstvo in v številnih državah so se jamarska društva združila v regionalne ali državne organe z glavnim ciljem ohranjanja in izboljšanja dostopa do jam, večina pa se osredotoča tudi na varstvo jam. Državni organi običajno uredijo zavarovanje za svoje člane in za lastnike zemljišč, na katerih se nahajajo jame. Leta 1965 je bila ustanovljena Mednarodna speleološka zveza (Union Internationale de Spéléologie oz. UIS) kot mednarodni organ za jamarstvo in speleologijo. Januarja 2022 je štela 57 držav članic. V okviru UIS deluje tudi Komisija za varstvo krasi in jam, njeni člani pa so prispevali k tem smernicam.

Večina današnjih rekreativnih jamarjev ceni lepoto, krhkost in znanstveni pomen podzemnega okolja, vendar ni bilo vedno tako, zaradi česar so bile številne jame močno poškodovane bodisi namenoma bodisi iz nevednosti. Poseben problem v 21. stoletju je porast 'hitrostnega jamarstva', kjer je cilj doseči določeno točko v jami in se vrniti na površje v najkrajšem možnem času, pri čemer se ne ozirajo na morebitne vplive na jamo. Načrtni vandalizem vključuje odstranitev kapnikov kot spominkov, uničenje zaporedij klastičnih sedimentov med obmetavanjem z blatom ali pri ustvarjanju skulptur in drč ter pisanje grafitov. Če je jama zaščiten ali se nahaja v zavarovanem območju, potem se lahko sproži sodni postopek, če poznamo krivce (v ZDA je bilo že več uspešnih kazenskih pregonov), vendar to ne more nadomestiti izgube. V človeškem časovnem okviru so kapniki in zaporedja klastičnih sedimentov nenadomestljivi. Nenamerna škoda pa je posledica nerazumevanja in nespoštovanja jamskega okolja. Številni jamarji, ki takoj prepoznajo pomen kapnikov in potrebo po njihovi zaščiti, pa se pogosto ne zavedajo znanstvenega pomena klastičnih sedimentov in jih namesto tega obravnavajo kot 'blato'.



Krhki špageti v dvorani Castle Grotto jame Hollow Hill, Waitomo, Nova Zelandija. Zaščiteni so s politiko dostopa in smernicami za jamarstvo z minimalnim vplivom. Fotografija: John Gunn.

Od sredine 90. let 20. stoletja dalje je zaskrbljenost glede vpliva jamarjev na jame privedla številne države do oblikovanja kodeksov etike, kodeksov varstva jam in kodeksov jamarstva z minimalnim vplivom. Cilj teh kodeksov je spodbuditi jamarje, da pri vsakem izletu razmislijo o varstvu narave in o lastni varnosti, pri čemer poudarjajo pomembno varstveno vlogo številnih državnih in lokalnih

jamarskih organov. Država, ki ima izoblikovan kodeks, naj zahteva, da se jamarji seznanijo z njim in mu sledijo. V zavarovanih območjih bi moralo biti upoštevanje kodeksa obvezno. V državah brez izoblikovanih kodeksov naj upravljavci zavarovanih območij pripravijo kodeks za jame v svojem območju, pri čemer naj črpajo iz objavljenih kodeksov. Nekaj primerov je navedenih spodaj.

PRIMERI JAMARSKIH KODEKSOV

Mednarodna speleološka zveza (UIS) ima 'Kodeks etike za raziskovanje jam in znanost v tujih državah' [<https://uis-speleo.org/wp-content/uploads/2020/03/Code-of-Ethics-of-the-UIS-English-Language.pdf>]. Naslov je malce zavajajoč, saj gre za pomemben dokument, ki pokriva 'jamarske odprave v tuje države', 'avanturistični turizem, geoturizem in ekoturizem' ter 'splošno jamarstvo v lastni državi'. Obstajajo tudi smernice za 'razvoj turističnih jam' in za 'znanstveno vzorčenje' – v dokumentu UIS sta to ločeni temi.

Avstralska speleološka zveza (Australian Speleological Federation) je pripravila enega prvih 'Kodeksov jamarstva z minimalnim vplivom' leta 1995, najnovejša verzija (2010) pa je dostopna na spletni strani [<https://www.caves.org.au/administration/codes-and-standards>]. Kodeks je razdeljen na dve poglavji: prvo se nanaša na splošne obiske jam, drugo pa na raziskovanje novoodkritih jam ali odsekov jam.

Britanska jamarska zveza (British Caving Association) iz Združenega kraljestva je pripravila 'Smernice jamarstva z minimalnim vplivom' v sodelovanju z Natural England, svetovalcem britanske vlade na področju varstva narave v Angliji [<https://british-caving.org.uk/our-work/cave-conservation/>]. Smernice želijo minimizirati vpliv jamarstva, vsebujejo pa tudi priporočila glede konservatorskih in restavratorskih del tako v jamah kot na površju.

Novozelandski oddelek za ohranjanje narave (New Zealand Department of Conservation) je oblikoval 'Kodeks skrbnega jamarstva' [<https://www.doc.govt.nz/parks-and-recreation/things-to-do/caving/caving-guidelines/>], ki spodbuja jamarstvo z minimalnim vplivom na okolje in ljudi.

Državno speleološko društvo (National Speleological Society) v ZDA je pripravilo 'Smernice za jamarstvo z minimalnim vplivom', ki jih redno posodablja. Nazadnje so bile posodobljene februarja 2021 kot odziv na pandemijo Covid-19 [<https://caves.org/conservation/cavingcode.shtml>]. Avtorji smiselno zagovarjajo posodabljanje smernic, kadar pridemo do novih spoznanj o jamskih okoljih, zaradi katerih jamarji vrednotijo in spremenijo svoje vedenje.

V zgodnjem 20. stoletju in vse do sredine stoletja je bilo običajno, da so informacije o jamah, vključno z lokacijami vhodov, poznali le člani jamarskih društev, kar je omogočalo določeno stopnjo zaščite. To še vedno velja v nekaterih državah, še posebej v primeru občutljivih jam ali jam, v katerih poteka raziskovanje. Ameriški Zvezni zakon o zaščiti jamskih virov (Federal Cave Resources Protection Act) iz leta 1988 obravnava jame v lasti zveznih držav in navaja, da lokacije pomembnih jam ne smejo biti razkrite javnosti. Drugod po svetu je naraščajoče zanimanje za rekreativno jamarstvo privedlo do izdaje vodnikov, ki vsebujejo osnovne ali v nekaterih primerih precej podrobne informacije o lokacijah. Internet je priča porastu dostopnih informacij o jamah, vključno s točnimi lokacijami vhodov, kar pomeni, da jih lahko zlahka najdejo vsi, ki imajo vklopljen GPS. Hkrati je prišlo do množične uporabe družbenih medijev in s tem do povečanja števila posameznikov in skupin, ki nimajo ustreznega usposabljanja ali izkušenj, vendar se vseeno odločijo obiskati jame in objaviti videoposnetke svojih obiskov na spletu. Neizogibna posledica tega je povečanje števila nezgod in poškodb jam, ki so lahko namerne, npr. grafiti in odstranjevanje 'spominkov', ali nenamerne, npr. da se ljudje ne držijo steze, ki vodi okoli klastičnih sedimentov ali predelov, bogatih s kapniki, ter poskusi označevanja poti iz jame s kupi kamenja ali z označevanjem sten. Takšna dejanja predstavljajo poseben izziv za upravljavce zavarovanih območij, saj takšni posamezniki niso del jamarske skupnosti in zato niso seznanjeni s kodeksi varstva jam. Znaki pred vhodi v jame ali znotraj jam so lahko v pomoč, vendar lahko celovito zaščitimo jame samo, če zavarujemo vhod v jamo ali pa dostop do občutljivih delov jame (glejte [Klasifikacija jam kot orodje upravljanja](#)). Vrata morajo biti skrbno zasnovana, saj morajo biti trdno zaprta, ne smejo pa kvariti videza kraja, ovirati gibanja favne, zraka in vode ali onemogočiti reševanja poškodovane osebe.

Jamsko potapljanje je po navadi raziskovalno orodje, zaradi česar je obravnavano v poglavju [Raziskovanje in dokumentiranje jam](#), v nekaterih državah pa ga izvajajo rekreativno. V nasprotju z raziskovalnim jamskim potapljanjem, ki ga večinoma izvajajo izkušeni jamarji, rekreativno jamsko potapljanje pogosto izvajajo potaplači odprtih voda, ki se v celoti zavedajo vseh tveganj, ki jih predstavlja jama, oz. tveganj, ki jih sami predstavljajo podvodnemu jamskemu okolju.

Rekreativni jamarji, ki se že več let ukvarjajo s tem športom, se pogosto specializirajo za določene vidike speleologije, npr. podzemno fotografiranje, kartiranje jam, reševanje iz jam ali raziskovanje jam. To ima tudi širše koristi, saj lahko jamsko fotografiranje pomaga krepiti zavedanje o pomenu jam v skupnosti in podpira prizadevanja za ohranitev jam. Zemljevidi jam so

bistvena orodja za upravljavce, znanstvenike in reševalno osebje. Pripravljenost na reševanje prinaša koristi na področju varnosti in ohranjanja narave. Sodelovanja med jamarji in znanstveniki pa izboljšujejo naše poznavanje teh sistemov in zmanjšujejo tveganje, da bi raziskovalci vplivali na jame. Jamarske skupine tudi kdaj sprožijo kampanje 'skrb za kras', da počistijo smeti v jamah ali obnovijo poškodovane pojave. Kljub različnim stališčem jamarjev obstaja veliko primerov zelo konstruktivnih odnosov med upravo in lokalnimi jamarskimi skupinami. Grajenje takšnih odnosov ima očitne prednosti, nenazadnje to, da spodbuja upoštevanje pogojev dostopa. Nekatera zavarovana območja k temu pristopijo na strukturiran način z vključevanjem deležnikov v odbore ali delovne skupine za upravljanje jam. Tako ustvarijo priložnosti za dialog o spornih vprašanjih, vključno z vprašanjem, ki je ključno za številne jamarje, namreč omejitve dostopa do jam. Uvedba novih omejitev dostopa bo najverjetneje negativno sprejeta in ne bo upoštevana, če jamarska skupnost ne bo razumela razloga zanjo.



Jezero Chandelar, jama Lechuguilla, območje svetovne dediščine Narodni park Carlsbad Caverns, Nova Mehika, ZDA. Ker ima jama velik znanstveni pomen in je dovzetna za škodo, ki jo povzročijo raziskovalci, je dostop omejen na pooblaščen znanstvene raziskovalce, ekipe za meritve in raziskovanje ter obiske Službe ameriških narodnih parkov (National Parks Service), povezane z upravljanjem. Objavili so načrt upravljanja (glejte [Spletni viri](#)). Fotografija: Rainer Straub.

Avanturistično jamarstvo

Avanturistično jamarstvo (imenovano tudi 'vodeno jamarstvo' ali 'divje jamarstvo') obsega vse od zelo skromnih do dobro organiziranih komercialnih podzemnih dogodivščin. Številni ponudniki avanturističnega jamarstva so samozaposleni inštruktorji, ki imajo podobno vlogo kot gorski in pohodniški vodiči ter drugi sorodni poklici na površju. Posamezniki, ki se želijo preizkusiti v jamarstvu in, manj pogosto, rekreativni jamarji, ki si želijo vodiča po zapletenem jamskem sistemu, najamejo inštruktorje, ki jim priskrbijo vso potrebno opremo za izbrano jamo. Jamarski inštruktorji so zaposleni tudi pri izobraževalnih centrih za dejavnosti na prostem, ki večinoma sprejemajo šolske skupine, obstajajo pa tudi centri in skupine, ki nudijo poslovni 'team building' in dogodke za 'vodstvo'. Poleg tega nekatere turistične jame ponujajo avanturistično jamarstvo kot dodatek k ogledom, ki so na voljo širši javnosti. Čeprav večina jamskih inštruktorjev prejema plačilo za svoje storitve, pa nekateri ponujajo avanturistično jamarstvo kot prostovoljci, predvsem za organizacije, kot so taborniki oz. skavti.

V razvitih državah morajo inštruktorji običajno opraviti varnostno usposabljanje po zakonu ali na zahtevo zavarovalnice. V Avstraliji in Novi Zelandiji morajo inštruktorji opraviti posebno usposabljanje, običajno v obliki enoletnega, rednega tečaja, ki obsega vse vidike avanturističnega vodenja, vključno s prvo pomočjo, reševanjem in razlago. Čeprav je najbolj pomembna varnost ljudi, ki jih vodijo, se morajo z enako skrbnostjo posvetiti tudi varnosti jame in poudariti pomen ohranjanja geološke dediščine ter ekosistemov. Žal nekatere jame še vedno nosijo posledice preteklih slabih praks, ko je bilo običajno, da inštruktorji spodbujajo

skupine k obmetavanju z blatom, da bi 'izboljšali' podzemno izkušnjo. Na ta način so poškodovali pomembne klastične sedimente, blato pa se je prijelo kapnikov in sten jam.

Nacionalni jamarski organ, če obstaja, je zagotovo najbolj usposobljen za certificiranje inštruktorjev in zagotavljanje, da so le-ti enako pozorni na varnost in na ohranjanje narave. Britanska jamarska zveza (British Caving Association oz. BCA) ponuja dva nacionalno priznana certifikata za jamarske inštruktorje in vodiče, ki vodijo ljudi pod zemljo – Shema vrednotenja lokalnega vodiča po jamah in rudnikih (Local Cave and Mine Leader Assessment Scheme oz. LCMLA) in Certifikat jamskega inštruktorja (Cave Instructor Certificate oz. CIC). Shema LCMLA »priznava kompetence tistih, ki si želijo prevzeti odgovornost za druge ljudi v podzemnem okolju v imenu delodajalcev ali oblasti. Enakovredno se posvečajo varnosti skupine in ohranitvi krhkega okolja«. V Združenem kraljestvu obstajajo tudi lokalne skupine inštruktorjev, npr. Peak Instructed Caving Affiliation (PICA), ki pokriva jamarsko območje angleškega parka Peak District in je povezana z jamarsko zvezo Derbyshire Caving Association, enem od regionalnih svetov zveze BCA. Del pristojnosti zveze PICA je »širjenje informacij glede varnosti in ohranjanja jam ter rudnikov, ki jih lahko uporabimo za vodene izlete s certifikati LCMLA in CIC v naši regiji«.



Jama Brejões v polsušni Braziliji je pogosto uporabljena za avanturistični turizem. Ima velike rove in masivne kapnike. Fotografija: Philippe Crochet.

Navedba krajev, ki se jih lahko uporablja za vodene izlete, je zelo pomembna, ker implicitno priznava, da so nekateri kraji morda neprimerni za avanturistično jamarstvo, bodisi ker predstavljajo nesprejemljiva varnostna tveganja za neizkušene jamarje ali pa obstaja tveganje poškodovanja podzemnega okolja. V večjih jamah lahko izvedejo oceno ranljivosti, s pomočjo katere nato razdelijo jame na cone. Stabilni rovi, ki imajo le malo zanimivih pojavov, dozvetnih za poškodbe, so primerni za avanturistično jamarstvo za posameznike z malo ali nič izkušnjami s podzemnim svetom. Srednje pomembni rovi bodo najverjetneje primerni za avanturistično jamarstvo le, če imajo udeleženci že nekaj izkušenj, ali če razmerje med inštruktorji in udeleženci omogoča minimiziranje škode. V nekaterih jamah in predelih jam pa bo tveganje poškodb geološke dediščine ali ekosistemov tako veliko, da ne bodo primerne za avanturistično jamarstvo. Pri izvajanju ocen ranljivosti je treba upoštevati nosilno zmogljivost jame, saj imajo človeški obiski kumulativne vplive na fizikalne in biološke vrednote jame ali odseka jame.

Čprav večino globalnega avanturističnega jamarstva predstavljajo manjše dejavnosti, pa narašča število komercialnih podjetij, ki ponujajo 'luksuzno' avanturistično jamarstvo, npr. 'rafting po črnih vodah' in podobna doživetja v kraju Waitomo v Novi Zelandiji. Eden najdaljših in najdražjih vodenih ogledov jam je štiridnevno doživetje, ki ga ponuja podjetje Oxalis Adventure Company v jami Hang Son Doong v Vietnamu, ki se ponaša z enim največjih jamskih rofov na svetu z vidika prostornine, nahaja pa se v narodnem parku in območju svetovne dediščine Phong Nha-Ke Bang. Ta komercialna podjetja imajo več skupnega s turističnimi jamami kot pa z drugimi oblikami avanturističnega jamarstva, saj zahtevajo precejšnje naložbe v infrastrukturo, število obiskovalcev je visoko,

običajno pa tudi precej spremenijo jamsko infrastrukturo, da bi povečali varnost ali izboljšali uporabniško izkušnjo. To vključuje namestitev fiksnih plezalnih pripomočkov in ziplineov v notranjosti jame.



Avanturistično jamarstvo po novem vključuje tudi obiske ledenih jam, ki predstavljajo poseben izziv. Jama Eiskogelhöhle, Avstrija. Fotografija: Csaba Egri.

Klasifikacija jam kot orodje upravljanja

Za upravljanje jam potrebujemo 1) popis jam in njihovih vsebin ter 2) klasifikacijski sistem za ugotavljanje primernosti za različne vrste rabe. V primeru jam, ki imajo omejeno količino pojavov ali omejen obseg v horizontalni oz. vertikalni smeri, celotna jama predstavlja enoto upravljanja za različne namene. V primeru daljših jam in predvsem tistih, za katere je značilna notranja variabilnost v pomenu in občutljivosti na vplive obiskovalcev, bo razdelitev na cone najverjetneje primernejši pristop. Aktiven rov z vodotokom, ki je redno poplavljen, bo verjetno bolj odporen na vplive obiskovalcev kot pa suh, višje ležeči rov. Pri obravnavanju celotne jame moramo obravnavati kraj v odnosu do neposredne okolice, do preostanka kraškega območja, v katerem se nahaja, in v nacionalnem ter globalnem kontekstu. Za jame in zavarovana območja, ki še nimajo vzpostavljenega sistema, priporočamo naslednji pristop:

1. Popišite jamo oz. jame in označite pojave posebnega pomena na karti.
2. Ocenite ranljivost posamezne vrste pojava, npr. morfologija jamskih rogov je običajno stabilna, medtem ko je pri kapnikih in klastičnih sedimentih večja verjetnost poškodb.
3. Opredelite potencialne rabe jame, npr. za rekreativno jamarstvo, vodeno avanturistično jamarstvo, odprave in raziskovanje.
4. Na podlagi točk 1 do 3 določite cone v jami, ki so primerne za posamezno vrsto rabe. Preprosta shema, ki se jo lahko prilagodi lokalnim dejavnikom, je razvrščanje rogov ali predelov jam na spodnji način:
 - *A – Nizka občutljivost.* Predeli jame, ki veljajo za stabilne in lahko prenesejo vse, razen namerne uničenja. Ti so primerni za vse vrste rabe.
 - *B – Zmerna občutljivost.* Predeli z zanimivimi pojavi, ki jih lahko hitro poškodujemo, če se ne držimo osnovnih previdnostnih ukrepov in ravnamo skrbno. Ti predeli so primerni za rekreativne jamarje, ki poznajo kodeks jamarstva

z minimalnim vplivom in mu sledijo. Niso primerni za začetnike, lahko pa gostijo majhne skupine avanturističnih jamarjev z ustrezno usposobljenim vodjo. Odprave s ciljem odkritja novega rova in znanstvenega raziskovanja so dovoljene pod pogojem, da je pripravljen predlog projekta in ocena vpliva.

- *C – Visoka občutljivost.* Predeli z zelo pomembnimi pojavi, ki se zlahka poškodujejo. Uporaba teh predelov mora biti minimalna, uveden pa mora biti nadzor za minimiziranje vplivov. Rekreativni jamarji bodo morda morali navesti dober razlog za dostop do jame (npr. fotografiranje) in jih bo morda moral spremljati vodja, ki dobro pozna jamo ali njene zanimive pojave. Odprave s ciljem odkritja novih rogov in znanstvenega raziskovanja so dovoljene le po izvedbi analize stroškov in koristi, ki bo ocenila tveganje poškodb nasproti verjetnosti uspešnega izida ter pomenu odkritij.
- *X – Izjemna občutljivost.* Predel jame, ki ima izredno velik pomen in visoko tveganje poškodb. Dostop do takšnih predelov mora biti prepovedan, razen v izjemnih okoliščinah, npr. za raziskovanje določenega pojava v občutljivem predelu.

Jamsko reševanje

Kot pri vseh oblikah rekreacije na prostem tudi v jami obstaja tveganje za nesrečo, zaradi katere bo treba reševati posameznika ali posameznike iz jame. V jamah obstajajo štiri glavne objektivne nevarnosti: podhladitev, podor, poplave in nevarni plini. Vse ostale nevarnosti so subjektivne in povezane z obiskovalci, npr. nujni zdravstveni primeri, kot so srčni infarkt, ki bi se lahko zgodil kjerkoli, vendar se je slučajno zgodil, ko je bil posameznik pod zemljo; posameznik ali skupina, ki ne najde poti ven iz jame ali pa mu poplavna voda zapira pot do izhoda; nesreča zaradi katere se oseba ne more premikati. V večini držav, ki imajo dolgo tradicijo jamarstva, obstajajo državne ali lokalne organizacije za jamsko reševanje, ki rešujejo ljudi iz podzemlja ali pa pomagajo državnim reševalnim službam pri reševanju. Jamska reševanja so zahtevna, še posebej, če vključujejo transport poškodovane osebe in lahko vplivajo na jamo. Prva prioriteta pri vseh reševanjih je varnost in dobro počutje reševalcev ter oseb, ki jih rešujejo. Kadar je le mogoče, naj reševanje tudi minimalno vpliva na jamsko okolje. Če je reševalna ekipa večinoma ali v celoti sestavljena iz izkušenih jamarjev, bodo ti želeli minimizirati svoj vpliv na jamo. Obstaja vsaj en 'Kodeks za jamsko reševanje z minimalnim vplivom', ki ga je pripravila Avstralska komisija za jamsko reševanje (Australian Cave Rescue Commission) leta 2006, leta 2019 pa ga je temeljito posodobila (glejte [Spletni viri](#)).

Biološki vplivi obiskovanja jam

Jame nudijo habitat raznolikim živalskim vrstam. Globalno gledano, so netopirji najbolj znana in najbolj prisotna vrsta. Druge pomembne vrste vretenčarjev so jamske ribe in močerili, medtem ko so najpogostejši specializirani nevretenčarji, prilagojeni življenju v jami. Številne od teh živali imajo zelo omejeno razširjenost. Jamarska dejavnost lahko negativno vpliva na jamske živali bodisi neposredno, kot v primeru majhnih nevretenčarjev, ki jih poškodujejo ali prestavijo ljudje, ki hodijo po jami, bodisi posredno, kot v primeru vnosa patogenov in hranil oz. s spremembami habitata. Posledice takšnih vplivov na biotsko raznovrstnost bomo najverjetneje lahko v celoti razumeli šele po ustreznih raziskavah. Morebitne ohranitvene strategije vključujejo načrte za ohranjanje vrst; informativne izdelke za ozaveščanje o jamarskih praksah z minimalnim vplivom za zaščito favne; obnovo habitatov in omejen dostop do kritičnih habitatov s pomočjo razdelitve jame na cone. Nekatere jame so srednje- ali nizkoenergijska okolja, ki prejmejo majhen vnos energije v človeškem časovnem okviru. Vstop enega samega jamarja v takšne jame lahko spremeni energijsko ravnovesje, saj vpliva na temperaturo, svetlobo in hranila v njih. En dejavnik, ki je postal očitni šele v 90. letih 20. stoletja, je potencialni vnos mikroflore in mikrofavne prek jamarjev. Učinki obiskovalcev na jame so načeloma kumulativni in najverjetneje sinergijski.

V nasprotju z obremenitvami površinskih krajev se lahko sledovi ali učinki človeških dejavnosti v srednje- ali nizkoenergijskih podzemnih okoljih ohranijo na stotine ali celo tisoče let. Na primer v jami Chauvet v Franciji so na površini sedimenta odkrili stopinjo, ki naj bi bila kromanjonska in stara do 48.000 let. Še posebej zaskrbljujoč je sindrom belega nosu (White-nose syndrome oz. WNS), hudo nalezljiva glivična bolezen, ki je pobila milijone jamskih netopirjev v Severni Ameriki in drugod vse od prvega primera leta 2006. Povzroča jo gliva *Pseudogymnoascus destructans*, ki je bila prepoznana na netopirjih v Evropi in na Kitajskem, vendar tam ne povzroča upada populacije. Ker ima raje visoko vlažnost, uspeva na jamskih netopirjih med hibernacijo in jim škoduje. Vidni simptomi vključujejo bele lise na netopirjevem nosu in bele lise na trupu ter krilih. Pogosto je smrtonosna. Gliva je bila v Severni Ameriki prvič najdena v turistični jami, kar nakazuje, da jo je na čevljih prinesel turist iz druge države. Ljudje lahko prenašajo glivo iz ene jame v drugo, saj jo lahko nevede prenašajo na čevljih, oblačilih ali jamarski opre. Tudi turisti, ki obiskujejo turistične jame, lahko razširjajo to bolezen. Postaje za dekontaminacijo obutve so bile postavljene v nekaterih turističnih jamah, npr. v jami Mammoth v zvezni državi Kentucky, in so v splošni rabi med rekreativnimi jamarji v Združenih državah Amerike in nekaterih drugih državah. Postopke za dekontaminacijo jamarskih oblačil in opreme je predlagala ekipa WNS za dekontaminacijo oz. WNS Decontamination Team (glejte [Spletni viri](#)). Čeprav so ti postopki odgovor na specifičen problem, jih priporočamo vsem jamarjem, še posebej tistim, ki obiskujejo zavarovana območja. Vendar se WNS večinoma prenaša z netopirja na netopirja. Številne

vrste netopirjev so družabni sesalci, ki se selijo iz poletnih prehranjevalnih območij v kotišča, nato pa do zimskih prenočišč. Glivo najdemo tako na netopirjih kot na sedimentih v jamskem okolju.

Poleg tega, da lahko jamarji nehote vplivajo na jamsko mikrobiologijo, v nekaterih delih sveta vstop v jame predstavlja potencialno zdravstveno tveganje. Najbolj razširjeno in znano tveganje predstavlja histoplazmoza, okužba, ki jo povzroči vdihovanje trosov glive, ki jo pogosto najdemo v iztrebkih ptic in netopirjev. Netopirji lahko prenašajo tudi druge bolezni in zato morajo z njimi rokovati le izkušeni posamezniki, ki izvajajo odobrene raziskave. Zdravstvena tveganja morajo biti navedena v oceni tveganja za posamezno jamo.

Postopki za dekontaminacijo jamarskih oblačil in opreme

Za predmete, ki se jih sme potopiti v vodo:

- Temeljito očistite jamarsko opremo, da odstranite vso zemljo in umazanijo.
- Potopite v vročo vodo in najmanj 20 minut ohranjajte temperaturo nad 55 °C.

Za predmete, ki se jih ne sme potopiti v vodo:

- Razkužite jih z uporabo pršila s 6% vodikovega peroksida ali z razkužilnimi robčki z izopropanolom.
- Škornje je treba skrtačiti, da odstranite vso blato in umazanijo, nato pa sterilizirati, kot je opisano zgoraj.

Opreme, ki ste jo uporabljali v potencialno okuženih jamah in je ne morete dekontaminirati, NE smete odnesti v druge jame ali v jame v drugih državah. Nekatera zavarovana območja ne dovolijo vnosa opreme, ki je bila v potencialno okuženih jamah, čeprav je dekontaminirana.

Naključni uporabniki jam

V 21. stoletju narašča povpraševanje po 'avanturah', zaradi česar se nekatere jame uporabljajo pri tekaških dogodkih, obstajajo pa tudi primeri uporabe motoriziranih vozil v jamah. Tekiški dogodki, ki se odvijajo v turističnih jamah in uporabljajo obstoječo infrastrukturo, najverjetneje ne bodo imeli bistveno večjega vpliva, kot je za te jame običajen. Enako velja za tek po stezah skozi reliktno jame, ki tvorijo naravne oboke. Vendar pa za takšne vrste dogodkov ali za druge tekmovalne oz. športne dogodke ne bi smela biti dovoljena uporaba divjih jam, saj se je nemogoče izogniti poškodovanju geološke dediščine in ekosistemov. Podobni pomisleki veljajo za rabo vozil na električni pogon v podzemlju kljub dolgi tradiciji njihove rabe v nekaterih turističnih jamah, saj je popolnoma neprimerno, da spustimo motorizirana vozila v divje jame, ker bo to zagotovo povzročilo škodo.

Smernice

- (12) *Popis jam je zaželen kot podlaga za njihovo upravljanje. Pojavi posebnega pomena v posamezni jami naj bodo označeni na zemljevidu.*
- (13) *Zaželena je ocena tveganja, ki naj obsega skupine jam, posamezne jame ali odseke znotraj jame, kakor je primerno za posamezno lokacijo. Ocena naj obsega tako tveganja za človeške raziskovalce kot tveganja, ki jih raziskovalci predstavljajo jami. Oceniti bi morali ranljivost posamezne vrste pojava, da olajšamo identifikacijo jam ali con znotraj jam, ki so primerne za določeno vrsto rabe.*
- (14) *K upravljanju vplivov jamarstva je najbolje pristopiti s pomočjo strateškega načrtovanja in vključevanja deležnikov. Ustrezen pristop bo najverjetneje zahteval kombinacijo pobud, med katerimi bo politika dostopa vedno igrala ključno vlogo.*
- (15) *Vsak inštruktor avanturističnega jamarstva mora dokazati, da je opravil ustrezno usposabljanje na področju varnosti in ohranjanja jam.*
- (16) *Vsi jamarji bi morali biti seznanjeni s kodeksom jamarstva z minimalnim vplivom (minimal impact caving code oz. MICC) in mu slediti. Če za zavarovano območje ne velja noben nacionalni ali regionalni MICC, potem je treba oblikovati specifični kodeks na podlagi objavljenih kodeksov.*
- (17) *Izkopavanja, prve odprave in raziskave v jamah znotraj zavarovanih območij morajo biti nadzorovana bodisi prek specifičnih pogodb ali prek dovolilnic.*

- (18) *Upravljavcem zavarovanih območij svetujemo, da pripravijo načrt ukrepov za primer jamarske nesreče v njihovem območju. Načrt naj pripravijo v sodelovanju z regionalnim ali nacionalnim jamarskim organom in z državnimi organi, pristojnimi za ukrepanje ob nesrečah in nujnih primerih, ter vključijo smernice za minimiziranje vpliva reševanja na jamo in na površje.*
- (19) *Popolnoma neprimerno je, da spustimo motorizirana prevozna sredstva v divje jame, takšnih jam pa prav tako ne smemo uporabiti pri tekaških dogodkih ali drugih vrstah športnih dogodkov.*

Turistične jame

Uvod

V tem dokumentu uporabljamo izraz turistična jama za jamo, v katero lahko vstopa javnost ob plačilu vstopnine. Nekatere od teh jam so v lasti ali pod vodstvom zveznih, državnih oz. lokalnih oblasti. Nekatere turistične jame v lasti vlade upravljajo koncesionarji, številne druge pa so v zasebni lasti. V večini zavarovanih območij se nahaja le malo turističnih jam, preostale lokacije pa se uporabljajo za avanturistično ali rekreativno jamarstvo (glejte [Rekreativno in avanturistično jamarstvo](#)). Jame, uporabljene v verske namene, npr. kot svetišča ali cerkve, lahko štejemo za posebno vrsto turističnih jam. Povezava med jamami in verskimi praksami (vključno s šamanizmom) je običajna v številnih religijah, nekatere jame pa so bile pretvorjene v božje hrame. Takšne jame so pogoste v katoliških in budističnih državah, obišče pa jih veliko obiskovalcev, vključno s turisti in ljudmi, ki želijo moliti ali častiti (glejte [Pomen krasa in jam](#)). Takšne jame so različno prilagojene, vse od preprostih zatočišč ali duplin z verskimi podobami do velikih kapel. Nekatere jame se uporabljajo kot cerkve in imajo sedišča, oltarje in relikvije ter redne maše in lastnega duhovnika. Jame, ki se uporabljajo v verskih praksah, običajno upravljajo verske oblasti, ki le redko razmišljajo o tem, kako njihova uporaba vpliva na jamsko okolje. Zato preostanek tega poglavja obravnava le rabo jam v neverške namene, čeprav ta načela lahko veljajo tudi za jame, uporabljene v verske namene.

Mednarodno združenje turističnih jam (International Show Caves Association oz. ISCA) je pripravilo 'Priporočene mednarodne smernice za razvoj in upravljanje turističnih jam' v sodelovanju z IUCN in UIS (glejte [Spletni viri](#)). Namen teh priporočil je usmerjati glede najboljših praks za razvoj in upravljanje turističnih jam, ne glede na to, kje na svetu se nahajajo. Namen Priporočenih mednarodnih smernic ni ustvarjanje strogih pravil ali da se jih razlaga kot zakone. So smernice za strokovni pristop k razvoju in upravljanju jam. Veliko turističnih jam obratuje že desetletja, nekatere pa celo stoletja. V svojih smernicah združenje ISCA priznava, da bo obstoječim turističnim jamam morda težko ali celo nemogoče delovati v skladu z vsemi Priporočenimi mednarodnimi smernicami. V takšnih primerih smernice ISCA nudijo primere najboljših praks in standardov, katerim se lahko postopoma približujejo.

Priporočene mednarodne smernice naj bodo uporabljene kot glavni vir za najboljše prakse razvoja in upravljanja turističnih jam, upošteva pa naj se najnovejšo izdajo, ki vsebuje nove informacije in spoznanja. To je še posebej pomembno v zavarovanih območjih, kjer bi morale biti turistične jame vodene v skladu z najvišjimi standardi in dajati zgled turističnim jamam, ki obratujejo izven zavarovanih območij. Kadar je treba zamenjati infrastrukturo, je treba najprej presoditi, kaj bi bilo najbolje za jamsko okolje, ne pa je samo zamenjati z enakim objektom.



Velika soba (Big Room) na turistični stezi skozi jamo Carlsbad Cavern, Nova Mehika, ZDA. To je edina turistična jama v Narodnem parku in območju svetovne dediščine Carlsbad Caverns. V parku je sicer še veliko drugih jam – nekatere od njih so na voljo za avanturistično jamarstvo, medtem ko lahko v nekatere vstopajo le znanstveniki in posamezniki z dovolilnicami. Fotografija: Csaba Egri.

Splošna pravila nikoli ne morejo biti uporabna v vseh situacijah. Za nekatere jame po svetu so morda značilni nenavadni parametri, kjer razumljivo ne bi mogli uporabiti nekaterih delov teh smernic brez hudih težav. Pričujoče smernice in Priporočene mednarodne smernice ISCA predstavljajo cilje, h katerim naj stremijo turistične jame v okviru svojih okoliščin in ekonomske sposobnosti. Poleg tega obstajajo številna nacionalna združenja na področju upravljanja turističnih jam, npr. Združenje britanskih in irskih turističnih jam (Association of British and Irish Show Caves oz. ABIS), Avstralazijsko združenje za upravljanje jam in krasa (Australasian Cave and Karst Management Association Inc. oz. ACKMA), Francosko nacionalno združenje upravljalcev jam, razvitih za turizem (Association Nationale des Exploitants de Cavernes Amenagées pour le Tourisme oz. ANECAT) in Nacionalno združenje jam ZDA (USA National Caves Association oz. NCA), ki delijo najboljše prakse za razvoj in upravljanje turističnih jam s člani in stanovskimi kolegi. Naše smernice dopolnjujejo smernice, ki jih je pripravilo združenje ISCA.

Pomisleki glede pretvarjanja jame v turistično jama

Tam, kjer so turistične jame že razvite, predstavljajo vstopnine in drugi prihodki, npr. od prodaje spominkov, hrane in pijače v lokalih ter dodatnih atrakcij, pogosto pomemben vir dohodka, jame pa so dragocen vir lokalne zaposlitve. V primeru groženj vandalizma in podobnega so sposobne zaščititi jamsko okolje. To predstavlja spodbudo za odprtje novih jam, zlasti v razvijajočih se državah. Preden pride do takšnega razvoja, pa bi morali izvesti temeljito študijo ekonomskega učinka in izvedljivosti predlaganega projekta ter oceno vpliva na okolje, ki upošteva posledice razvoja za biološki in geološki pomen jame. Z razvojem lahko nadaljujemo samo, če dokažemo: 1) da bomo uspešno obvladovali vplive in da imamo na voljo zadostna finančna sredstva za gradnjo, ki je v skladu z zahtevami okoljevarstva in javne varnosti; 2) da bo predvideni vir prihodkov omogočal okoljsko odgovorno in trajnostno upravljanje jame. Pomembno je, da preprečimo nedokončan razvoj, ki bi pustil jama v ranljivejšem stanju, ali pa odprtje turistične jame, ki ne privablja dovolj turistov, da bi ustvarila potrebne prihodke za nadaljnje trajnostno in odgovorno obratovanje. Odprtje jam za javnost je lahko sprejemljivo tudi, če gospodarski načrt ne napoveduje pozitivnih rezultatov, vendar gospodarski uspeh jamči država ali celo lokalno prostovoljno društvo. Dobro upravljana turistična jama običajno poskrbi za zaščito jame in predstavlja vir dohodka ter izobraževanja za lokalno gospodarstvo.

Prek turističnih jam večina javnosti prvič pride v stik s podzemnim okoljem. Zato nudijo odlično priložnost za predstavitev kulturnega, zgodovinskega in znanstvenega pomena ter krhkosti jamskega okolja. To je pomembno zlasti v zavarovanih območjih, kjer so jame običajno glavni razlog za pridobitev te oznake.



Rajska jama (Paradise Cave) je turistična jama v Narodnem parku Phong Nha-Ke Bang, Unescovem območju svetovne dediščine v Vietnamu. Fotografija: Steven Bourne.

Varnost

Varnost obiskovalcev in zaposlenih mora biti glavni cilj vsake turistične jame. To vključuje prostore nad in pod zemljo ter vse dele zemljišča. Za vozila, ki prihajajo in odhajajo, morajo biti na voljo ustrezne vozne površine in parkirišča. Dobra organizacija je ključna. Pod zemljo ni vedno mogoče slediti gradbenim predpisom. Pri načrtovanju poti skozi jamo mora biti varnost obiskovalcev poglavitna skrb. Svetla višina je še posebej pomembna v podzemlju – kjer je premajhna, morajo biti nameščena opozorila, da preprečimo poškodbe. Ograje naj bodo nameščene, kjer je to potrebno.

Pri načrtovanju varnosti je treba zagotoviti najboljši možen dostop reševalnim službam. Vzpostaviti je treba odnos z lokalnimi reševalnimi službami, da se vsi udeleženci seznanijo z omejitvami in težavami, ki nastopijo pri jamskem reševanju. Slednje običajno zahteva veliko fizičnega napora, prav tako pa lahko močno vpliva na jamsko okolje, če ustrezni načrti niso bili pripravljeni. Osebe turistične jame bi morale opraviti ustrezno usposabljanje za reševanje in prvo pomoč.

Nosilna zmogljivost obiskovanja

Nosilna zmogljivost obiskovanja turistične jame je orodje načrtovanja in upravljanja, s katerim določimo največje število obiskovalcev, ki ga lahko sprejme jama med posameznim ogledom ali v določenem časovnem obdobju. Z opredelitvijo nosilne zmogljivosti obiskovanja turistične jame vzpostavimo ravnovesje med nujenjem varnega, informativnega in prijetnega ogleda jame ter minimiziranjem vpliva na jamsko okolje ob doseganju ekonomskih ciljev. Vse te dejavnike moramo upoštevati, če želimo, da je nosilna zmogljivost obiskovanja turistične jame resnično trajnostna.

Spodnje besedilo se osredotoča na dejavnik minimiziranja vplivov na okolje. Vsak obisk turistične jame ima določen vpliv, vendar lahko minimiziramo negativne vplive in povečamo zadovoljstvo obiskovalcev s pomočjo dobrih postopkov in praks upravljanja z obiskovalci. Prvi korak je upoštevanje fizikalnih parametrov. Pretok obiskovalcev v jamo, skozi njo in iz jame naj bo urejen na učinkovit način, ki minimizira vpliv. Dejavniki, ki jih moramo upoštevati, vključujejo velikost rogov, oddaljenost od kapnikov, infrastrukturo (npr. ograje) in ali bodo obiskovalci vstopali in izstopali iz jame na različnih lokacijah, s čimer dosežemo linearni pretok obiskovalcev, ali pa bodo vstopali in izstopali na isti lokaciji. Če bodo obiskovalci hodili drug mimo drugega, naj bodo te lokacije v jami dovolj prostorne.

Drugi korak je upoštevanje okoljskih parametrov, kot so pretok zraka, kakovost zraka, temperatura, vlažnost in jamska favna. Veliko število obiskovalcev lahko v nekaterih jamah občutno poviša temperaturo zraka in koncentracijo ogljikovega dioksida. Ena

sama oseba sprošča 80–120 W toplotne energije, približno toliko kot ena žarnica z žarilno nitko. Tako lahko skupina 50 ali 60 ljudi na ogledu lokalno poviša temperaturo za 1–2 °C. Vodstvo turistične jame mora poskrbeti, da ta nihanja ostanejo znotraj razpona naravnih nihanj v jami in da se kmalu vrnejo na normalno raven pod normalnimi pogoji. Povišanje koncentracije CO₂ zaradi dihanja obiskovalcev lahko znaša od 1.500 do 5.000 ppm – v slednjem primeru nekateri ljudje že občutijo stisko. Obvladovanje ravnih ogljikovega dioksida bo v nekaterih jamah morda zahtevalo učinkovit monitoring v skladu z ustreznimi zdravstvenimi standardi. Prezračevalni jaški ali prilagoditev vrat za boljše kroženje zraka lahko v nekaterih jamah izboljša kakovost zraka, vendar morajo biti takšni ukrepi skrbno pretehtani in izvedeni na način, ki ne povzroča težav, npr. sprememb naravnega jamskega okolja.



Obiskovalci na vodenem ogledu jame Baradla Domica, ki je bila prvič odprta kot turistična jama leta 1806. Ta jamski sistem poteka pod mejo med Madžarsko in Slovaško ter je del Unescovega območja svetovne dediščine jam aggteleškega in slovaškega krasa. Ta jama je tudi del dveh ločenih Unescovih biosfernih rezervatov – Aggtelek (Madžarska) in Slovensky Kras (Slovaška) – ter dveh ločenih ramsarskih območij (sistem jame Baradla in z njim povezana mokrišča, Madžarska, ter jame Domica, Slovaška). Fotografija: Csaba Egri.

Upoštevati moramo tudi prisotnost jamske favne, kot so netopirji ali vrste, prilagojene življenju v jami, s ciljem minimiziranja vplivov na bitja, ki domujejo v jami. V predelih turistične jame, kjer gnezdijo netopirji, moramo poskrbeti, da jih obiskovalci ne motijo, še posebej, kadar hibernirajo ali se razmnožujejo.

Glede na to, da ima vsaka jama specifične fizikalne lastnosti in okoljske parametre, ne moremo uvesti enotne nosilne zmogljivosti obiskovanja za vse jame, temveč jo moramo določiti za vsako turistično jama in ogled turistične jame posebej. Veliko turističnih jam se poslužuje ekonomike kot orodja za maksimiranje izkušnje obiskovalcev in minimiziranje vpliva na okolje. En primer je sezonska podražitev vstopnine ali v obdobjih, ko naraste število obiskovalcev – temu pravimo 'variabilne cene' – s čimer zmanjšamo gnečo med obdobji intenzivnega obiska, kar lahko izboljša izkušnjo in minimizira okoljske vplive prenatrpanosti. Še en primer, kako turistične jame upoštevajo vse dejavnike pri odločanju o nosilni zmogljivosti obiskovanja, je množično obiskan praznični vikend, ko se vodstvo odloči, da ekonomske koristi pretehtajo okoljski vpliv večjega števila obiskovalcev, zaradi česar je temperatura v jami nekaj dni višja kot običajno.

Vodstvo turistične jame je odgovorno za to, da upošteva vse okoljske vplive in jih pretehta nasproti izkušnji obiskovalcev in ekonomskim dejavnikom, da lahko določi največjo nosilno zmogljivost obiskovanja za svojo turistično jama.

Dostop do turističnih jam

Ena prvih in najbolj opaznih posledic razvoja turistične jame je sprememba obstoječega vhoda (to včasih izvedemo tudi za nadzor dostopa do divje jame) ali pa gradnja novega vhoda. V številnih turističnih jamah je treba zagotoviti drugačen dostop za

obiskovalce, saj dostop do naravne jame, ki je bil uporabljan pred pretvorbo v turistično jamo, ni primeren. Takšen umeten dostop je lahko tunel ali pa nov vhod, izkopen v jamo. Kadar ustvarimo umeten vhod, lahko spremenimo kroženje zraka v jami in s tem obremenimo jamski ekosistem. Da se izognemo spremembi kroženja zraka v jami, moramo v vsak umeten vhod namestiti zračno zaporo. Šele po izvedbi posebne študije se lahko odločimo, da ne bomo namestili zračne zapore. Najbolj učinkovit sistem zračnih zapor je uporaba dvojnih vrat.

Kadar je naravni vhod v turistično jamo primeren za obiskovalce, moramo urediti ustrezen nadzor dostopa. V preteklosti je bilo običajno, da so druge vhode, skozi katere bi lahko vstopili obiskovalci in se izognili plačilu vstopnine, zasuli ali pa na njih namestili vrata. To je omejilo ali pa v celoti preprečilo vnos hranil in gibanje jamske favne, predvsem netopirjev. Pri namestitvi vrat v vhode in prehode, ki jih uporabljajo netopirji, naj bo zgornji del narejen iz vodoravnih palic s 15 cm visoko in 45–75 cm široko vmesno zračno režo. Takšne zračne reže bodo omogočile prost prehod netopirjem. Vsa nova vrata naj bodo zasnovana tako, da omogočajo prost prehod netopirjem, stara vrata pa naj bodo zamenjana z zasnovano, ki je prijazna do netopirjev. Nekatere vrste pa se bodo izogibale vsakršnim vratom in v takšnih primerih je treba poiskati alternativno rešitev, npr. ograjevanje (glejte [Spletni viri](#): vrata v jamo).

Dela na površju

Da lahko povežemo topografijo kraja s podzemno jamo, moramo imeti lokacijski načrt, ki prikazuje podrobnosti površja in podrobnosti podzemne jame. Ti podatki so ključni tako za obstoječe turistične jame kot za tiste, ki jih šele načrtujemo. Ko ugotovimo odnos med pojavi na površju in podzemnimi podrobnostmi, lahko vrednotimo dejavnike, povezane z vodo. V številnih jamah je edini dejavnik prenikanje površinske vode skozi kamnino nad jamo, ki ga ne smemo zmotiti. Poleg tega moramo skrbno preučiti tveganje vstopa površinske vode v jamo v obliki poplavne vode.

Poskrbeti moramo, da se območja s trdo površino, kot so objekti in parkirišča, ne nahajajo nad neposrednim jamskim prispevnim območjem (nad vstopno jamo in kanali, ki odteka vanjo), kjer poteka naravno pronicanje padavinske vode s površja v jamo. Če obstaja možnost poseganja v naravno prenikanje, potem moramo poiskati drugačne rešitve. Te rešitve so lahko tako preproste kot sprememba površine vodotesnega parkirišča v površino, ki omogoča prehod padavinske vode. Če se nad jamo nahajajo objekti, bi jih bilo najbolje prestaviti, če pa finančna sredstva tega ne omogočajo, pa naj bodo prestavljeni, ko se jim izteče življenjska doba. Voda, ki odteka s streh in drugih trdih površin, se ne sme zbirati, ampak naj se široko razprši. Poskrbeti moramo za pravilno odstranjevanje morebitnih odplak, ki so nastale na lokaciji, in s tem preprečiti onesnaženje podzemnega sveta.

Nagnjeni smo k temu, da umestimo objekte, ki so potrebni za obratovanje turistične jame, čim bližje vhodu v jamo. V nekaterih primerih se vhod ali izhod iz turistične jame nahaja v stavbi, ki je uporabljena tudi v druge namene, običajno kot muzej, informacijski center ali trgovina s spominki. Številne jame imajo naravno visoke koncentracije radona, radioaktivnega plina. Če dovolimo, da plin izteka iz jame v delovne prostore, bodo zaposleni izpostavljeni dozi sevanja. Zato je dobra praksa, da zagotovimo prezračevan prostor med jamskim vhodom in/ali izhodom ter zgradbo, v kateri delajo zaposleni.

Infrastruktura znotraj turistične jame

Razvoj turističnih jam običajno zahteva fizično spremembo naravnih rogov in namestitev osvetlitve, stez, ploščadi in s tem povezane infrastrukture. Pri vseh novih posegih, bodisi v obstoječih turističnih jamah ali na novih lokacijah, moramo skrbno oceniti infrastrukturne potrebe in nato skrbno zasnovati ter namestiti infrastrukturo. Seveda moramo poskrbeti za zadovoljstvo in varnost obiskovalcev, vendar bi moral biti naš cilj minimizirati spremembe ali obremenitve naravnega jamskega okolja. Cilj posegov naj bo minimizirati spremembe morfologije rogov in poškodbe sedimentov ter kapnikov. Vprašanja, povezana z jamskimi stezami in osvetlitvijo, so podrobneje obravnavana v nadaljevanju. V nekaterih velikih turističnih jamah uporabljajo mehaniziran transport za lažanje dostopa in omogočanje večjega števila turistov, kar vključuje dvigala, avtobuse in vlake. Takšne vrste transporta so sicer prijazne do obiskovalcev z omejeno mobilnostjo, vendar lahko zahtevajo velike spremembe jamskega okolja, zaradi česar morajo biti skrbno načrtovane.

Steze v turističnih jamah

Steze so bistvena komponenta, saj nudijo trpežno in varno pohodno površino ter točno določajo meje, znotraj katerih morajo ostati obiskovalci. Turistične poti skozi jamo naj bodo zasnovane tako, da minimalno vplivajo na biološke habitate znotraj jame in na kapnike. Jamske steze naj vodijo obiskovalce dovolj blizu glavnih zanimivosti, da jih lahko vidijo in fotografirajo, ne pa dovolj blizu, da se jih lahko dotaknejo ali jih poškodujejo. Jamsko sedimentno dno naj bo zaščiteno z dvignjenimi pešpotmi, kjer je le mogoče, da ohranimo njegov pomen za habitat, fosilni zapis in zgodovino sedimentov.

Ni potrebno, da so jamske steze zelo široke. Ni nujno, je pa zaželeno, da dve osebi hodita vštric. Steza za kolono po eden je primerna, vendar svetujemo, da uredite občasna širša območja, kjer se lahko skupina turistov zbere in posluša vodiča. Steze v turistični jami se lahko uporabijo za polaganje komunalnih cevovodov, vodov in kablov, bodisi pod površino steze ali poleg nje. Ti komunalni priključki naj ne bodo zabetonirani. Nadzorna stikala za razsvetljavo naj bodo zlahka dostopna s steze.

Steza mora biti sestavljena iz treh osnovnih komponent, namreč iz pohodne površine, robnikov in ograj. Zaželeno je, da imajo uporabljeni materiali čim manjši vpliv na estetiko jame in na njeno podzemno okolje.

Pohodne površine



Nahod v turistični jami Gouffre d'Esparros, Francija. Puščica kaže na mrežo, ki nudi dodatno zaščito in preprečuje, da bi sediment padel na kapnike spodaj. Fotografija: John Gunn.

Materiali, uporabljeni za pohodne površine, ne smejo biti strupeni za jamsko okolje. Priljubljen material za pohodne površine je že od nekdaj beton, kar velja zlasti za apnenčaste jame. Beton je snov, ki je najbolj sorodna kamnini, iz katere je narejena jama. Beton se uporablja tudi tam, kjer ne morejo urediti nahodov. Prednosti betona sta, da se estetsko zliva z jamo in da je trpežen, njegove slabosti pa vključujejo veliko težo, potencialni nered med mešanjem in vlivanjem ter zahtevno odstranjevanje. Obstajajo tudi dokazi, da imajo lahko izcedne vode iz betona škodljive biološke učinke. Beton z nizko gostoto je lahko narejen iz perlita, plovca ali mehurjaste lave in ima določene prednosti, npr. manjša teža ob ohranjanju zadovoljive nosilnosti steze. Mreže iz nerjavnega jekla postajajo vedno bolj priljubljen material pri gradnji stez. Opazna slabost nerjavnega jekla je, da je drago in zahteva posebne tehnike sestavljanja ter namestitve. Še en priljubljen material za jamske steze so plastične mreže, ojačane s steklenimi vlakni in z nerjavnimi pritrdilnimi elementi, ki niso tako drage ali težke kot nerjavno jeklo.

Prednosti dvignjenih pohodnih površin, zgrajenih iz nerjavnega jekla, plastike, ojačane s steklenimi vlakni, ali iz drugega primerne materiala za mreže, so dolga življenjska doba, nezahtevno vzdrževanje, manjši vpliv na jamska tla in relativno enostavna odstranitev, kar pomeni, da lahko skoraj v celoti povrnemo jamo v njeno naravno stanje. Vendar pa skozi mreže (rešetke) vseh vrst lahko padejo kosmi, smeti, zemlja, blato in majhni predmeti na tla jame. Če mreže niso ustrezno zasnovane, jih je zelo težko odstraniti in očistiti jamska tla pod njimi.

Robniki

Robniki imajo več namenov. Prvi je, da omejujejo hojo obiskovalcev, s čimer zaščitijo jamske pojave onkraj steze. Drugi je, da je zunanja stran robnikov, obrnjena proč od steze, priročna za namestitev komunalnih vodov, cevi in kablov. Robniki lahko tudi zadržijo kosme in druge odpadke od obiskovalcev.

Ograje

Ograje nudijo stabilnost in oporo obiskovalcem, hkrati pa jim preprečujejo, da bi zašli s steze na občutljiva ali nevarna območja. Priljubljen material za izdelavo ograj v turističnih jamah je nerjavno jeklo. Prednosti tega materiala so, da zahteva malo ali celo nič vzdrževanja, da se ga lahko sestavi in zvari v jami ter da se ga lahko uporabi kot cev za dotok sveže vode v jamo. Slabosti tega materiala so visoki stroški in lesk, saj ni estetsko privlačen. Uporaba jeklenic iz nerjavnega jekla namesto vmesnih pokončnih opornikov ali drogov, nameščenih pod držajem, lahko občutno zmanjša vizualni učinek jekla. K temu pripomorejo tudi zaobljeni vogali namesto ostrih. Plastične ograje, ojačane s steklenimi vlakni in z nerjavnimi pritrdilnimi elementi, so vedno bolj priljubljene, saj nudijo učinkovito in stroškovno ugodnejšo rešitev.

Čeprav je infrastruktura (npr. steze) namenjena varnemu dostopu obiskovalcev in zaščiti jame pred njihovim vplivom, pa lahko sama namestitvev infrastrukture močno vpliva na jamo, če ni izvedena pazljivo. Opraviti je treba oceno vpliva na okolje in pripraviti načrt okoljskih blažilnih ukrepov in upravljanja pred začetkom gradbenih del. Izvajanje tega načrta moramo spremljati, da minimiziramo poškodbe jamskih virov med gradnjo.

Jamska razsvetljava

V idealnem primeru bi bilo energijsko ravnovesje turistične jame v okviru naravnih variacij (pred posegi). Električna razsvetljava sprošča tako svetlobo kot toploto, zaradi česar morajo biti vse luči visoko učinkovite in proizvajati čim manj toplote. Številne turistične jame so nadomestile starejše sisteme razsvetljave z moderno, visoko učinkovito razsvetljavo s svetlečimi diodami (LED) z nizkonapetostnim napajanjem. Takšno razsvetljavo bi morali uporabiti pri vseh novih posegih in pri nadgradnjah jamske razsvetljave.

V turističnih jamah, kjer se obiskovalci premikajo v skupinah, bi bilo koristno razdeliti ogled na cone, v katerih bi vodič prižgal in ugašal luči. S tem osvetlimo le tisti del(e) jame, kjer se nahajajo obiskovalci. Tako zmanjšamo segrevanje jamskega okolja, preprečujemo razrast lampenflore in zmanjšamo potrebno količino energije ter finančne stroške. V turističnih jamah, po katerih obiskovalci hodijo samostojno, lahko povežemo razsvetljavo s senzorji gibanja in časovniki. Električni sistem naj bo nameščen v varnih, dobro uravnoteženih vezjih.

V primeru izpada električnega omrežja mora biti na voljo zasilna razsvetljava. Ta naj bo vedno na voljo, bodisi v obliki neprekinitvenega napajanja ali sistema zasilne razsvetljave z neodvisnim virom napajanja. Morda so v veljavi lokalni predpisi, ki dovoljujejo baterijske svetilke ali podobne naprave.

Pomemben dejavnik pri vsaki shemi razsvetljave je, kam namestiti svetilke, žice in električne omarice, da minimiziramo vizualni učinek in poškodbe jame. Lampenflora je pogosta posledica uvedbe umetne razsvetljave v jamo. Številne vrste alg in druge višje razvite rastline se lahko razrastejo zaradi uvedbe umetne svetlobe. Emisijski spekter razsvetljave naj ima čim manjši učinek na absorpcijski spekter klorofila, s čimer minimiziramo rast lampenflore. Drug način preprečevanja rasti lampenflore je, da zmanjšamo raven energije, ki doseže površino, na kateri lahko uspevajo rastline. Varna razdalja med svetilko in površino jame je odvisna od jakosti svetilke. Okvirna varna razdalja je en meter. Svetloba naj bo skrbno usmerjena na pojav, ki ga želimo osvetliti, izogibati pa se moramo razpršitvi svetlobe na okolico ali v oči obiskovalcev – zakrivanje svetilk je v tem primeru zelo priročno. V preteklosti so tople svetilke, nameščene preblizu kapnikov ali jamskih poslikav, povzročile veliko škode. Danes to ni več takšen problem, če uporabimo hladne svetleče diode.

Zasnova razsvetljave, ki se izogiba pretirani osvetlitvi, ne samo minimizira vplive na jamsko okolje, temveč tudi izboljša izkušnjo obiskovalcev z namerno rabo teme in zaporedno osvetlitvijo izbranih jamskih pojavov. Pri zasnovi razsvetljave turistične jame moramo imeti v mislih dve pomembni načeli: dostop in vzdušje. Razsvetljava za zagotavljanje dostopa naj bo na minimalni ravni, ki še omogoča varno gibanje vseh obiskovalcev jame. Z učinkovito razsvetljavo lahko ustvarimo varen dostop do neznanega okolja, nekakšno domačnost, ki sprošča obiskovalce. To lahko dosežemo z uporabo cevnih svetilk s svetlečimi diodami, 12-voltnimi stropnimi svetilkami ali drugo nizkoenergijsko tehnologijo. Namestimo jih lahko na ograje ali robove stez, potrebne pretvornike ali akumulatorje pa dobro skrijemo. Na splošno naj bodo vsa svetila in kabli dobro skrita pred obiskovalci, toda dostopna za vzdrževalna dela brez povzročanja dodatne škode jami in njeni vsebini. Zmanjšana poraba energije zmanjša emisije CO₂, poleg tega pa manjše zahteve po energiji omogočajo tudi uporabo lokalnega neprekinitvenega napajanja v primeru izpada električne energije. Takšno napajanje tudi proizvaja manj toplote. Danes je na voljo veliko takšnih tehnologij, ki pa naj bodo uporabljene kot orodja za doseg cilja, ne pa same sebi namen.

Razsvetljava v estetske namene naj temelji na osnovni filozofiji, npr. poudarjanje raziskovanja, razvoja ali zgodovine jame. Kjer je to mogoče, naj bo razsvetljava zaporedna, pri čemer vodimo obiskovalce od enega prostora do drugega, kar po možnosti stopnjujemo do osvetlitve celotne dvorane. V temnem okolju ima vsakršna svetloba dramatičen učinek, zelo oddaljen vir svetlobe

pa lahko včasih okrepi iluzijo globine in skrivnostnosti. Osvetlitev vodnih elementov je lahko zelo učinkovita in estetsko privlačna za obiskovalce. V nekaterih turističnih jamah uporabljajo barvno svetlobo za poudarjanje določenih elementov, medtem ko druge uporabljajo nevtralno ali hladno svetlobo za poudarjanje naravnih barv v jami, nič od tega pa nima velikega vpliva na jamsko okolje. Nekaterne turistične jame imajo svetlobne predstave, usklajene s skladbami, da izboljšajo izkušnjo obiskovalcev, kar pa nima negativnega vpliva na jamsko okolje.

Čiščenje jam

V številnih turističnih jamah redno čistijo steze in včasih tudi kapnike zaradi nakopičenega prahu, kosmov, naplavljenih sedimentov, gliv in alg (lampenflore). Številni pristopi so bili preizkušeni, najpogosteje uporabljena metoda pa so curki vode pod pritiskom, čeprav so v nekaterih primerih preizkusili tudi drgnjenje, uporabo površinsko aktivnih snovi in čiščenje s paro. Za vse te metode lahko pričakujemo določen vpliv na površino kapnikov, ki jih čistimo. Pri uporabi vodnih curkov pod pritiskom naj izvajalci omejijo število in pogostost spiranj ter čim manjkrat izpostavijo kalcitno površino curku.

Lampenflora je zloglasna nadloga turističnih jam in trdovraten problem. V želji, da bi se znebili kontaminantnih organizmov, kot so alge, bi najraje uporabili močna čistilna sredstva, npr. belilo s klorom. Žal pa uporaba kemikalij, vključno z belilom s klorom, ne deluje na dolgi rok, saj se bo pod pravimi pogoji lampenflora ponovno razrasla. Edini način, da minimiziramo rast alg je, da nadzorujemo razvoj lampenflore z zmanjšanjem količine svetlobe in toplote, ne pa z občasnim kemičnim čiščenjem, ki zaustavi rast le za kratek čas.

Ko pa se lampenflora namnoži, jo *moramo* uničiti s kemičnimi spojinami. Pri tem pa nikoli ne smemo uporabiti herbicidov, saj so preveč strupeni za jamsko okolje. Čeprav so herbicidi pogosto uporabljeni v kmetijstvu, se jim moramo izogibati, saj se razgrajujejo počasi, njihova toksičnost pa lahko močno poškoduje jamsko favno. Uporabo močnih belil za zmanjšanje ali odstranitev lampenflore je preučil Cigna (2011). Dve najpogosteje uporabljeni kemikaliji sta natrijev hipoklorit (5-odstotna vsebnost v belilu s klorom) in vodikov peroksid (15-odstotna vsebnost). Natrijev hipoklorit je sicer učinkovito čistilno sredstvo, vendar izloča klor v jamsko okolje, ki je strupen za jamska bitja, čeprav se hitro razbline. Vodikov peroksid ima prav tako lahko nezaželene biološke učinke na sedimente, bogate z železom. Nova raziskava iz ZDA (Kieft idr., 2021) je pokazala, da ne smemo uporabljati belila in vodikovega peroksida zaradi toksičnosti belila in ker vodikov peroksid razgrajuje kapnike. Benzalkonijev klorid je učinkovit nestrupen biocid, ki odstranjuje lampenfloro, če ga uporabimo v 1- do 10-odstotni koncentraciji. Avtorji raziskave priporočajo tudi uporabo protibakterijske ultravijolične svetlobe (UV-C). Ne glede na to, katero sredstvo je bilo uporabljeno, po čiščenju priporočamo temeljito spiranje površin, najbolje z uporabo jamske vode in ne klorirane vode iz javnega vodovoda. Letno čiščenje je verjetno najbolj primerno, vseeno pa lahko nekaterim lokacijam koristi pogostejše čiščenje zgolj z uporabo jamske vode.

Novi materiali

Novi materiali se nenehno razvijajo in nekateri od njih imajo dober, če ne celo odličen potencial za rabo v jamah. Čeprav so se nekateri novi materiali izkazali za odlične, se nekateri drugi niso, npr. kompozitni les, saj škodljivo vplivajo na jamo. Obstaja veliko vrst kompozitnega materiala, izogibati pa se moramo tistim z lesnimi vlakni, saj lahko podpirajo razmnoževanje bakterij, alg in plesni. Skrbno preglejte specifikacije vseh kompozitnih materialov, da se prepričate, da material ne vsebuje lesnih ali papirnih izdelkov. Če načrtujete rabo kompozitnega materiala v jami, ga uporabite šele po tem, ko predlagano vrsto kompozitnega materiala temeljito preizkusite v jamskem okolju, v katerem naj bi bil uporabljen. Nerjavno jeklo se je izkazalo za odličen material za rabo v jamah. Toda nerjavno jeklo je na voljo v različnih čistostih in kakovostih. Največji strošek pri uporabi nerjavnega jekla predstavlja iskanje prave vrste za predvideno uporabo. Za uporabo v jami priporočamo nerjavno jeklo višje čistosti. Razvite so bile nove vrste plastike, ki imajo velik potencial za uporabo v jamah. Velika prednost teh novih vrst plastike je, da so lahke, njihove mehanske lastnosti so zelo podobne jeklu in zlahka se jih obdeluje s preprostimi orodji. Plastični deli so spojeni z vijaki iz nerjavnega jekla, zaradi česar lahko v prihodnje enostavno posodobite obliko. Steze lahko zgradimo iz pultruzije – plastike, proizvedene z vlečenjem s smolo prevlečenih steklenih vlaken skozi segret utop. Takšne steze so pogosto posute s peskom za boljši oprijem, vendar se lahko hitro obrabijo v primeru velikega števila obiskovalcev. Tudi ograje so lahko narejene iz plastike, ojačane s steklenimi vlakni.

Materiali, ki načeloma ne sodijo v turistično jamo

Ko razmišljamo o tem, kateri materiali ne sodijo v turistično jamo, se moramo zavedati, da so številni od spodaj navedenih materialov v preteklosti veljali za primerne. Zaradi tega bi verjetno le s težavo našli obstoječo turistično jamo, ki ne vsebuje vsaj enega od materialov, ki danes veljajo za nezaželene. Jame, ki se šele razvijajo v turistične jame, naj se izogonejo uporabi vseh materialov, ki danes veljajo za nezaželene in so opisani v nadaljevanju.

Pocinkane kovine

V prejšnjih desetletjih je bilo pocinkano jeklo priljubljen material za ograje, stopnice in ploščadi v turističnih jamah. Vendar pa cink iz pocinkanih materialov zlahka oksidira in se izloča v jamsko okolje. Izločanje pocinkanih premazov lahko škodljivo vpliva zlasti na občutljive jamske nevretenčarje in odlaganje kalcita. Če je v obstoječi turistični jami uporabljeno pocinkano jeklo, bi morali pripraviti načrt za zamenjavo z drugim materialom.

Neenake kovine

Uporaba neenakih kovin, kot so različne čistosti aluminija, bo vedno povzročila korozijo, kadar bodo prišle v stik druga z drugo v vlažnem okolju. Najboljša rešitev je, da ne uporabite neenakih kovin, ki se stikajo. Druga rešitev je, da ločite materiale med seboj npr. z uporabo neoprenskih ali najlonskih tesnil, vendar to lahko samo odloži neizogibno, če se bo voda razširila prek pregrade. Odsvetujemo uporabo žrtvenih anod, saj bodo proizvedle kemično spojino, ki lahko škodljivo vpliva na jamo.

Barvne kovine

Tudi številne barvne kovine so bile včasih uporabljane v jamah. Najbolj pogosta je bila baker in njegove zlitine, ki so povzročile številne zelene madeže v jamah.

Železo in jeklo

Neobdelano železo in jeklo je nagnjeno k rjavenju. Celotne oblike plavljenega jekla, ki vsebujejo majhen odstotek ogljika, so dovzetne za oksidacijo (rjavenje). Zato se surovega jekla in železa ne sme uporabljati v turističnih jamah, saj bodo gotovo nastali rjasti madeži.

Bitumen (asfalt)

Bitumen (asfalt) je črna viskozna zmes ogljikovodikovih spojin, pridobljena iz nafte. Iz bitumna se lahko izločajo snovi, ki so strupene za bioto in lahko ovirajo odlaganje kalcita. Če se v obstoječi turistični jami nahaja bitumen, bi morali pripraviti načrt za njegovo čimprejšnjo odstranitev. Bitumen ne sme biti uporabljen v jami, ki se razvija v turistično jamo.

Les

Les je bil dolga stoletja priljubljen material za gradnjo in izdelavo predmetov, npr. pohištvo. Zato je popolnoma razumljivo, da so les uporabili tudi na začetku razvoja turističnih jam. Na žalost pa ima les relativno kratko življenjsko dobo, saj kmalu začne trohneti. To se nanaša na les, obdelan s kreozotom, in na les, obdelan pod pritiskom. Jamsko okolje je na splošno izolirano, zaradi česar bo

vnos energije iz zunanjega okolja spremenil ravnovesje v jami. To ne velja tam, kjer teče skozi jamo reka oz. potok ali kjer je iz nekega razloga prisotna visoka vsebnost organskih snovi.

Kadar les razpade in trohni v jamskem okolju, lahko ta trohneči les postane del prehranjevalne verige. Trohneči les lahko omogoči razmnoževanje gliv ali bakterij ter celo predstavlja tveganje za invazijo eksotičnih vrst, ki lahko izpodrinejo avtohtone jamske vrste. Če so opaži, odri ali podobne začasne strukture narejene iz kakršnega koli lesa, naj se ga ne obdeluje v jami, če je le mogoče. Po dokončanem delu naj se ga pazljivo odstrani, vključno z morebitnimi ostružki ali trskami, ki so nastali med delom ali pri razstavljanju konstrukcije. Če moramo iz jame odstraniti trohneči les, pazimo, da ne razpade med transportom, saj bi tako povzročil nenaraven dotok hranil. Celo majhni delci trohnečega lesa lahko povzročijo drastičen porast števila jamskih živali, ki pa jih je treba odstraniti iz lesa, preden les odstranimo iz jame.

Če se v obstoječi turistični jami nahaja les, bi morali pripraviti načrt za zamenjavo z drugim materialom, v kolikor to dovoljuje finančno stanje in kjer bi vnos lesa občutno spremenil naravno okolje. Časovni okvir takšnega načrta naj se ujema s pričakovano življenjsko dobo lesa in situ. Pri razvoju nove turistične jame naj bodo izbrani drugi materiali namesto lesa. Le v ledenih jamah so okoljski pogoji združljivi z lesom, ki je pogosto uporabljen pri gradnji stez in ograj, saj ni spolzek in se ga lahko zlahka obdeluje pod lediščem.

Monitoring

Redno je treba izvajati osnovni monitoring jamske klime in pripraviti uradni urnik monitoringa. Spremljamo lahko temperaturo zraka, vlažnost, radon (če je koncentracija blizu zakonsko predpisane ravni ali nad njo) in temperaturo vode (kadar je to primerno). Vključiti moramo tudi monitoring ogljikovega dioksida, če so njegove koncentracije občutno višje od naravnih nihanj. Spremljamo lahko tudi pretok zraka v jamo in iz nje. Ko izbiramo znanstvenike, ki bodo izvajali raziskave v jami, je zelo pomembno, da vključimo le takšne, ki imajo veliko izkušenj z jamskimi okolji. Številni sicer kompetentni znanstveniki morda niso v celoti seznanjeni z jamskimi okolji. Če bodo napačno svetovali vodstvu jame, lahko s tem ogrozijo jamsko okolje. Speleologija je visoko specializirano področje.

Upravljalci turističnih jam

Upravljalci turističnih jam morajo biti usposobljeni za vodenje poslovanja turistične jame in za okoljevarstvo. Upravljalci turističnih jam ne smejo pozabiti, da je jama »kokoš, ki nese zlata jajca« in da jo morajo skrbno ohranjati.

Vodiči po turističnih jamah

Vodiči imajo zelo pomembno vlogo v turističnih jamah, saj predstavljajo vez med jamo in obiskovalcem. Zelo pomembno je, da so vodiči ustrezno usposobljeni. Vodstvo turistične jame naj pripravi priročnik za vodiče, napisan posebej za vodenje po tej jami. Vodiči morajo biti usposobljeni na področju skupinske dinamike in lastnosti jame, vključno z njeno geologijo, biologijo, paleontologijo in kulturnim ter zgodovinskim pomenom, in glede učinkovitega predstavljanja teh lastnosti obiskovalcem na poučen in zabaven način. Vodiči po turističnih jamah imajo odlično priložnost, da navdihnejo obiskovalce, da postanejo zagovorniki naših jam in kraških pokrajin. Odgovorni so tudi za varnost obiskovalcev in zaščito jam.

Razlaga

Namen razlage je, da obiskovalcem predstavimo jamo in njeno naravno ter kulturno dediščino, da bi boljše cenili in razumeli svoje jamsko doživetje. Drugi vidik razlage je učinkovito sporočanje pravil in predpisov za zaščito jamskih virov in za varnost obiskovalcev ter osebja. Obiskovalcem je treba na razumljiv način prikazati in povedati, kaj smejo in česa ne smejo početi, da bodo razumeli pomembnost teh pravil in, vsaj upamo, prostovoljno delovali v skladu z njimi. V jamah, kjer obiskovalci vstopajo v skupinah v spremstvu vodiča ali posamezno, pri čemer jih opazujejo vodiči na posameznih postajah v jami, naj bodo vodiči ustrezno usposobljeni za zagotavljanje upoštevanja pravil in predpisov za zaščito jam in varnost obiskovalcev.

Obiskovalčevo jamsko doživetje oblikujejo številni dejavniki, ki so prisotni pred, med in po obisku. Od teh dejavnikov so ozaveščenost, pričakovanje, sprejem (prihod) in spominjanje morda pomembnejši od dejanske izkušnje v jami, dolgoročno pa spomini posamezniku verjetno pomenijo največ. Spremljanje obiskovalčeve izkušnje mora biti zasnovano tako, da vrednoti te dejavnike.

Nekaj osnovnih načel pri oblikovanju obiskovalčeve izkušnje:

- Informacije, ki so na voljo javnosti, bodisi na spletu ali na kraju samem, naj bodo točne in ne zavajajo. Če so te informacije na voljo že pred obiskom, lahko zmanjšamo možnost neželene vedenja in povečamo pričakovanje.
- Poskrbite, da je vhod v jamo čim lepše urejen.
- V jamah, ki nudijo vodene ogledе, naj bo vsak ogled prilagojen primernemu številu obiskovalcev in primerne dolžine, vodi pa naj ga razgledan vodič, ki poskuša razviti (dober) odnos z obiskovalci.
- Specifične kulturne potrebe in zanimanja vseh obiskovalcev moramo prepoznati in zadovoljiti.



Ena od štirih interaktivnih postaj, ki nudi multimedijske informacije v nemškem in angleškem jeziku, jama Wendelstein, Nemčija. Fotografija: Peter Hofmann.

Priporočamo, da vsaka turistična jama pripravi določeno temo ali teme za uporabo na ogledih in v promocijskem gradivu na internetu, iz katerih lahko razvije tudi izobraževalni program. Čeprav lahko priprava takšnih tem predstavlja določene izzive vodičem in upravljavcem, pa lahko obiskovalcem osmisli jamsko izkušnjo in poveča zadovoljstvo zaposlenih. V preteklosti je večino jamskih ogledov vodil vodič, v 21. stoletju pa je opazen premik k samostojnim ogledom, ki dopuščajo obiskovalcem, da se premikajo po jami z lastnim tempom. V nekaterih primerih je ta premik k samostojnim ogledom rezultat želje po zmanjšanju stroškov z zmanjšanjem števila zaposlenih vodičev, na voljo pa je tudi model, kjer so vodiči prisotni na določenih lokacijah v jami, da zagotovijo varnost, preprečijo škodo in nudijo dodatno razlago, kjer je to potrebno. Ta model je še posebej primeren tam, kjer so lokalne podeželske skupnosti vključene v jamski turizem, jamsko vodništvo pa predstavlja pomemben vir lokalne zaposlitve. Nekaterе turistične jame sezonsko uporabljajo vse naštetе modele ali pa jih kombinirajo ob nihanjih števila obiskovalcev.

Samostojni ogledi zahtevajo drugačen pristop k razlagi. Trenutno so v uporabi naslednji pristopi:

Pristopi k razlagi, uporabljeni v turističnih jamah s samostojnimi ogledi

Razlagalni pristop	Uporabljen v naslednjih jamah:	
Samo znaki	Številne jame, vključno z jamami v naslednjih državah:	
	Avstralija	Jama Fig Tree, Novi Južni Wales Jama Mammoth, Zahodna Avstralija
	Avstrija	Jama Lamprechtsofen
	Kitajska	Jama Furong, Chongqing Jama Tenglong, provinca Hubei
	Malezija	Jama Deer, Sarawak Velika jama Niah, Sarawak
	Slovenija	Škocjanske jame
	ZDA	Jama Mammoth, Kentucky
	Prenosni avdiovodnik v več jezikih	Laos
Španija		Cueva de Nerja
ZDA		Jama Carlsbad Cavern
Fiksne postaje z avdioposnetki	Mehika	Jama Balankanche
	Združeno kraljestvo	Dan yr Ogof
Obiskovalcem je na voljo aplikacija za pametne telefone	Združeno kraljestvo	Jama Treak Cliff

Ne glede na to, kateri pristop je uporabljen, je dobra razlaga ključnega pomena, vključno z uporabo tematske razlage in jasnega sporočila o nujnosti ohranitve jame. Informativni panoji naj bodo v lokalnem jeziku in v najbolj razširjenem mednarodnem jeziku.

Smernice

- (20) *Obstoječe turistične jame je treba upravljati v skladu z najvišjimi možnimi standardi in skladno s Priporočenimi smernicami ISCA ter smernicami, navedenimi v tem dokumentu.*
- (21) *Pred pretvorbo jame v turistično jamo je treba izvesti temeljito študijo za določitev okoljske in ekonomske trajnosti.*
- (22) *V vsaki turistični jami mora biti varnost na prvem mestu.*
- (23) *Z opredelitvijo nosilne zmogljivosti obiskovanja specifične turistične jame vzpostavimo ravnovesje med nudenjem varnega, informativnega in prijetnega ogleda jame obiskovalcem ter minimiziranjem vpliva na jamsko okolje ob doseganju ekonomskih ciljev. Upoštevati moramo vse tri dejavnike – izkušnjo obiskovalcev, okoljski vpliv in ekonomske cilje.*
- (24) *Pripraviti moramo lokacijski načrt, ki prikazuje podrobnosti površja in podrobnosti podzemne jame, da lahko analiziramo potencialni vpliv del na površju na jamo.*
- (25) *Ustrezna infrastruktura ob vhodu v turistično jamo je bistvena za ohranitev naravnega jamskega okolja.*
- (26) *Pri vseh novih posegih, bodisi v obstoječih turističnih jamah ali na novih lokacijah, moramo skrbno oceniti infrastrukturne potrebe in nato skrbno zasnovati ter namestiti infrastrukturo, ob upoštevanju trenutnih najboljših praks.*
- (27) *Sistem električne razsvetljave v jami naj bo razdeljen na cone, s čimer zagotovimo učinkovito osvetlitev le tistih delov jame, kjer se trenutno nahajajo obiskovalci. Uporaba svetlobe naj bo minimalna in osvetljuje le določene pojave, s čimer ustvarimo vzdušje, ki izboljša izkušnjo obiskovalcev.*
- (28) *Učinkovito upravljanje turističnih jam temelji na monitoringu, s katerim omogočimo prilagodljivo upravljanje jame. Izvajati je treba vsaj osnovni monitoring jame, favne, klime in koncentracij ogljikovega dioksida v skladu z urnikom monitoringa.*
- (29) *Upravljalci turističnih jam morajo biti usposobljeni za vodenje poslovanja turistične jame in za okoljevarstvo.*

- (30) Vodiči imajo zelo pomembno vlogo v turističnih jamah, saj predstavljajo vez med jamo in obiskovalcem. Vodiči morajo biti ustrezno usposobljeni glede pomena posamezne jame in za predstavitev tega pomena obiskovalcem.
- (31) Vse turistične jame bi morale pripraviti visokokakovostne razlage, da bi javnost bolje razumela in cenila jamsko okolje.



Obiskovalci lahko izkusijo lepoto in teksturo ledu v jami Eisriesenwelt, Avstrija. Fotografija: Csaba Egri.

Avanturistične in turistične dejavnosti na površinskem krasu

V 21. stoletju je prišlo do porasta avanturističnih in turističnih dejavnosti na golem površinskem krasu, vključno s škrapljami, stolpastim krasom, pečinami in kanjoni. Te razgibane in včasih odročne habitate lahko odlikuje biotska in geološka raznovrstnost, ki jo moramo ohraniti, zlasti v zavarovanih območjih. Zato moramo ugotoviti, ali takšna območja vsebujejo redke oz. endemične vrste rastlin (npr. orhideje) ali živali (npr. langurje) ali pa krhke kraške pojave (npr. stolpe), preden se odločimo, ali bomo dovolili takšne dejavnosti, pod katerimi pogoji (predpisi) in kje (razdelitev na cone).

Vsa potrebna in dovoljena infrastruktura naj bo zasnovana in nameščena tako, da ima majhen vpliv na videz in celovitost krasa in da se jo lahko po potrebi zlahka odstrani ter kraško območje skoraj v celoti povrne v prvotno stanje.

Kraške krožne poti na osnovi *zavarovanih plezalnih poti (ferat)* so se pojavile v 19. stoletju v alpskih kraških območjih Evrope. *Ferate* so postale precej priljubljene v 20. stoletju, predvsem v Evropi, in se danes širijo po vsem svetu. Kraške krožne poti skozi stolpasti kras, do katerih je urejen dostop prek različnih infrastrukturnih elementov, so bile ustvarjene na več lokacijah. V območju svetovne dediščine Tsingy de Bemaraha na Madagaskarju velika krožna pot Tsingy vsebuje steze, ploščadi, lestve, viseče mostove in mestoma varovalne jeklenice. Kraška krožna pot skozi stolpasti kras Phou Pha Marn v osrednjem Laosu vsebuje zipline, *ferato*, viseče mostove, mrežast most in ploščadi, z varovalnimi jeklenicami skozi celotno krožno pot. Takšne krožne poti omogočajo obiskovalcem, da raziskujejo in doživijo osupljivo pokrajino stolpastega krasa ter vidijo endemične prostoživeče živali (npr. lemurge in langurje), ki so drugače praktično nedostopne. Usposobljeni vodiči vodijo obiskovalce po krožnih poteh v majhnih skupinah. Izredno razgibane in izpostavljene pokrajine poskrbijo, da obiskovalci ostanejo na označeni poti in tako kar najmanj vplivajo na naravne ekosisteme. Obiskovalcem ne smemo dovoliti, da hodijo ali plezajo po krhkih stolpih oz. škrapljah, ki se zlahka polomijo.

Plezanje ima dolgo tradicijo, vendar je šele v 21. stoletju prišlo do opaznega povečanja števila plezalcev, predvsem v 'balvaniranju', kjer ne uporabljajo fiksnih pripomočkov ali vrvi. Habitati na pečinah, ki so jih v preteklosti človeške dejavnosti najmanj ogrožale,

se zdaj soočajo z vedno večjim človeškim pritiskom. Raziskave so pokazale, da so plezalne poti manj pokrite z rastlinami in imajo manjšo biotsko raznovrstnost kot podobne pečine, ki se ne uporabljajo za plezanje. Apnenec se načeloma ne odlomi gladko, kot se granit ali peščenjak. To lahko oteži namestitev 'tradicionalnih' odstranljivih sidrišč (zatičev in zagozd) za varovanje na apnenčastih pečinah. Namesto tega večina apnenčastih poti za tehnično plezanje vsebuje vnaprej nameščene svetrovce za varovanje. Obstajajo kodeksi ravnanja za plezalce, npr. Pakt plezalcev oz. Climber's Pact (glejte [Spletni viri](#)), ki obravnavajo varovanje biotske in geološke raznovrstnosti ter kulturnega pomena (npr. stenskih poslikav domorodcev) v plezalnih območjih.



Zipline skozi stolpasti kras v zavarovanem območju Phou Pha Marn, Laos. Fotografija: Green Discovery Laos.

Soteskanje (kanjoning) je rekreativna dejavnost na prostem, pri kateri prečkamo kanjon ali sotesko, ki običajno vsebuje vodotok, s pomočjo različnih tehnik, kot so abzajlanje, poplezavanje, plezanje, skakanje in plavanje. Čeprav so soteskanje popularizirali Američani in Evropejci v 70. letih 20. stoletja, njegovi začetki sodijo v pozno 19. stoletje v Franciji. Edouard Alfred Martel, znan kot 'oče moderne speleologije' in pionir jamskih odprav in raziskovanja, je prvi uvedel tehnike soteskanja za izvajanje znanstvenih raziskav v težko dostopnih delih sotesk. Da bi minimizirali vpliv soteskanja na okolje, priporočamo, da se držite strug in izogibate občutljivim bregovom ter vegetaciji. Kjer je le mogoče, uporabite naravna sidrišča in odstranljive vrvi, da zaščitite naravne kraške površine pred poškodbami. Kodeks ravnanja za soteskanje, ki ga je pripravila mednarodna organizacija za profesionalno soteskanje oz. International Canyoning Organization for Professionals (glejte [Spletni viri](#)), obravnava tudi okoljsko ozaveščenost in okoljevarstvo.

Smernice

- (32) *Razgibane in odročne habitate površinskega krasa lahko odlikuje biotska in geološka raznovrstnost, ki jo moramo oceniti, preden se odločimo, ali bomo tam dovolili avanturistične in turistične dejavnosti ter pod katerimi pogoji in kje.*
- (33) *Vsa infrastruktura, potrebna za podporo dejavnostim na površinskem krasu, naj bo zasnovana in nameščena tako, da ima majhen vpliv na videz in celovitost krasa in da se jo lahko po potrebi zlahka odstrani ter kraško območje skoraj v celoti povrne v prvotno stanje.*

Znanstveno raziskovanje

Jame so eden najboljših krajev za preučevanje zgodovine našega planeta in človeštva ter bioloških evlucijskih procesov. So dobro izolirane časovne kapsule, s številnimi predispozicijami za ohranitev organskega materiala, kot so kosti, cvetni prah, oglje, rastlinski material, in anorganskega materiala, vključno s klastičnimi sedimenti in kapniki. Jame in jamski vhodi služijo kot začasna zavetja ali trajna zatočišča za številne vrste rastlin, živali in mikroorganizmov, ki na površju ne bi preživel, še posebej v regijah, kjer sušnost, nizka vlažnost in skrajne temperature omejujejo obstoj organizmov.



Biospeleolog jemlje vzorce nevretenčarjev v jami Frauenhaldenhöhle, Nemčija. Fotografija: Rainer Straub.

Organske in anorganske materiale zanesejo v jame različni geomorfološki procesi, ki običajno vključujejo vodo in, v nekaterih primerih, veter. Ko se podzemni materiali nakopičijo in rovi postanejo reliktni, so nakopičene usedline zaščitene pred procesom preperevanja, ki deluje na površju. Za večino aktivnih kraških hidroloških sistemov je značilen hiter pretok vode, čeprav v nekaterih območjih podtalnica sledi globokim strugam in lahko mine več sto ali celo več tisoč let, preden se vrne na površje. Če se ne meša z vodami blizu površja, podtalnica pride na površje brez vsebnosti antropogenih onesnaževal, kot so klorofluorogljikovodiki ali umetno ustvarjeno radioaktivno sevanje iz 50. let 20. stoletja. Na področju arheologije ali preučevanja paleookolij nam jame nudijo 'supermarket' multidisciplinarnih informacij, ki vključujejo izotope, ohranjene v kapnikih, skeletne ostanke in okoljsko DNK (angl. eDNA), ohranjeno v sedimentih. Na področju raziskav, ki se osredotočajo na kazalnike podnebnih sprememb, dobro ohranjeno jamsko okolje ponuja številne indice in materiale za preučevanje. Ti vključujejo plasti vulkanskega pepela, suspenzijske usedline in bogastvo izotopov ter organskih ostankov v prenikli vodi in kapnikih.

Na področju bioloških raziskav jame primerjajo s 'podzemnimi laboratoriji' zaradi močno izoliranega in varovanega okolja, kjer so številne spremenljivke in motnje, ki sicer vplivajo na površinska okolja, bodisi odsotne ali pa praktično neopazne. Za jame je namreč značilna stalna tema, skoraj konstantna temperatura in visoka vlažnost, majhen dotok hrane in odsotni ali praktično neopazni

dnevni/sezonski cikli. Zaradi teh razmeroma stabilnih in predvidljivih pogojev so jame in jamska favna izredno primerne za raziskovanje osnovnih bioloških vprašanj, npr. glede prilagajanja, pretoka energije in evolucijskih procesov. Aktivne jame običajno prejemajo redne vnose s površja, medtem ko reliktna jama lahko postane izolirani 'podzemni otok', v katerih se lahko razvijejo specializirane, lokalno endemične vrste 'troglobiontov'. Ker gre za redke vrste, ki imajo običajno omejeno območje razširjenosti, moramo oceniti potencialne vplive raziskovalnih dejavnosti.

Populacije ptic in netopirjev, ki živijo v jamah, so še posebej občutljive na ljudi, ki vstopajo v jame, ne glede na to, ali gre za znanstvene raziskave. Zajem netopirjev in ptic ali pobiranje gnezd iz mest v jami, kjer gnezdijo in se razmnožujejo, pa naj bo v raziskovalne namene ali za namene tradicionalne kulinarike/medicine, lahko močno vpliva na lokalne populacije ptic in netopirjev. Večina populacij jamskih nevretenčarjev pa se zdi manj občutljiva oz. manj opazno prizadeta zaradi prisotnosti ljudi. Teptanje je seveda neposredna grožnja posameznim jamskim nevretenčarjem, veliko število človeških obiskovalcev pa lahko močno vpliva na ranljive vrste, ki živijo na tleh in so pogosto skrite. Teptanje mehkih sedimentov je torej splošni problem pri vseh jamarjih, ne samo znanstvenikih. S hojo po nestabilnih kamnih lahko potlačimo živali, ki so pod njimi našle zatočišče. Večina nevretenčarjev se najverjetneje nahaja v srednjevelikih votlinah in pride v jamske rove le ob primernih pogojih.

Še ena grožnja jamski favni je pretirano zbiranje primerkov med znanstveniki. To se je zgodilo v nekaterih evropskih državah, kjer je bila človeška ribica (*Proteus*) cenjen muzejski eksponat. Drobnovratniki so še vedno iskani zbirateljski primerki med amaterskimi in profesionalnimi entomologi, podobno kot metulji. Pretirano znanstveno zbiranje primerkov je grožnja samo, če raziskovalni projekt zahteva veliko število primerkov, npr. pri genetskih študijah populacije, in še to samo, če je vzorčena populacija majhna in izolirana. Večina sodobnih biologov se zaveda potencialnega vpliva pretiranega zbiranja primerkov, zaradi česar je velika večina bioloških študij izvedena z minimalnim vplivom na populacije in sposobnosti preživetja vrst. To vključuje tudi odstranjevanje pasti, ki niso več v uporabi. Občasnega zbiranja posameznih primerkov v namene znanstvene opredelitve in taksonomije pa ne smemo razumeti kot grožnjo, temveč kot nujen poseg za natančno opredelitev in ohranitev vrst. Slabo zasnovani (ali izvedeni) znanstveni poskusi lahko vplivajo na okolje. V 70. letih 20. stoletja so poskusili poustvariti slavni podzemni francoski laboratorij Moulis v brazilski jami znotraj zavarovanega območja. Poskus je bil neuspešen, saj je povzročil smrt številnih rib, prilagojenih življenju v jami. Ta problem so nato samo še poslabšali, ker niso odstranili razpadajočih laboratorijskih objektov.

Zavedati se moramo, da največje grožnje jamski favni in jamskim ekosistemom ne izhajajo iz znanstvenega raziskovanja, temveč iz aktivnosti zunaj jame, vključno s pridobivanjem mineralnih surovin, krčenjem gozdov, kmetijstvom, črpanjem podtalnice, onesnaževanjem vode in sedimentacijo. Jamarji lahko nehoti vplivajo na jame z vnosom mikrobov v podzemne ekosisteme (glejte [Rekreativno in avanturistično jamarstvo](#)).

Oznaka zavarovano območje pogosto temelji na obsežnih znanstvenih raziskavah, kar se včasih odraža v imenu kraja. Nekatera zavarovana območja so bila ustvarjena, ker so znanstvene raziskave pokazale obstoj dragocenih okoljskih dobrin, ki jih moramo zaščititi. To velja za območja z redkimi ali ogroženimi vrstami oz. ključnimi geološkimi znamenitostmi. Vendar pa obstajajo številna kraška zavarovana območja, zlasti tista, ki so prejela to oznako zaradi pokrajine, kjer le delno poznamo razvoj reliefnih oblik ali procesov in povezav, ki omogočajo delovanje sistema. Številna kraška zavarovana območja so postala središča visokokakovostnega raziskovanja, ker predstavljajo pomembne naravne dobrine in ker je v številnih zavarovanih območjih po svetu znanstvena dejavnost dobrodošla.

Raziskovanje v zavarovanih območjih je veliko pripomoglo k našemu razumevanju kraških sistemov. Narodni park Mammoth Cave v zvezni državi Kentucky in Narodni park Carlsbad Caverns v Novi Mehiki, oba območji svetovne dediščine v ZDA, predstavljata ključni območji razvoja kraške hidrogeologije in speleogeneze (Mammoth) ter hipogene speleogeneze in jamske geomikrobiologije (Carlsbad). V obeh parkih se nahaja raziskovalna infrastruktura, vključno z nastanitvenimi objekti, in podporno osebje, kar pa ni nujno, kadar se raziskave izvajajo na zasebnih zemljiščih. Dodatna prednost raziskovanja v zavarovanih območjih je, da je dragocena terenska oprema lahko bolje varovana. Instrumenti za monitoring, kot so fluorimetri in zapisovalniki podatkov, ki spremljajo okoljske parametre, morajo biti običajno postavljeni za daljša časovna obdobja, da lahko zberejo pomembne podatke, zaradi česar so izpostavljeni poškodbam ali tatvinam. V zavarovanem območju lahko osebje pomaga pri zbiranju podatkov, preverjanju nepoškodovanosti opreme in širjenju znanstvenih spoznanj, kar ni na voljo znanstveniku na odročni lokaciji. Nekaj zavarovanih območij ima stalno zaposlene lokalne znanstvenike, ki jih včasih imenujejo 'strokovnjaki za jame'. To jim omogoča rutinsko izvajanje visokokakovostnih raziskav. Raziskave, ki jih je izvedlo interno znanstveno osebje v Narodnem parku Mammoth Cave, so privedle do najbolj podrobnega kartiranja kotlin kraške podtalnice na svetu. Dodatna prednost internih znanstvenikov je, da lahko nudijo podrobne informacije o krasu in jamah učencem ter splošni javnosti. V ZDA je sodelovanje med Narodnim parkom Mammoth Cave in bližnjo Univerzo Zahodni Kentucky omogočilo izvajanje programa 'Kraške terenske raziskave', serije enotedenskih terenskih seminarjev, osredotočenih na kras in jame, ki ga vodijo tako interni kot eksterni znanstveniki in se izvaja že od leta 1979.

To bi lahko poimenovali kot 'raziskovanje, usmerjeno navznoter', ki si prizadeva za boljše poznavanje zavarovanih območij in se ga lahko neposredno upošteva pri upravljanju. Dobro strukturiran program monitoringa (glejte Razvoj učinkovitega monitoringa in omilitvenih ukrepov) bo najverjetneje predstavljal obliko raziskovanja, saj bomo z njim pridobili znanstvene podatke, ki bodo zahtevali temeljito analizo. Vendar se takšno raziskovanje razlikuje od rutinskega monitoringa v tem, da naslavlja specifična vprašanja (npr. program sledenja voda z uporabo barvil za določitev prispevnega območja izvira oz. izvirov) ali probleme (npr. preučevanje upada števila določene rastlinske ali živalske vrste, ki ga je zaznal monitoring). V nasprotju s tem pa 'raziskovanje, usmerjeno navzven' uporablja podatke ali material, zbran znotraj zavarovanega območja, za reševanje širših vprašanj (npr. rekonstrukcija preteklih okolij s pomočjo zapisa, ohranjenega v kapnikih, ali uporaba jame kot podzemnega laboratorija). Dober primer slednjega je Vivarij, ki se nahaja 50 m v notranjosti Postojnske jame v Sloveniji, del Vivarija pa je namenjen laboratoriju za znanstveno delo in raziskave. Kopenske jame se uporabljajo tudi kot preizkusni poligoni za robote, ki bi jih lahko uporabili za raziskovanje jam na drugih planetih. V nekaterih situacijah je financiranje raziskav prednostno usmerjeno v zavarovana območja. V Braziliji, kjer so jame zaščitene na zvezni ravni, bi morala biti sredstva za okoljska nadomestila, povezana z vplivi na jame, prednostno usmerjena v jamske raziskave. Nekatere turistične jame, npr. priljubljena jama Nerja blizu Malage v Španiji, so financirale raziskave krasa, vključno z znanstvenimi konferencami.

V vseh zavarovanih območjih bi se morale raziskave v jamah in na krasu izvajati šele po oddaji pisne vloge in izdaji dovoljenja. Vloga za dovoljenje naj se odda precej vnaprej in priporočamo, da raziskovalna ekipa sodeluje z lokalnimi skupnostmi, kar vključuje primerno plačilo za storitve. Nekatere države imajo točno določena pravila za raziskovalce iz drugih držav, ki želijo raziskovati kras in jame. S tem želijo preprečiti 'kolonialistični' pristop raziskovalcev in poskrbeti, da ima država gostiteljica dostop do pridobljenega znanja. Zveza UIS je sprejela Kodeks etike za mednarodne jamarske odprave, ki zajema tudi specifične raziskave (glejte [Spletni viri](#)). Zelo pomembno je, da tisti, ki izvajajo raziskave v državah, ki nimajo tradicije jamskih raziskav, pomagajo lokalnemu prebivalstvu razumeti namen tega dela, da bi se izognili nesporazumom. En žalosten primer je bila odprava v Etiopijo, kjer so domačinom povedali, da so kapniki »dragoceni za znanstvene raziskave«, zaradi česar so nekateri domačini odšli v jame in odstranjevali kapnike, ker so mislili, da jih bodo lahko prodali.

Kjer je le mogoče, naj bo osebje zavarovanega območja seznanjeno z raziskovalnim projektom in po možnosti vključeno v zbiranje podatkov. V tem primeru se bodo lahko sklicevali na raziskavo med vodenjem ogledov za skupine obiskovalcev in bodo lahko pomagali bodočim raziskovalnim ekipam z deljenjem podrobnosti iz preteklih študij. Raziskovalce je treba spodbujati, da svoje delo predstavijo obiskovalcem na razumljiv način, bodisi kot predstavitev na plakatu v centru za obiskovalce, kot članek na internetu ali prek družbenih medijev. V nekaterih primerih se lahko podatke deli s širšo javnostjo. Britanski center za speleologijo (British Cave Science Centre oz. BCSC) je v jami Poole's Cavern, območju posebnega znanstvenega pomena v kraju Buxton v Angliji, vzpostavil sistem monitoringa jamske klime v realnem času. Podatki se naložijo na spletno mesto BCSC, vsi pa jih lahko brezplačno prenesejo in uporabljajo (glejte [Spletni viri](#)).

Priporočamo, da vloge za pridobitev dovoljenja za raziskave, vsebujejo:

- Opis projekta in v primeru raziskovanja, usmerjenega navzven, tudi razloge, zakaj se mora projekt izvesti v zavarovanem območju in ne drugod.
- Lokacijo (lokacije), kjer bo nameščena oprema ali se bodo zbirali vzorci (in obseg ter pogostost zbiranja vzorcev), z obrazložitvijo, zakaj je bila izbrana določena lokacija.
- Oceno morebitnih vplivov in korake za minimiziranje teh vplivov. Dober primer so raziskave, ki zahtevajo uporabo kapnikov, npr. študije paleoklime/paleookolja. Kadar so v 80. letih 20. stoletja potrebovali razmeroma velike količine materiala, so običajno odnesli cele kapnike iz jam. Danes za večino raziskav to ni več potrebno, saj potrebujemo le majhne količine materiala, ki pa jih lahko pridobimo s skrbno odstranitvijo tankega jedra. Po odstranitvi jedra lahko vstavimo majhen čep, ki ga bo kapnik prerasel v primeru stalnega obarjanja kalcita. Če so na voljo, naj raziskovalci izberejo že odlomljene vzorce kapnikov, ki so pogost pojav v obiskanih jamah. Če odlomljenih kapnikov ne najdejo, naj izberejo ohranitveni pristop in vzamejo material, ki je skrit očem in majhne estetske vrednosti.
- Podrobnosti načrtovanega biološkega ali mikrobiološkega vzorčenja. To je še posebej pomembno, če raziskovalci prihajajo iz druge države, saj nekatere države ne dovoljujejo izvoza materialov brez dodatne dokumentacije zaradi pogostih primerov biopirastva. Nasprotno pa imajo države, kot sta Avstralija in ZDA, zelo stroge zakone glede uvoza bioloških materialov oz. prsti.
- Po novem lahko usposobljeni upravljavci jam uporabljajo drone in robote za jamsko fotografiranje in kartiranje, s čimer lahko priskrbijo visokokakovostne podatke za znanstvene analize in interpretacijo, vendar mora biti vsakršna raba takšnih naprav odobrena v sklopu dovoljenja za raziskave.

Tisti, ki presojuje vloga za dovoljenja, se morajo zavedati, da zastarele tehnike ali protokoli lahko vodijo v trajne poškodbe jamskih in kraških virov. Do tega je prišlo med arheološkim in paleontološkim delom, ko so izkopavali in odstranjevali artefakte ali biološke ostanke brez kontekstualnih (tafonomskih) študij in situ, s čimer so občutno zmanjšali možnost pridobivanja ključnih podatkov o kronologiji in sedimentaciji. Če je le mogoče, naj se reprezentativni del sedimenta ohrani neokrnjen, da omogočimo prihodnje delo z naprednejšimi tehnikami. Stabilni okoljski pogoji, ki omogočajo ohranitev paleontoloških skupkov in njihovih okolic, so najbolj občutljivi na obremenitve. Izkopavanja v takšnih rovih lahko močno spremenijo energijski režim in s tem vplivajo na podzemno okolje. Vsi arheologi vedo, kateri materiali lahko vplivajo na njihove drage metode datiranja, vendar še vedno najdemo razpadajoče plastične ovitke in scefurna mrežna senčila v številnih jamskih najdiščih po 'sanaciji' izkopanih območij. V nasprotju z obremenitvami površinskih krajev se lahko sledovi ali učinki človeških dejavnosti v srednje- ali nizkoenergijskih podzemnih okoljih ohranijo na stotine ali celo tisoče let. Raziskovalce moramo spodbujati, da izkoristijo prednosti tehnološkega napredka, predvsem možnosti daljinskega monitoringa lokacij na površju, s čimer zmanjšajo število obiskov. Fotonapetostni paneli in majhne vetrne turbine omogočajo stalni monitoring in ne zahtevajo menjave baterij, podatke pa lahko naložimo s pomočjo mobilnih ali satelitskih omrežij.



Dovoljeno jemanje vzorca jedra kapnika za paleoklimatske raziskave na območju posebnega znanstvenega pomena v Združenem kraljestvu. Fotografija: John Gunn.

Smernice

- (34) *Vsa zavarovana območja z jamami in krasom bi morala pripraviti pravilnike glede upravljanja raziskav, ki naj bodo dovoljene šele po prejemu in odobritvi vloge.*
- (35) *Tisti, ki želijo izvajati raziskave v jamah, morajo bodisi dokazati, da so seznanjeni z jamskimi okolji in lokalnim kodeksom za jamarstvo z minimalnim vplivom, ali da sodelujejo z izkušenimi speleologi, ki bodo poskrbeli za upoštevanje kodeksa.*
- (36) *Tiste jame, ki imajo načrt upravljanja, morajo poskrbeti, da vsebuje poglavje o raziskovalnih dejavnostih.*
- (37) *Vsi raziskovalci, ki delajo v jamah ali na krasu, bodisi v zavarovanem območju ali izven njega, naj skrbno ocenijo svoje predloge, kar naj vključuje primerjavo morebitnih koristi s tveganjem povzročitve škode okolju ali kulturnim vrednotam.*
- (38) *Poudarek mora biti na metodah minimalnega vzorčenja favne, kapnikov in sedimentov, raziskovalci pa naj bodo zavezani k objavi rezultatov v poljudni obliki in v akademskih medijih. Raziskovalci naj se zavežejo k odstranitvi opreme in sanaciji kraja (če je to potrebno) ob zaključku projekta.*

Kmetijstvo in gozdarstvo

Evolucija človeške vrste je neločljivo povezana z odstranjevanjem naravne vegetacije, predvsem gozdov, in njeno zamenjavo s kmetijskimi zemljišči. Tako je umetni sukcesijski razvoj vegetacije spremenil naravno razvite ekosisteme, s specifično rastlinsko sestavo in dolgoročno prilagojeno bioto. Globalno gledano so edina kraška območja, na katera gozdarstvo in kmetijstvo nista vplivala, tista, ki se nahajajo v odročnih krajih ali ki so pod močno zaščito, kar je preprečilo kmetijstvo ali izsekavanje gozdov. Številni človeški vplivi na kras so neposredni in lokalizirani, npr. tisti iz ekstraktivne industrije, vplivi pa segajo od majhnih do obsežnih. Širjenje kamnitih puščav, ki je močno razširjeno v nekaterih delih sredozemske kotline in na jugu Kitajske, je posledica erozije tal, ki jo je sprožila odstranitev avtohtone vegetacije in kasnejše kmetijske prakse. Velja za največji človeški vpliv na kras. Celo v območjih z zmernim podnebjem, kjer je kras večinoma pokrit s prstjo, ima običajno največji antropogeni vpliv (v smislu pokrovnosti) prav kmetijstvo.



Kraška pokrajina, uporabljena za pašo, Mirador de Camba, Asturija, Španija. Fotografija: David Gillieson.

Sredozemska regija, zibelka evropske civilizacije, je tipični primer človeških vplivov na kras v zmerno toplim podnebjem. Njene prvotne gozdove borovcev in cedre so postopoma zamenjale sekundarne grmovne združbe, imenovane *garrigue* ali *phrygana*. Rastlinske združbe s podobno fiziognomijo so se razvile proti severu, na Balkanu in v Vzhodni Evropi v srednjih geografskih širinah v bolj zmernih, toda zmerno celinskih podnebnih razmerah (srbski *šibljak* in združbe grmičevja *Crataego-Prunetea*). Ta topla in suha grmišča predstavljajo prevladujoče rastlinske združbe na številnih apnenčastih kraških visokogorjih. Zunaj Evrope najdemo podobne trende, vendar so novejši. Na Madagaskarju je izsekavanje avtohtonih gozdov za pretvorbo v kmetijska zemljišča predstavljalo glavno grožnjo endemični favni v jamskih vodotokih zaradi hitrih sprememb v osnovnih trofičnih ravneh prehranjevalnih spletov, kar je povzročilo veliko izgubo biotske raznovrstnosti. V nekaterih kraških regijah jugovzhodne Azije je posebej zaskrbljujoč posek avtohtonih gozdov in njihova zamenjava z nasadi oljnih palm. Tista kraška območja, ki so se ohranila v dokaj naravnem stanju, omogočajo večjo biotsko raznovrstnost v primerjavi s sosednjimi litološkimi podlagami. To biotsko raznovrstnost deloma ohranjajo tradicionalne prakse lokalnih skupnosti, vendar bi jih komercialne dejavnosti lahko hitro uničile. V nasprotju z neposrednimi vplivi na kraško biotsko raznovrstnost so vplivi kmetijstva in gozdarstva na kraško geološko dediščino večinoma posredni in povezani predvsem s spremembami v kakovosti in količini vode.

Kmetijske prakse na kraški zemlji

Prakticiranje kmetijstva v kraških območjih je pogosto predstavljalo izziv podeželskim skupnostim, njihovi poskusi, da bi rešili probleme, kot so pomanjkanje vode, pa so pogosto vplivali na kraške sisteme. V nekaterih delih Evrope se je razvila posebna vrsta pokrajine, včasih poimenovana 'agrokras' (angl. agri-karst), kot odziv na lokalne pristope k podnebjem in kmetijstvu. Podobno kot na sam kras pa tudi na kmetijske prakse na krasu večinoma vpliva podnebje, pri čemer lahko prepoznamo tri široke cone:

- Vlažna tropska območja z intenzivnim kmetijstvom (riž, sladkorni trst), za katera so pogosto značilne dramatične kraške pokrajine (npr. jugovzhodna Azija).
- Kraške regije z zmernim podnebjem in mešanim kmetijstvom, večinoma na osnovi žit (predvsem pšenice in koruze) ter zelenjave, v coni zmerno toplega podnebja pa najdemo tudi vinograde ali oljke. Pašništvo/živinorejske farme ima prav tako lahko velik vpliv na kakovost in količino vode na krasu.
- Hladna okolja v visokih geografskih širinah ali na višjih legah, kjer prevladuje živinoreja in/ali terasasti nasadi, pogosto namenjeni samooskrbi.

Na stolpastem in stožčastem krasu jugovzhodne Azije so številne tradicionalne prakse povezane s kmetijstvom, npr. na stožčastem krasu provinc Yunnan, Guizhou in Guangxi v jugozahodni Kitajski, na stožčastem krasu otoka Bohol na Filipinih ali na 'cockpit' krasu (krasu zvezdastih vrtač) v geoparku Gunung Sewu v Indoneziji. Skozi daljše časovno obdobje so skupnosti oblikovale terasaste hribe in gore, da bi zmanjšale naklone in zajele deževnico med deževnim obdobjem. Pridelava riža na mokriščih na otoku Bohol na Filipinih je primer usklajene integracije kraške pokrajine in kmetijske prakse, s katero očitno dosegajo trajnost na stoletni ravni. Sezonski koledar, ki ga lokalne skupnosti uporabljajo že stoletja z namenom prilagajanja lokalnih kmetijskih potreb podnebnim odstopanjem, očitno najbolj ustreza naravnemu regulacijskemu sistemu kraške podlage. Na žalost je upad števila namakalnih sistemov sprožil družbeno-okoljske spremembe (zamenjava pridelave riža na mokriščih z gospodarsko manj pomembnim kmetijskim sistemom na osnovi koruze), kar je močno prizadelo 'mokra' nižinska kraška območja. V nasprotju s tem je zgodovinska poselitev krasa v jugozahodni Kitajski (eni od največjih zveznih kraških pokrajin na svetu) privedla do ogromne izgube rastlinskega pokrova in erozije prsti zaradi kmetijske rabe, posledičnega krčenja gozdov in povečane porabe vode.



Intenzivno kmetijstvo na dnu velike depresije na krasu Wan Fenglin v kitajski provinci Guizhou. Na stolpih v ozadju so močno izsekali gozd, nekaj gozdnih območij pa se je vendarle ohranilo. Fotografija: John Gunn.

V conah z zmernim podnebjem položne planote, prepredene z vrtačami, predstavljajo običajno kraško topografijo, ki se v najbolj razviti fazi spremeni v poligonalni kras. Kjer je takšno pokrajino prvotno pokrivala pragozdna vegetacija, lahko vrtače delujejo kot zatočišča za višje rastlinske vrste, kar je pomembno za ohranjanje vrst v današnjem času globalnega segrevanja. V takšnih območjih odstranjevanje gozdov običajno privede do prenosa sedimenta proti nižje ležečim delom vrtač, kar spremeni hidrološki režim, kot lahko vidimo na krasu regije King Country v Novi Zelandiji. Vrtače pogosto namenoma zasujejo, da bi povečali površino ravnice. Iz

podobnih razlogov uničujejo tudi škraplje, ki jih včasih tudi izkopljejo in lokalno uporabijo pri zidanju sten ali ponekod kot okrasni kamen. Vsako od teh dejanj lahko sproži velike spremembe v delovanju podzemnih geoloških ekosistemov.

Kmetijstvo je povezano z zgodovinskim krčenjem gozdov, erozijo prsti in kasnejšimi večjimi spremembami sedimenta ter s spremembami vzorcev izkoriščanja virov hrane tako v površinskih kot v podpovršinskih vodotokih. To so glavni stresni dejavniki pri združbah nevretenčarjev v jamskih vodotokih. Sediment, ki vstopi v jamo, se bo npr. odlagal v delih z manjšo hitrostjo, s čimer bo spremenil habitat. Vnosi sedimenta lahko spremenijo tudi hidravliko kanalov, še posebej, če se nakopičijo v freatičnih zankah. Organsko onesnaževanje spremeni strukturo združb jamske biote in običajno zmanjša njihovo razširjenost in bogatost. Raztopljena organska snov in biofilmi na prodnikih so pomembni viri energije za združbe v vodotokih. Drugi antropogeni stresni dejavniki vplivajo na metabolizem podzemnih organizmov in vključujejo kovine in polkovine, pesticide, gnojila, nova onesnaževala (angl. emerging contaminants) in hlapne organske spojine. Pogosti viri onesnaževanja so uporaba gnojila in gnoja na poljščinah, objekti za shranjevanje gnoja, pitališča, molzišča, kokošnjaki, svinjaki in ograde za živino. Coxon (1999) predstavi primere vplivov kmetijstva in pojasni ključno vlogo kraških vodonosnikov pri prenosu agrokemikalij in patogenih organizmov v izvire. Takšne dejavnosti ne vplivajo samo na podzemne organizme, ampak tudi neposredno na človeško zdravje. V kraju Waitomo v Novi Zelandiji so odpadke iz svinjaka izpustili v vrtačo, s čimer so onesnažili izvir, ki oskrbuje lokalno kmetijo z vodo. Na Irskem so kraški izvir, ki je oskrboval mesto Castleisland, zaprli zaradi onesnaženja z gnojevko in drugimi onesnaževali s kmetije. Ena najhujših in dobro dokumentiranih posledic kmetijskega onesnaževanja krasa se je zgodila maja leta 2000, ko so v občinske vodnjake v mestu Walkerton v Kanadi zašle patogene bakterije in povzročile sedem smrti ter več kot 2.300 obolelih.



Škraplje Sheshymore v Unescovem globalnem geoparku Burren and Cliffs of Moher, Irska. Analiza cvetnega prahu kaže, da je imelo to območje v prazgodovini debel sloj mineralne prsti in je bilo pogozdeno. Krčenju gozdov je sledila katastrofalna erozija prsti, proces, ki mu dandanes običajno pravimo širjenje kamnitih puščav. Fotografija: John Gunn.

Večino onesnaževanja proizvaja točkovno napajanje in ga torej lahko minimiziramo, če 1) ne dovolimo neposrednega izločanja kmetijskih odpadnih voda v območja s koncentriranim napajanjem, kot so ponikalnice, vrtače in druge naravne odprtine, in če 2) vzpostavimo varovalne pasove okoli teh območij. V varovalnih pasovih mora biti prepovedano oranje ali paša živine, ohranjati pa moramo celovit rastlinski pokrov, da filtrira morebiten sediment v vodi, ki odteka z orane zemlje. Posebna skrb je potrebna v območjih, kjer kras pokriva le tanek sloj prsti, kot je značilno za omenjeni Walkerton.

Spremembe v rabi kmetijskih zemljišč lahko zmanjšajo koncentracije ogljikovega dioksida v prsti, kar vpliva na hitrost raztapljanja v epikrasu in potencialno tudi na odlaganje sige. Koncentracije CO₂ v prsti so običajno občutno višje pod avtohtonim gozdom kot

pa pod travišči, medtem ko imajo pašniki običajno višje koncentracije kot pa zemlja pod poljščinami. Raziskave so pokazale, da lahko hitro povečamo koncentracije CO₂ v prsti s pretvorbo njiv v travišča, kar bi lahko predstavljalo dobro prakso na degradiranih kraških zemljiščih. Zmanjšanje prstenege pokrova zaradi erozije privede tudi do hitrejše infiltracije, zlasti po obilnem deževju. Če se to zgodi nad jamo, lahko nenasičene vode s hitrim napajanjem raztopijo kapnike.



Sezonsko obdelovana zemlja na Cerkljskem polju, Slovenija. Fotografija: David Gillieson.

Gozdarstvo na krasu

Gozdovi so uveljavljena oblika naravne vegetacije, ki se razvija skozi dolgo obdobje in je nujna za regulacijo in delovanje kraških sistemov. V kraških regijah so gozdovi pomemben element biogeokemijskega cikla. Za trajnostno upravljanje pogozdenih kraških zemljišč moramo upoštevati značilnosti gozdov in spremenljive koncentracije ogljikovega dioksida (CO₂) v prsti. Poleg oceanov je prst drugi največji ponor ogljika na svetu. Gozdna vegetacija in prst pod njo sta tako skladišči kot ponora ogljika, kar pomeni, da vežeta CO₂ iz zraka, ga skladiščita in tudi postopoma sproščata. Določena količina CO₂ se raztopi v vodi, ki prenika v apnenec, zaradi česar ta prepereva in sčasoma oblikuje podpovršinske odprtine in jame. Na ta način so 'ogljikni proračuni' kraškega sistema ključni za njegovo delovanje, znotraj posameznega kraškega območja ali kotline pa se ustvari nekakšno ravnovesje med vegetacijo, prstjo, kamnino in podtalnico. Sprememba v rabi tal ali vegetaciji bo to ravnovesje spremenila, še en dejavnik pa so podnebne spremembe, ki vplivajo na razpoložljivost vode in aktivnost vegetacije. Pod gozdno vegetacijo se dodatna količina ogljika absorbira v prst, kar ustvari ugodne pogoje za nadaljnje raztapljanje apnenca, določena količina raztopljenih ogljikovih ionov pa postopoma pripomore k tvorbi kapnikov. Ti kemični sedimenti, ki v jamah običajno nastanejo zaradi obarjanja kalcita, za svoj razvoj potrebujejo dolgotrajno zadrževanje infiltrirane vode in nizke hitrosti kapljanja. Takšni pogoji so po navadi prisotni v zmerno razpokanih matičnih kamninah z majhnimi odprtini, ki enotno usmerjajo in razporejajo pronicajočo vodo v večje votline. Korenine dreves sproščajo večje količine CO₂ v prst, s čimer pospešujejo preperevanje kamnine, med razraščanjem pa ustvarijo poseben vzorec v epikrasu (najvišji hidrološki ravni kraškega sistema) z ustvarjanjem razpok v matični kamnini. Aktivnost mikrobiote v prsti je zelo pomembna za regulacijo ogljikovega cikla, saj sprošča skladiščen CO₂ iz prsti nazaj v ozračje. Ogljik, ki ga sprošča preperevajoč apnenec, sčasoma pride v ocean prek podtalnice in rek, čeprav se neznan delež ogljika sprosti v ozračje prek prsti ali z neposrednim razplinjenjem iz podtalnice, ki priteče na površje. Preperevanje apnenca na splošno velja za ponor ogljika prek povezanega preperevanja karbonatov, vendar ni vedno tako, učinkovitost tega procesa pa se najverjetneje razlikuje po posameznih območjih ali kotlinah.

Gozdarstvo je pomembna vrsta rabe tal, pri kateri se porajajo specifična vprašanja. Pragozdovi so običajno opredeljeni kot klimaksne združbe, ki so zelo stabilne zaradi svojega dolgega in nemotenega razvoja. Nekateri od teh gozdov pokrivajo odročne kraške predele gorskih ali tropskih območij, vendar jih lahko ogroža nenehno širjenje človeških bivališč, turizem ali pridobivanje lesa. Ti gozdovi morajo biti strogo zavarovani, ljudje pa jih ne smejo na noben način izkoriščati. Gozdarske prakse vključujejo

gradnjo cest (kar spremljajo vseki v pobočja), sečnjo, rast sadik in ponovno zasaditev dreves ter številne dejavnosti po sečnji. Izsekavanje gozdov začasno ali trajno odstrani zaščito, ki jo zemlji nudi stabilen rastlinski pokrov, kar pomeni nenadno spremembo v ravnovesju celotnega naravnega sistema. Nagle spremembe se zgodijo kmalu po izseku gozda in privedejo do povečane infiltracije deževnice, povečane proizvodnje dušika zaradi razgradnje ostankov lesa in začetek erozije prsti. Erozija prsti sproži nadaljnje spremembe v strukturi epikrasa in zmanjša ponor CO₂, kar negativno vpliva na ravnovesje kraškega sistema.

Sečnja ni edina grožnja celovitosti kraškega okolja. Vnos tujerodnih, ekonomsko produktivnejših drevesnih vrst v uveljavljene gozdne habitate, ki so se razvili na krasu, in pogosto tudi sprememba osnovne vrste gozda (npr. gozd iglavcev namesto listavcev in nasadi oljnih palm namesto deževnega gozda) lahko privedeta do hudega hidrološkega in kemičnega neravnovesja v kraških vodah, do povečane kislosti prsti, pospešene korozije matične kamnine in razgradnje kapnikov. Če človeško požiganje gozdov ali pašnikov blizu gozdov ni enake intenzivnosti, trajanja in obsega kot naravni požari na kraški zemlji, ima lahko dolgoročne negativne posledice, predvsem kalcinacijo in luščenje površin matične kamnine, povečano koncentracijo raztopljenih anorganskih spojin v podtalnici in spremembe v kemični sestavi podtalnice ter v njenem hidrološkem režimu.



Pogozden kras v Sloveniji. Fotografija: John Gunn.

Za sečnjo in gozdarske dejavnosti na kraških območjih je bistveno, da skrbno ocenimo pomen in občutljivost površinskega krasa ter njegovo povezanost s podpovršjem oz. odprtost vanj. Pred izvajanjem gozdarskih dejavnosti moramo pripraviti metodologijo za popis in kartiranje kraškega območja, oceno njegove občutljivosti na spremembe (oz. ranljivosti) in ustrezna navodila za upravljanje. Analizirati moramo vrsto in obseg gozdarskih dejavnosti znotraj kraškega prispevnega območja.



Izvajanje gozdarskih dejavnosti lahko vpliva na celovitost kraških pokrajin z vrtačami (kraškimi ponori). Gradnja cest in pridobivanje lesa z golosekom odstranita naravno razvito gozdno vegetacijo. V takšnih primerih naravna gozdna območja običajno nadomestijo s sestoji enake starosti v 'plantažnih gozdovih'. Vrtače brez ustreznih varovalnih pasov lahko zasujejo s sečnimi ostanki in destabilizirajo strmejša notranja pobočja. Jezero Bonanza, Vancouvrov otok. Fotografija: Paul Griffiths.

Smernice

- (39) Kmetijska dejavnost lahko škodljivo vpliva na kraške geološke ekosisteme. Upravljalci zavarovanih območij morajo (a) biti posebej pozorni na predlagane spremembe v rabi tal in (b) usmerjati glede vrste kmetovanja in specifičnih talnih razmer, da bi minimizirali vplive na količino in kakovost vode.*
- (40) Obdelovalne površine zahtevajo skrbno ravnanje s prstjo, da minimiziramo izgubo zaradi erozije in spremembo lastnosti prsti, kot so aeracija, stabilnost agregata in vsebnost organske snovi, ter vzdržujemo zdravo bioto v prsti. Pašniki naj bodo upravljani tako, da ohranjajo rastlinski pokrov, pri čemer moramo biti posebej pozorni na stopnjo poraščenosti. Ker vrtače predstavljajo vir točkovnega napajanja, jih moramo pustiti v naravnem stanju in nikoli zasuti ali uporabiti kot odlagališče odpadkov.*
- (41) Kjer je le mogoče, moramo vzpostaviti varovalne pasove okoli območij koncentriranega napajanja, kot so ponikalnice, vrtače in druge naravne odprtine, saj predstavljajo kanale za prenos onesnaževal v podpovršinsko kraško okolje. V varovalnih pasovih na kmetijskih zemljiščih mora biti prepovedano oranje, ohranjati pa moramo celovit rastlinski pokrov, da filtrira morebiten sediment v vodi, ki odteka z orane zemlje. V gozdovih je ključnega pomena ohranitev in potencialna širitev avtohtone vegetacije v varovalnih pasovih.*
- (42) Treba je vzpostaviti nadzor nad količino podtalnice, ki je črpana za namakanje. Deževnico je treba zbirati v čim večji količini.*
- (43) V povezavi s kakovostjo vode je treba odsvetovati uporabo pesticidov in herbicidov, če niso nujno potrebni za zatiranje škodljivcev in plevela. Uporabo gnojil je treba zmanjšati in uporabiti naravna gnojila, kjer je le mogoče. Spoštovati moramo varovalne pasove okoli območij koncentriranega napajanja in ne nanašati kemikalij, kadar je prst (skoraj) namočena ali kadar obstaja tveganje površinskega toka, ki bi spiral kemikalije v kras.*

- (44) *Pred izvajanjem sečnje ali gozdarskih dejavnosti v kraških območjih moramo pripraviti metodologijo za popis in kartiranje območja, oceno njegove občutljivosti in/ali ranljivosti ter ustrezna navodila za upravljanje. Upoštevati moramo predhodno analizo vrste in obsega gozdarskih dejavnosti znotraj specifičnega kraškega prispevnega območja in izvajati nadaljnji monitoring, da preverimo upoštevanje navodil in kako dobro so občutljiva kraška območja zaščitena.*
- (45) *Naravnih gozdov, ki so se razvili na kraški zemlji, vključno z odraslimi drevesi in zaraščenimi gozdovi, ne smemo posekati na golo, sekati ali kako drugače spreminjati. Namesto tega moramo te gozdove strogo zaščititi z ustreznim ohranitvenim upravljanjem, da bi lahko površinska in podzemna kraška okolja še naprej prejemala njihove ekosistemske storitve.*
- (46) *Na območjih, kjer je bil avtohtoni gozd posekan in nadomeščen z drugimi vrstami dreves, naj upravljavci načrtujejo zamenjavo tujerodnih vrst z gozdom, ki je najbolj prilagojen tamkajšnjim ekološkim razmeram.*



Odstranitev naravne gozdne vegetacije z golosekom, ki ji sledijo požari v naravi, lahko povzroči močno erozijo prsti, ki spominja na 'širjenje kamnitih puščav', kot je značilno za nekatere regije južnokitajskega in dinarskega krasa. Takšna degradacija kraških pokrajin lahko spremeni hidrološke vnose in povzroči izgubo habitata ter upad biotske raznovrstnosti. Požari povzročijo kalcinacijo in lomljenje (tj. luščenje) vrhnje površine epikraške matične kamnine. Kras ob potoku Kinman, Vancouvrov otok. Fotografija: Paul Griffiths.



V kraških območjih s tanko plastjo prsti lahko golosek naravnih gozdov privede do velike izgube prsti, saj ta gravitira k stikom, povečanim razpokam in drugim odprtinam v matični kamnini. Načrten požig in/ali požari v naravi lahko te posledice še poslabšajo. Škraplje z globokimi žlebovi, nekoč pokrite s prstjo, so zdaj razgaljene. Kras ob reki Tahsish, Vancouvrov otok. Fotografija: Paul Griffiths.

Ekstraktivne industrije

Opomba glede terminologije. Izrazi 'rudnik', 'kop' in 'kamnolom' opisujejo kraj, kjer izkopavajo kamen ali minerale. Nekateri avtorji uporabljajo izraz 'kamnolom' za kraj, kjer izkopavajo kamen, in 'rudnik' za izkopavanje drugih mineralov, vendar je raba nedosledna. V obeh primerih se lahko izkopava na površju in v tem primeru včasih dodajo besedo dnevni ali površinski, npr. 'dnevni kop' ali 'površinski kop', ali pa pod površjem. V tem dokumentu uporabljamo izraz 'kamnolom' za površinsko izkopavanje in 'rudnik' za delo pod zemljo.

Jame in kraška območja vsebujejo rudna nahajališča, ki jih ljudje izkoriščamo že od t.i. kamene dobe. Apnenec, najbolj pogosta kamnina, na kateri najdemo kraške reliefne oblike, se že tisočletja uporablja kot gradbeni kamen. V 21. stoletju je postal eden najbolj uporabljenih materialov na svetu: v gradbeništvu kot cement in kot agregat, predvsem v betonu; v kemijski in farmacevtski industriji; pri proizvodnji papirja in celulozne kaše; v kmetijstvu kot apno; pri proizvodnji železa in jekla; kot arhitektonski in okrasni kamen ter v vrsti okoljevarstvenih procesov, vključno z razžvepljevanjem dimnih plinov. Dolomit je pogosto uporabljen kot gnojilo. Tudi nekarbonatne kamnine, ki tvorijo kras, imajo praktično vrednost. Sadra se pogosto uporablja v gnojilih in gradbeništvu; sol se uporablja v prehranski in kemijski industriji na številne načine; železove formacije so bistvenega pomena za proizvodnjo jekla in železa; kvarcit pa je pogost okrasni kamen. Zato ni presenetljivo, da lahko ekstraktivne industrije vplivajo na jamsko in kraško geološko dediščino ter ekosisteme.

Poleg matične kamnine je s kraškimi območji povezanih še nekaj gospodarsko pomembnih rudnih nahajališč. Nekateri minerali, predvsem tisti, ki vsebujejo cink, svinec in srebro, pa tudi fluorit, barit in apatit, zapolnjujejo udorne strukture ali žile znotraj karbonatnih zaporedij, ki so včasih povezana s starodavnimi oblikami, nastalimi zaradi raztapljanja, ki jih imenujemo 'paleokras'. Včasih jame vsebujejo dragocene rudnine, na primer v mineraliziranih žilah ali stikih, kar olajša dostop do rudnega nahajališča. Minerali z gospodarsko vrednostjo so lahko skoncentrirani v kraških depresijah ali pa odplaknjeni v jame. V osrednji Braziliji so

izkopavali diamante iz konglomeratov znotraj kvarcitnih jam, pri čemer so morali zgraditi kamnite zidove in spremeniti jamske rove. Okoli 60 % vseh zalog nafte in 40 % vseh zalog plina na svetu se nahaja v karbonatnih kamninah, ki so večinoma povezane s sekundarnimi poroznimi strukturami, kot so visokoprepustni horizonti in izolirane votlinice (angl. vugs).

Obstajajo tudi minerali, ki se ne nahajajo v kraških kamninah, vendar vsaj delno izvirajo iz kraških procesov. To velja za boksit, bogat z aluminijem, ki nastane s preperevanjem in ga običajno povezujemo s kraškimi kamninami. Prekomerno črpanje podzemne vode (angl. water mining), ki sicer ni specifično za kraška območja, lahko razumemo kot obliko ekstraktivne dejavnosti, zlasti, če črpanje vode presega naravno napajanje. To pogosto velja za obsežne projekte odvajanja vode iz rudnika.



Kamnolomska cona in delno uničena jama, Tajska. Fotografija: John Gunn.

Zadnja kategorija mineralov, povezanih z jamami, so kemični ali organogeni sedimenti, ki nastanejo v suhih rovih. Navadni soliter je prsteni sediment, bogat z nitratom, ki je prisoten v jamah po vsem svetu in je bil obsežno uporabljan kot glavna sestavina pri izdelavi smodnika, predvsem v 18. in 19. stoletju. V 19. stoletju so gvano (iztrebke ptic in netopirjev, bogatih z organskimi snovmi)

obsežno izkopavali v Ameriki, jugovzhodni Aziji in Avstraliji za izdelavo gnojil. Narodni park Carlsbad Caverns je eden od teh krajev. Danes je med lokalnimi kmeti v tropskih krajih močno razširjeno 'samooskrbno' izkopavanje gvana. To še zdaleč ni obnovljiv vir – s to dejavnostjo popolnoma uničimo pomembne paleookoljske zapise in močno prizadenemo združbe nevretenčarjev, ki so odvisne od gvana. V jamah Malezije in Tajske še danes legalno pobirajo ptičja gnezda, zgrajena s slino lastovic, ki jih nato prodajajo kot drago gastronomsko poslastico.

Minerale, povezane s krasom, izkopavamo že od pradavnine. Na karbonskem apnencu blizu kraja Llandudno v Združenem kraljestvu se nahajajo okoli 4.000 let stari rudniki bakra, medtem ko mumije v jamah pričajo o neverjetnih podvigih Indijancev, ki so se prebili skozi kilometre jamskih rogov v Narodnem parku Mammoth Cave, ZDA, da bi zbrali sadro in kremen, s pomočjo preprostih bakel. Podobno so se avstralski staroselci prebili skozi pribl. 1.000 m rogov, da bi izkopali kremen v jami Koonalda v kraju Nullarbor. Izkopavanje apnenca ali travertina za uporabo pri gradnji se izvaja že tisočletja, še posebej v sredozemski regiji, bogati s krasom. Po evropskem 'odkritju' Amerike in Avstralije je gospodarski pomen kraških rudnih nahajališč privedel do razcveta industrije gnojil, povezanih z gvanom, in obsežnega izkopavanja navadnega solitra v jamah, ki je bil v ZDA pomemben za proizvodnjo smodnika med državljansko vojno v 60. letih 19. stoletja. Od industrijske revolucije dalje narašča povpraševanje po številnih mineralnih dobrinah, povezanih s krasom.

Vpliv ekstraktivnih industrij na okolje se močno razlikuje glede na dejavnost, vrsto rude, tehniko rudarjenja in ekonomske dejavnike. Karbonatne kamnine tvorijo cca. 15 % celinskega površja, zaradi česar imajo nižjo tržno ceno kot manj pogosti minerali. Vendar pa njihova cena narašča zaradi vse večjega povpraševanja po karbonatih in zaradi uporabe kamna visoke čistosti v farmacevtski in kemijski industriji. Izkopavanje drugih mineralov, ki se nahajajo v kraških kamninah, prav tako poganjajo ekonomski dejavniki, cene mineralnih dobrin pa močno nihajo v skladu s povpraševanjem. Eno obdobje povečanega povpraševanja je povezano s hitrim razvojem kitajskega trga od poznega prvega desetletja 21. stoletja dalje in se nanaša na osnovne kovine, npr. železo. Cene drugih ključnih kovin so prav tako narasle zaradi hitre rasti sektorja obnovljivih virov energije, kjer so litij, nikelj in kobalt bistvenega pomena za proizvodnjo akumulatorjev za električne avtomobile. Ti gospodarski megacikli poganjajo globalno rudarsko industrijo in povečujejo pritisk na izkopavanje mineralov v zavarovanih območjih oz. v njihovi bližini. To je problem predvsem v državah v razvoju, kjer so ti minerali zaradi visokega povpraševanja in posledično visokih cen postali strateške dobrine.

Pridobivanje karbonatnih kamnin

Do nekaterih nahajališč apnenca ali dolomita visoke čistosti je omogočen dostop prek podzemnih rudnikov, globalno gledano pa je večina kamna pridobljena iz dnevnih kopov. Prvi kamnolomi v razvitih državah so bili lokalni podvigi majhnega obsega, danes pa večino kamna pridobivamo iz majhnega števila velikih kamnolomov, ki se najpogosteje nahajajo na pobočjih hribov ali dolin. Številni kamnolomi obratujejo že desetletja in ker je težko dobiti dovoljenje za nove kamnolome, se upravljavci obstoječih kamnolomov raje odločijo za razširitev ali za globlje kopanje. Upravljavci zavarovanih območij se včasih soočajo s težavo, da so kamnolomi začeli obratovati v območju ali na njegovi meji, še preden je območje prejelo to oznako, kar se je zgodilo v Narodnem parku Peak District v Angliji.

V državah v razvoju, zlasti tistih v tropskih območjih, še vedno obstaja veliko majhnih kamnolomov apnenca, ki so lahko posebej problematični v območjih stožčastega ali stolpastega krasa, kjer lahko relativno majhen kamnolom odstrani celoten hrib, ki morda vsebuje endemične vrste. V takšnih situacijah lahko z razvojem velikega kamnoloma izven zavarovanega območja in z zaprtjem majhnih kamnolomov močno zmanjšamo okoljske vplive, še posebej, če se za večji kamnolom zahtevajo višji okoljevarstveni standardi.

Pridobivanje železovih formacij

V nasprotju s karbonatnimi kamninami, ki izdanjajo na širnih območjih, so železove formacije precej manj pogoste kamnine, ki so jih izoblikovali specifični geološki dogodki pred milijardami let. Ker je visoka koncentracija železa posledica izločanja silicijevega dioksida in privzema železa (istih procesov, ki ustvarjata praznine in jame), večina rud z visoko vsebnostjo železa prihaja iz jam. Zaradi velikega povpraševanja po teh kamninah so v Braziliji že izkopali velik del izdankov železovih formacij, številna druga območja pa so vključena v prihodnje rudarske načrte. Čeprav drži, da ima večina rudnikov lokaliziran vpliv zaradi relativno majhne velikosti (tudi največjih rudnikov), pa so z njimi običajno povezani industrijski obrati in obsežna veriga dobaviteljev, kar spodbuja hiter urbani razvoj, ki močno vpliva na bistveno večja območja. Največje nahajališče železa na svetu so odkrili v kraju Carajás v brazilski Amazoniji šele leta 1967, nahaja pa se v železovih planotah, ki vsebujejo več kot 2.000 jam. To območje je bilo prvotno redko poseljeno, predvsem z indijanskimi plemeni, ki so živeli v neokrnjenem amazonskem deževnem gozdu. Izkopavanje se je začelo nekaj let pozneje in do leta 2020 je tam živelo že več kot 300.000 ljudi v novih mestih, ki se preživljajo z rudarsko dejavnostjo.

Vplivi ekstraktivne industrije

Kot smo povedali v uvodu, se lahko kamen in minerale pridobiva iz kamnolomov ali iz podzemnih rudnikov. Vplivi teh dveh oblik pridobivanja rud se načeloma močno razlikujejo, zlasti v zavarovanih območjih, zato so spodaj opisani ločeno.

Vplivi kamnolomov

Kamnolomi imajo dve vrsti širših vplivov: prvič, neposredne vplive na nahajališče in drugič, posredne vplive na širšo okolico. Prvi vpliv na nahajališče je posledica odstranitve vrhnje plasti prsti in površinskih sedimentov, da razgalijo kamnino, ki jo želijo izkopavati. Če je kamnina karbonatna, potem izguba prsti povzroči takojšnjo izgubo večine ogljikovega dioksida, ki poganja proces raztapljanja, saj se proizvaja v coni prsti. Po odstranitvi prsti in površinskih sedimentov nato odstranijo kamnino iz epikrasa, cone, kjer poteka največ raztapljanja. Odstranitev te kamnine neposredno vpliva na raztapljanje in posledično na količino kalcijevega karbonata, ki doseže izvire s povodjem na območju kamnoloma. Kot primer naj navedemo regijo Forest of Dean v Združenem kraljestvu, kjer se nahaja kamnolom apnenca v povodju izvirov, ki so zaščiteni zaradi odlaganja lehnjaka. Izvire spremljajo, da bi ugotovili, če izkopavanje zmanjšuje količino karbonatov v izviru in vpliva na odlaganje lehnjaka.

Zaradi relativno nizke vrednosti karbonatnih kamnin so le redki kamnolomi razviti pod debelo krovino, vendar to ne velja v primerih, ko v kamnolomu izkopavajo dragocenejši mineral. V takšnih primerih se material, ki nima gospodarske vrednosti (krovina ali prikamnina ob mineralu, ki nas zanima), odlaga v nasipih jalovine ali kupu odpadkov, ki lahko okolju bolj škodujejo kot pa sam kamnolom.

Starejši kamnolomi so se običajno nahajali na pobočjih hribov ali dolin, saj je lažje izkopavati kamen bočno kot pa iti v globino. To privede do sprememb ali popolnega uničenja površinskih reliefnih oblik, kar je posebej zaskrbljujoče v območjih stožčastega ali stolpastega krasa, kjer lahko z izkopavanjem odstranimo celoten hrib. Poleg očitne izgube geološke dediščine, so številni hribi v tropskih krajih kotišča netopirjev in dom redkim vrstam, ki so na posameznih stolpih celo endemične.

Ko se kamnolomi širijo bočno ali navpično, se poveča možnost, da sekajo elemente kraškega odtočnega sistema (kanale) ali jame. Če ima kamnolom dovoljenje ustreznih organov, potem se ne moremo izogniti uničenju jame, vendar naj takšno dovoljenje vključuje zahtevo po znanstvenem popisu jamske morfologije in sedimentov. V nekaterih državah je bila sprejeta zakonodaja, ki zahteva nadomestilo za uničeno jamo. V Braziliji je bilo zakonsko dovoljeno uničenje katere koli jame, ki ni bila opredeljena kot zelo pomembna, pod pogojem, da se je uničenje kompenziralo z denarnim plačilom ali pa s trajno ohranitvijo druge jame oz. jam. To je privedlo do vzpostavitve pomembnih ohranitvenih območij, vključno z novimi narodnimi parki, ki varujejo pomembna kraška območja in jame. Vendar je določanje cene jam lahko tudi tvegana ohranitvena strategija, saj je cena običajno vezana na državne gospodarske indekse, medtem ko se cene rud zelo razlikujejo. V obdobju razcveta trga kovin, ki traja že vse od 1. desetletja 21. stoletja, se morda zdi vredno plačati strošek uničenja jame, če ga primerjamo z občutno višjimi finančnimi sredstvi, ki jih potrebujemo za odprtje in obratovanje kamnoloma. Poleg tega vrednost zalog mineralnih surovin, ki jih jama blokira, običajno presega ceno, ki jo je treba plačati za uničenje jame. V začetku leta 2020 so v Braziliji zaradi nepopravljivih posledic lahko plačali celo 1 milijon ameriških dolarjev na jamo.

Ko kamnolom ali del kamnoloma doseže točko, ko pridobivanje kamnov ni več mogoče, potem se ponuja priložnost za obnovo, kar je še posebej dragoceno, če se kamnolom nahaja znotraj zavarovanega območja. Ena možnost je izgradnja novega epikrasa, sestavljenega iz odpadnega apnenca, raznesenega po tleh kamnoloma (ki ga bo morda treba razlomiti za izboljšanje infiltracije) in pokritega s prstjo ali z drobnim apnencem (debeline 3 mm ali v prahu) z dodatkom organskega izboljševalca prsti. Na obrobjih kamnolomov poskušajo zgraditi reliefne oblike, podobne tistim v naravnem krasu izven območja kamnoloma, npr. kamnite stebre, strma pobočja in melišča.

Vplivi kamnolomske dejavnosti izven območja kamnoloma se nanašajo predvsem na razstreljevanje in vodo, v obeh primerih pa obstaja možnost, da kamnolom, ki se nahaja izven zavarovanega območja, vpliva tudi na notranjost zavarovanega območja. Vplivi razstreljevanja so kompleksni in povezani tako z zasnovo oz. izvedbo razstreljevanja kot z geologijo. Obstajajo primeri jam, ki so jih presekali kamnolomi, vendar pri tem niso poškodovali rogov ali kapnikov, medtem ko so v nekaterih primerih kamnolomi poškodovali jame, oddaljene več sto metrov od kamnoloma. Še en pomislek so slabo raziskani vplivi hrupa in vibracij na jamsko favno. Kljub tem dejavnikom je jasno, da lahko moderna zasnova detonacij minimizira te vplive, saj sta količina razstreliva in njegov položaj v posamezni strelni luknji skrbno preračunana, medtem ko zamiki v milisekundah zmanjšajo vibracije in zračni nadtlak. Nadaljnji pomislek je povezan s tem, da so v preteklosti najpogosteje uporabljali razstrelivo ANFO (amonijev nitrat in kurilno olje), ki so ga zmešali pri vrtini ali celo v njej. To predstavlja tveganje dolgotrajnega onesnaženja z DNAPL (gosto tekočino brez vodne faze). Moderne detonacije uporabljajo vnaprej zmešano razstrelivo ANFO, običajno kombinirano z emulzijskimi razstrelivi. Vendar skladiščenje kurilnega olja lahko pripelje do njegovega izločanja v kras. Nepravilno rokovanje z amonijevim nitratom pa lahko privede do onesnaženja podtalnice z nitratom. Oba izdelka, iz katerih je izdelano razstrelivo ANFO, se običajno hranita in mešata pri kamnolomu pred uporabo.



Stena kamnoloma na krasu Lagoa Santa v Braziliji, kjer vidimo podtalne stolpe. Fotografija: Augusto Auler.

Hidrološki vplivi kamnolomov so povezani z vodo, ki se steka v kamnolom ali se izteka iz njega. Kot v primeru vplivov miniranja je pomembno, da skrbno preučimo hidrogeološki okvir. Voda lahko vstopi v kamnolom s površinskim tokom ali pa s sekanjem glavnih poti podzemnega toka. Površinski tokovi zahtevajo načrtovanje na velike razdalje, da bi lahko upravljali z vodo, zajeto iz odtočnih kotlin med širjenjem kamnoloma, ki bi sicer motila njegovo obratovanje. Podzemni pritok v kamnolom se lahko močno razlikuje. Nekateri kamnolomi so se zaprli zaradi poplavljanja podtalnice, medtem ko se nekateri raztezajo več kot 100 m pod prvotnim zemeljskim površjem, vendar prejemajo le malo bočnega pritoka. Kjer kamnolom zajema podtalnico iz širšega območja, temu lahko sledi razvoj ugreznih vrtač (udor ali sufozija), ki se lahko nahajajo več sto metrov proč od območja kamnoloma. Vsi pritoki v kamnolom lahko povečajo mobilizacijo onesnaževal znotraj kamnoloma in jih odnesejo v vodnjake in izvire.

Hidrološki vplivi vode, ki se izteka iz kamnoloma, so odvisni od tega, ali voda odteka po površju ali pa je črpana iz vodonosnika. Površinski odtoki iz kamnolomov pogosto vsebujejo veliko količino mulja, ki lahko zamaši vire napajanja kraškega vodonosnika ali pa spremeni in poškoduje vodotoke ter habitate. Onesnaževala iz kamnolomskih dejavnosti prenašajo površinski tokovi in se pogosto oprimejo mulja. Takšne vplive lahko zmanjšamo z usmerjanjem vode v sedimentacijske bazene, ki morajo biti zmožni sprejeti vsaj stoletne vode. Če se v sedimentih nakopičijo velike količine onesnaževal, jih moramo odstraniti in odvreči na primerno urejenem odlagališču. Vplivi vodonosnikov so prisotni tam, kjer moramo izčrpati vodo iz kamnoloma, da znižamo gladino podzemne vode in omogočimo obratovanje kamnoloma. Odvodnjavanje kamnoloma poveča tveganje za nastanek vrtač, ki lahko poškodujejo človeško infrastrukturo. Potencialno lahko tudi zmanjšajo ali ustavijo pretok kraških izvirov in vodnjakov. Nasprotno pa se spremeni režim vodotokov, ki prejemajo izčrpano vodo, saj se poveča skupni pretok in obseg vrhuncev poplav.

Prah, ki nastane med miniranjem in drobljenjem kamna v kamnolomu, lahko poveča odlaganje sedimenta, če pustimo, da ga odplakne v kraške pojave, kar bo spremenilo hidravliko kanalov in sedimentacijo v površinskih vodotokih. Obvladovanje prahu je pereče vprašanje pri številnih kamnolomih, saj lahko povzroči obsežno onesnaženje zraka z drobnimi delci. Ko se kamnolomu izteče življenjska doba, se pojavijo številna vprašanja glede dolgoročnega upravljanja objekta, saj moramo poskrbeti, da ne pride do ilegalnega odlaganja gospodinjskih in industrijskih odpadkov, ki bi vplivalo na podtalnico. Nekateri vlade zahtevajo melioracijski načrt in garancijo za dobro izvedbo posla za kamnolome in rudnike. Po zaprtju kamnoloma bo morda treba urediti rabo zemljišča v skladu z razvojem.

Oblasti običajno niso naklonjene novim kamnolomom ali širitvi obstoječih kamnolomov v zavarovanem območju, zaradi česar skrbno preučijo vse vloge v zvezi z dokazanimi vplivi kamnoloma in morebitnimi vplivi izkopavanja kamna drugod. Če je kamnolom presekjal in uničil jamske rove ali če je dokazana hitra hidrološka povezava z izviri, potem je to dobra osnova za nasprotovanje nadaljnji širitvi. V drugih situacijah pa morda poglobitev oz. širitev obstoječega kamnoloma ne bo dodatno vplivala na kraške

reliefne oblike in hidrologijo, zaradi česar bo boljša rešitev kot pa odprtje novega kamnoloma. Dodatna vprašanja se pojavijo, kadar poglobitev zahteva odvodnjavanje. V vsakem primeru morajo k vlogam priložiti trdne dokaze, da to ne bo škodljivo vplivalo na zavarovana območja ali na vodnjake in izvire, ki so pomembni vodni viri za ljudi in ekologijo.

Vplivi rudnikov

Površinski vplivi podzemnih rudnikov so omejeni na območje okoli vhoda/vhodov v rudnik in območja, kjer poteka obdelovanje minerala ali odlaganje odpadkov. Znotraj zavarovanih območij naj se ne odpira novih rudnikov, razen če je to zelo dobro strateško utemeljeno in se bodo območja obdelave in odlaganja odpadkov nahajala daleč proč od meje zavarovanega območja. Ena možnost je tudi pridobivanje minerala, ki se nahaja pod zavarovanim območjem, prek rudnika/rudnikov z vhodi izven tega območja. Moderne rudarske tehnike minimizirajo tveganje udara, najpomembnejša posledica pa bo najverjetneje odstranjevanje podzemne vode iz delovišča. V nekaterih kraških območjih so v preteklosti pogosto izkopavali drenažne rove v globokih dolinah, da bi znižali gladino podtalnice v velikem kamninskem bloku. To zmanjša pretok v izvirih in v vodotokih, ki jih ti izviri napajajo. V nekaterih primerih se celo popolnoma izsušijo, medtem ko se poveča pretok rek, ki jih napajajo drenažni rovi. Moderni globoki rudniki običajno zahtevajo obsežne sheme odvodnjavanja, ki v nekaterih primerih vključujejo hitrosti črpanja nad 6 m³/s. V poroznih tleh črpanje ustvari lijak v gladini podzemne vode, v večini kraških kamnin pa je prepustnost izrazito anizotropna, vplivi odvodnjavanja pa se lahko raztezajo več kilometrov, zlasti tam, kjer rudniki sekajo kanale. Kot pri drenažnih rovih so tudi tu običajne posledice manjši pretok v izvirih in v vodotokih, ki jih ti izviri napajajo, ter povečan pretok v rekah, ki prejemajo izčrpano vodo. Kjer je matična kamnina prekrita z več kot 3 m prsti, črpanje podzemne vode v površinskih sedimentih običajno privede do oblikovanja ugreznih vrtač. Dodatne posledice se nanašajo na kemijsko sestavo vode in na količino suspenzijskega sedimenta.

Rudniki in kamnolomi lahko presekajo jamske rove, s čimer lahko vplivajo na jamsko klimo oz. jo spremenijo in povzročijo izgubo habitata ogroženih vrst netopirjev. Pri odločanju o rudniku ali kamnolomu moramo upoštevati prizadevanja za minimiziranje vpliva na pomembne habitate netopirjev ali ogroženih vrst. Kamnolom apnenca Greer v zvezni državi Zahodna Virginija, ZDA, je tesno sodeloval z jamarji pri kartiranju jame Hellhole, 50 km dolge jame, ki se nahaja blizu kamnoloma in je pomembno prezimovališče dveh kritično ogroženih vrst netopirjev.

Tako kot kamnolomi imajo tudi rudniki omejeno življenjsko dobo, običajno ne več kot nekaj desetletij. V nekaterih primerih se rudniki zaprejo, ker so zaloge minerala izčrpane, največkrat pa zato, ker postanejo negospodarni zaradi povečanih stroškov izkopavanja ali znižanja tržnih cen. Če se najdejo novi načini uporabe določenega minerala, ki mu posledično naraste vrednost, se lahko pojavijo pritiski po ponovnem odprtju rudnikov, ki že desetletja niso v uporabi. V državah, ki imajo dolgo tradicijo izkopavanja mineralov, obstaja veliko zapuščenih rudnikov in rudnih nahajališč, ki jih po navadi ne nameravajo sanirati. V nekaterih primerih so ta nahajališča zaščitena zaradi zgodovinskega pomena ali ker so razkopana tla in gomile odpadkov porasle redke rastlinske vrste. Za druga nahajališča pa so značilni okoljski problemi, kot so erozija prsti, kisle rudniške vode in nastanek podorov. Ustrezno zaprtje rudnika, čemur pravimo 'razgradnja', je pogosto zelo kompleksen in drag postopek, v preteklosti pa je bil le redko vključen v operativne stroške rudarjenja. Znani so celo poskusi, da bi se izognili vsem stroškom razgradnje s pomočjo 'strateškega stečaja'. Razgradnja in ustrezne dejavnosti po zaprtju rudnika na kraških območjih naj vključujejo dolgoročni monitoring površinskega premikanja tal, kakovosti podtalnice in površinskih ter podzemnih ekosistemov.

Povzetek

Naloga usklajevanja ekstraktivnih industrij z ohranjanjem krasa in jam vedno predstavlja izziv, saj je povezana tako s potencialnimi kot z dejanskimi vplivi na okolje in s političnimi ter ekonomskimi dejavniki, ki vključujejo deležnike na mednarodni in lokalni ravni. V nekaterih primerih so bili posegi dovoljeni v zavarovanem območju, ker je šlo za 'državni interes', v določenih primerih pa so celo umaknili oznako zavarovanega območja, da bi dovolili posege. V 21. stoletju pa se v korporativnem svetu vedno bolj uveljavljajo prakse okoljskega in socialnega upravljanja, skupaj s spoznanjem, da lahko nezmožnost zaščite pomembnih območij škoduje ugledu podjetja in nazadnje tudi direktorjem. Leta 2020 je uničenje dve pomembnih arheoloških najdišč v dveh avstralskih jamah v železovih formacijah privedlo do javnih protestov, sprva od domorodnih Avstralcev, nato pa še globalno zaradi publicitete na družbenih medijih. Zaradi pritiska delničarjev so odstavili glavnega izvršnega direktorja in nekaj višjih vodstvenih delavcev, čemur je sledil odstop predsednika in nekaterih direktorjev. Med pisanjem tega dokumenta je potekala parlamentarna preiskava tega primera in upamo, da bo privedla do sprememb v rudarski zakonodaji za boljšo zaščito takšnih najdišč.



Kamnolom apnenca Dowlow v Narodnem parku Peak District, Združeno kraljestvo. Kamnolom pokriva površino pribl. 0,5 km². Leta 2021 je dosegel najnižjo točko okoli 100 m pod prvotnim zemeljskim površjem, vendar ni presegal kanalov ali jam, skozi stene kamnoloma pa ne priteka podtalnica. Fotografija: Tony Marsden.

Večina ekstraktivnih industrij ima visok, netrajnosten ogljični odtis. Ocenjujejo, da je cementna industrija, ki pri visokih temperaturah izpušča CO₂, ki je bil ujet med nastankom in diagenozo kalcijevega karbonata, odgovorna za 8 % globalnih emisij toplogrednih plinov. Še večji odstotek pripisujejo kurjenju fosilnih goriv (plina in nafte), pridobljenih iz nahajališč v karbonatnih kamninah. V času, ko poskušamo zmanjšati emisije na raven sprejemljivega segrevanja planeta, se bodo te industrijske panoge, ki so že sedaj na tankem ledu, soočale s številnimi izzivi.

Zaradi svoje krhkosti jame in kras težko sobivajo z ekstraktivnimi dejavnostmi, vendar moramo najti ravnovesje. V nekaterih primerih kamnolomi obratujejo zelo blizu jam ali pa se rudniki raztezajo pod kraškimi površji brez opaznih posledic, medtem ko so nekateri drugi močno posegli v hidrološke sisteme, popolnoma uničili geološko dediščino in privedli do izgube endemičnih vrst. Malo verjetno je, da lahko dosežemo popolno ravnovesje med dobičkom in izgubo, vendar bi nam to morda uspelo s strogim znanstvenim vrednotenjem, podrobnim monitoringom in obratovanjem z minimalnim vplivom.

Smernice

- (47) Novi rudniki ali kamnolomi naj ne bodo dovoljeni v zavarovanih kraških območjih, razen če se dokaže, da ni nobenega drugega vira minerala, ki ga primanjkuje in ima visoko ekonomsko oz. strateško vrednost.*
- (48) Vsak predlog za nov rudnik ali kamnolom na krasu mora prestati podrobno okoljsko presojo, ki naj upošteva pojave znotraj območja in na njegovi meji ter možnost daljnosežnih vplivov prek površinske vode in kraške podtalnice.*
- (49) Okoljska presoja naj vključuje opis in oceno vrednosti jamskih in kraških reliefnih oblik ter ekosistemov. Presodi naj, ali obstajajo alternativna nahajališča, kjer bi bile posledice izkopavanja manjše. Če alternativna nahajališča niso na voljo, potem naj bodo skrbno oblikovane varovalne cone okoli pomembnih jam in kraških pojavov, kjer je le mogoče, da zaščitimo celovitost jamskega ekosistema in neprekinjenost hidroloških procesov.*
- (50) Če se uničenju ne moremo izogniti, potem je treba pojave dokumentirati in, kjer je to primerno, odstraniti v namene znanstvenega preučevanja – tj. dokumentirati in odstraniti kapnik ali sediment za paleookoljske raziskave.*
- (51) Kjer so posegi dovoljeni, mora biti vzpostavljen dobro zasnovan okoljevarstveni sistem in protokol monitoringa za beleženje pogojev med obratovanjem in učinkovitosti varovalnega sistema, da ga lahko po potrebi spremenimo. Pripravljen mora biti tudi podroben načrt zaprtja, ki vključuje ustrezno sanacijo in dolgoročni monitoring, vključno z vnaprej izdano obveznico, ki zagotavlja finančna sredstva za zaprtje.*

Razvoj in infrastruktura

Skozi zgodovino so ljudje uporabljali kras in jame v različne namene. Gradili so objekte za bivanje, zaščito, kmetijstvo ali vodooskrbo. V srednjem veku so v Evropi v jamah gradili utrdbe in gradove, npr. Predjamski grad v Sloveniji, da bi se zaščitili in omogočili izhod v sili skozi jamske rove v primeru obleganja. Tudi majhni industrijski obrati so izkoriščali jame. V velikem vhodu v jamo Peak Cavern v Angliji se prakticira vrvarstvo že vse od srednjega veka pa do danes. Čeprav dandanes večinoma izdelujejo vrvi za prodajo turistom, ki obišejo jamo, je bila v jami nekoč majhna naselbina vrvarjev. Na območju svetovne dediščine južnokitajskega krasa še vedno obstajajo majhna bivališča v jamskih vhidih. Številne jame se uporabljajo za zorenje sira, slavni sir Roquefort z modro plesnijo pa lahko uporablja to ime le, če je dozorel znotraj jam Combalou v Franciji. Gobe, pivo, vino, kimči in številni drugi izdelki so se včasih izdelovali ali hranili v jamah, v številnih državah pa se še vedno. Pri gradnji cest včasih izkoristijo jamske rove, ker so priročnejši kot pa gradnja dragih tunelov. Ceste, ki sekajo jamo Mas-D’Azil v Franciji in del jam Jenolan v Avstraliji, so dober primer tega. Številni kraški izviri so opremljeni z objekti. Nadaljnji primeri infrastrukture v jamah in na krasu so povezani z uporabo vode (glejte [Vodooskrba](#)), s kamnolomi in rudarstvom (glejte [Ekstraktivne industrije](#)) ter s prilagoditvami v turistične namene (glejte [Turistične jame](#)).



Predjamski grad v Sloveniji je bil zgrajen v ustju jame v 13. stoletju. Fotografija: David Gillieson.

Popolnoma naravna posledica naraščanja števila prebivalstva in potrebe po infrastrukturi je, da takšni posegi vplivajo na kraška območja in obratno. Eksponentna rast prebivalstva, ki smo ji priča že od 19. stoletja, je tesno povezana z industrijskim razvojem in urbanizacijo. Skupno število prebivalcev, ki živijo v kraških območjih ali so odvisni od kraških virov, npr. vode, stalno narašča – leta 2020 je bilo ocenjeno na 1,18 milijarde. V regijah, kjer je kras prevladujoča vrsta pokrajine, so morali vse objekte, vključno s celotnimi mesti in industrijskimi obrati, zgraditi na krasu. To je povečalo okoljski pritisk na krhke kraške ekosisteme. Boljše poznavanje kraške dinamike, skupaj z bolj trajnostnim pristopom, pa je privedlo do pomembnega napredka pri omogočanju sobivanja gradbenih posegov in varovanja krasa.

Vrste in funkcije razvoja ter infrastrukture v kraških območjih se lahko razlikujejo, kar privede do različnih oblik krhkosti in različnih posledic. Sprejeta je bila široka klasifikacija, ki zajema:

- Linearne infrastrukture.
- Jeze in vodna zajetja.
- Industrijske panoge.
- Razvoj mest.

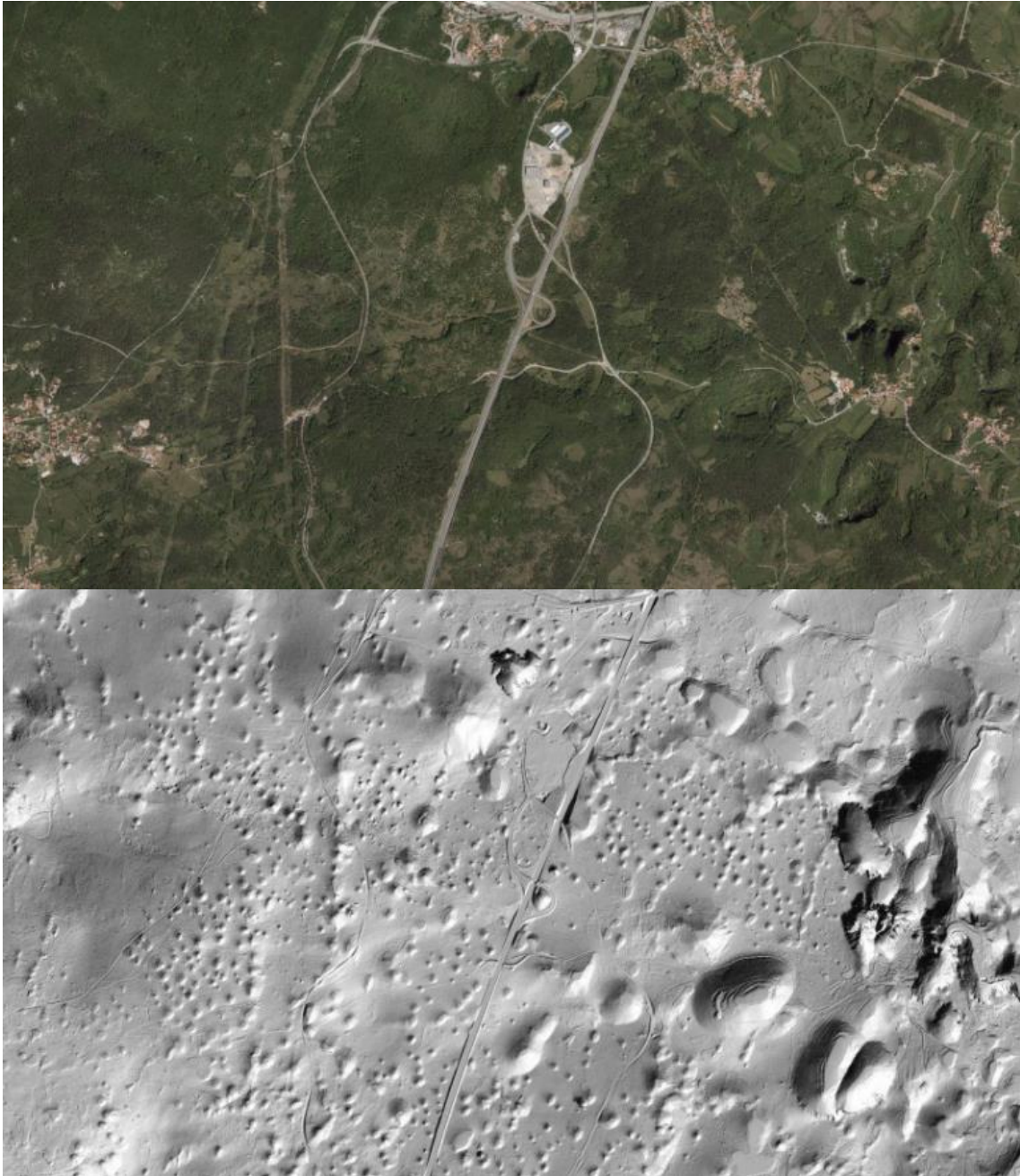
Vse te vrste so običajno medsebojno povezane, ločnica med njimi pa je pogosto zamegljena. Splošno pravilo, ki pa žal ni povsod uveljavljeno, je, da pred samo namestitvijo izvedemo študijo vplivov na okolje za samo lokacijo in za bližnjo okolico (varovalni pas). V tem pasu je treba opraviti podrobnejši popis jam in površinskih kraških pojavov, da presodimo, ali naj nadaljujemo s projektom ali pa poiščemo alternativne lokacije. Včasih ni mogoče spremeniti lokacije projekta, kar velja za nekatera vodna zajetja in jeze. V večini primerov pa se to dejanje, ki sicer na začetku deluje drago in radikalno, izkaže za smotno, saj smo se izognili dragim okoljskim odškodninam ali tožbam.

Linearne infrastrukture

Linearne infrastrukture vključujejo ceste, železnice, daljnovode, vodne kanale in druge objekte, ki so običajno ozki in dolgi. So bistvenega pomena za transport ljudi, blaga, vode in energije, njihova gostota pa je neposredno povezana z gospodarsko blaginjo in velikostjo populacije.

Zaradi značilnega razgibanega kraškega terena lahko gradnja takšnih objektov predstavlja izziv. Gradnja predorov je običajna alternativa prečkanju kraških masivov, pri čemer lahko presekajo neznane jame in povzročijo vdor vode. Drugi pomislek je stabilnost bližnjih jam in kako se te odzivajo na vibracije med gradnjo in obratovanjem. Delni ali celo popolni podor jam zaradi prometnih vibracij je mogoč, toda redek in je odvisen od lokalne geologije in globine jame – obstajajo ceste, ki potekajo nad jamami ali skozi njih, pa ne povzročajo opaznih sprememb morfologije. Podobni geotehnični pomisleki veljajo za uporabo jam kot naravnih mostov. V takšnih situacijah je treba izvesti študijo posameznega primera, s katero se prepričamo, da jame in ceste ne bodo utrpele škode. Običajno imamo pri načrtovanju linearnih objektov na voljo določeno mero fleksibilnosti, zato se moramo že v zgodnji fazi, če je le mogoče, izogniti bolj krhkim kraškim conam.

Voda, ki odteka s cest in železniških prog, je pogosto onesnažena in usmerjena proti odtokom oz. ponorom na kraških tleh, zaradi česar lahko onesnaži izvire in vodooskrbo. Če pride do razlitja nevarnih kemikalij, lahko situacija postane zelo resna. Obnašanje kemijskih spojin je kompleksno in odvisno od njihove gostote ter sestave. Čiščenje onesnažene kraške prsti ali jam je pogosto zahtevno in drago. Zaradi anizotropnih značilnosti kraških vodonosnikov in splošne hitre infiltracije, je mogoče, da del kontaminirane vode hitro potuje po kanalih in se pojavi v visokih koncentracijah že nekaj ur ali dni po vnosu, medtem ko se preostanek shrani v epikrasu in manjših kanalih ter se pojavlja v nizkih koncentracijah še več deset ali sto dni po vnosu.



Zračni (zgoraj) in lidarski (spodaj) posnetek vrtač v bližini avtoceste blizu Divače v Sloveniji. Povzeto iz Atlasa okolja Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO).

Kras lahko vpliva tudi na linearne objekte, zlasti z nastankom vrtač ali s podori v plitve jame. Geofizikalne študije nam lahko pomagajo določiti lokacijo praznin in jam, ki se jim moramo izogniti, čeprav lahko zaradi puščajočih vodovodnih cevi ali odtekanja vode po zgrajenih drenažnih kanalih nastanejo sufozijski požiralniki tudi po izvedenih študijah. Pri daljnovidih je manjše tveganje posledic zaradi široke razdalje med stebri (nosilci), čeprav so v nekaterih primerih v bližini stebrov nastale vrtače. Od pribl. leta 2010 dalje opažamo občutno rast trga obnovljivih virov energije, predvsem proizvodnje električne energije s pomočjo vetrnih turbin. Čeprav niso ravno linearne, so vetrne turbine običajno razporejene v vzporednih vrstah in za njih veljajo isti pomisleki. Ti težki objekti so do neke mere lokacijsko fleksibilni in naj bodo postavljeni proč od jam. Vetrne turbine lahko ubijejo netopirje, po navadi ne z direktnim naletom v lopatice, ampak prek barotravme, nenadnim padcem zračnega pritiska, zaradi katerega se sesedejo netopirjeva pljuča. Lokacija in obratovanje vetrnih turbin naj bosta usklajena z biologi, specializiranimi za netopirje, da minimiziramo vpliv na lokalne vrste netopirjev.



Preusmeritev lokalne ceste okoli vrtač, kot je prikazana zgoraj, je enostavna in učinkovita strategija, vendar pa morajo biti avtoceste čim bolj ravne. Fotografija prikazuje vrtačo na trasi avtoceste skozi Slovenijo. Vrtača je bila izkopana, izhod pa zapečaten po skrbni zapolnitvi z agregatom za zmanjšanje tveganja podora. Fotografija: John Gunn.



Trasa iste avtoceste v Sloveniji poteka tudi preko prvotno brezstrome jame, zapolnjene s sedimenti. Zaradi sodelovanja med izvajalci in Inštitutom za raziskovanje krasi v Postojni je bila jama skrbno dokumentirana, preden so jo zasuli z agregatom in zapečatili, da zmanjšajo tveganje podora. Fotografija: John Gunn.

Jezi in vodna zajetja

V kraških območjih se voda večinoma pretaka pod zemljo. Čeprav so ponori, vrtače in izviri tipični pojavi, je površinski odtok običajno omejenega obsega. Zaradi tega je bilo v preteklosti vedno ključno najti način dostopa do vode in zbiranja vode za osebno porabo ali za kmetijstvo. To je zahtevalo gradbene rešitve, kot so vrtanje vodnjakov ali namestitve črpalk v jame. Ustrezna alternativa je gradnja jezov ali vodnih zajetij, da ohranimo vodo na površju in lažje nadzorujemo ter razporedimo pretok. Kraške kamnine so primerne lokacije za gradnjo jezov, saj se zaradi visoke topnosti običajno nahajajo na nizkih nadmorskih višinah. Poleg tega so globoko vrezane doline ali kanjoni, ki so včasih posledica udara jame, pogoste reliefne oblike v številnih kraških območjih in predstavljajo ustrezne lokacije jezov. Od starega veka dalje so na krasu zgradili na tisoče jezov in vodnih zajetij, predvsem v Evropi in na Kitajskem.



Jez hidroelektrarne, zgrajen na kraških tleh, Laos. Fotografija: Terry Bolger.

Večina jezov in vodnih zajetij na krasu malo pušča kljub obsežnem in dragem fugiranju (tj. polnjenju lukenj z betonom ali drugim neprepustnim materialom), kar je pričakovano. Za to je krivo dejstvo, da geofizikalne tehnike izgubljajo ločljivost pri večjih globinah, trenutna tehnologija pa ne more zanesljivo določiti velikosti in lokacij morebitnih točk odtekanja, ki jih predstavljajo kanali in jame. Poleg tega vsak jez ali vodno zajetje ustvari višjo gladino vode kot prej, s čimer poveča 'hidravlični gradient'. Takšen povečan gradient pohitri tok podzemne vode, ki je turbulenten in potencialno odstranjuje sedimente, ki so pred tem zapirali obstoječe rove. Še ena morebitna pomanjkljivost je, da bo ta na novo ustvarjeni gradient povečal hitrost raztapljanja in tako omogočil povečanje kanalov med življenjsko dobo jeza, zlasti v evaporitnih predelih, kjer je kamnina veliko bolj topna kot na karbonatnem krasu. Zato ni presenetljivo, da se puščanje sčasoma poslabša. Poleg tega lahko odtekanje vode skozi razpoke in jamske rove dolvodno od zajetiv ter teža vodnega stolpca povzročita nastanek vrtač, kar lahko ustvari novo območje odtekanja in majhne potresne sunke v okolici. Dodatni okoljski problemi so povezani s hidravličnimi povezavami z drugimi hidrografskimi kotlinami in z oviranim premikanjem vodne favne, kar vključuje onesnaženje vode. Ko jez postane nedonosen ali začne preveč obremenjevati okolje, ga lahko odstranimo, čeprav je to drag in tehnično zahteven podvig, ki prinaša dodatna tveganja. Vendar je lahko cenejši od neprestanega fugiranja, vzdrževanja ali drugih vrst sanacije jeza.

V nekaterih kraških območjih gradijo jeze za povečanje zalog vode v kraških vodonosnikih. Na splošno je bolj učinkovita in manj problematična gorvodna umestitev jeza v kraško območje, ki omogoča odlaganje sedimenta tam, kjer ne ovira kraških kanalov, voda pa se sprošča s takšno hitrostjo, da se ves pretok lahko absorbira v vodonosnik. Vendar takšna zasnova ni vedno izvedljiva.

Alternativna zasnova pa umešča jez na kras dolvodno, kjer zajezi vodo neposredno nad krasom. Ta metoda poveča sedimentacijo v jamah in kanalih ter bolj vpliva na jamske ekosisteme, ki niso prilagojeni takšnim hidrološkim razmeram. Poleg tega bodo razlita onesnaževala v zajetju neposredno vstopila v vodonosnik, medtem ko je pri gorvodnem jezu več možnosti, da ujamemo in odstranimo oz. saniramo onesnaževala, preden vstopijo v podtalnico. Pri plitvih kraških vodonosnikih z majhno zalogo podzemne vode ne smemo uporabiti nobene od teh dveh zasnov, saj bo tam dodatna voda hitro stekla skozi vodonosnik in ven iz njega. V nekaterih primerih so uspešno povečali prostornino podzemne vode v velikih in globokih arteških kraških vodonosnikih, kot je vodonosnik Edwards v Teksasu.

Industrijske panoge

Industrijske panoge so različnih velikosti, namenov in oblik. Predelovalni obrati za surovine, pridobljene s krasa, kot je cement ali minerali v kraških kamninah, se pogosto nahajajo blizu kamnoloma ali rudnika, kar običajno pomeni, da so zgrajeni na krasu. Nekateri splošni značilnosti teh panog so: 1) velike potrebe po vodi za obdelovanje in ohlajanje mineralov, 2) potreba po fosilnih gorivih in 3) odlagališča, ki so ponekod večja od obrata, zlasti na rudarskih območjih, kjer je veliko primesi ali krovnine. Te značilnosti pomenijo, da nekatere panoge močno obremenjujejo kraško okolje in zahtevajo skrben nadzor nad izlivi tekočin in atmosferskimi izpusti. Prekomerno črpanje podtalnice lahko privede do posedanja tal in ponorov. Onesnaževanje zraka ne vključuje samo škodljivih toplogrednih plinov, temveč tudi različne delce, ki lahko škodujejo jamam in kraškimi pojavom ali vplivajo nanje.

Panoge, ki niso povezane s pridobivanjem mineralov, se običajno nahajajo bližje potrošnikom ali prometnim poteam. Verjetno bo treba zaradi posebne ranljivosti krasa spremeniti gradbene predpise ali prostorske načrte. Pri shemah trajnostne drenaže (angl. Sustainable Drainage Schemes oz. SUDS) morajo gradbena podjetja zagotoviti odtočne jaške ali infiltracijske bazene, drugače jim zaračunajo odvajanje meteorne vode. V kraških območjih lahko s tem povzročijo ponore in spremenijo količino ter kakovost podtalnice. Veliko industrijskih panog ima velik ogljični odtis, ki pušča posledice tudi daleč onkraj kraških regij.

Razvoj mest

Kot smo obravnavali v poglavju **Posebne značilnosti kraških okolij in jamskih sistemov**, koncentrirano napajanje vstopa v kras prek stikov, vrtač in ponorov pod naravnimi pogoji, čeprav je večina napajanja razpršena in oslajljena, predvsem tam, kjer je prisoten pokrov prsti in vegetacije ali površinski sedimenti. Urbana območja na kraški zemlji predstavljajo skrajni primer spremembe naravnih pogojev, s čimer se stopnjujejo nekateri problemi, povezani z drugimi vrstami razvoja. Mesta vedno korenito spremenijo vzorec naravne infiltracije z vzpostavitev velikih območij neprepustnih materialov v obliki streh, pločnikov in cest. Te spremembe pogosto privedejo do koncentrirane odtekače vode, ki je pogosto kalna in onesnažena s sedimenti, olji, maščobami, svincem in drugimi kemikalijami. Zato obstaja potreba po učinkovitem usmerjanju urbanega odvodnjavanja proč od krasa, če je le mogoče, ali pa proti kamninski podlagi in po izboljšanju kakovosti vode, preden vstopi v kras. 'Drenažni jarki za padavinsko vodo' so ključnega pomena v številnih mestih, npr. v mestu Bowling Green v zvezni državi Kentucky. Mesto Bowling Green je zgrajeno na valovitem kraškem ravniku in je eno od mest, ki imajo pod seboj jamski sistem, kar povečuje možnost, da onesnaženje doseže kraški vodonosnik. V preteklosti ni bilo prostorskih načrtov in je bila zato dovoljena gradnja v vrtačah, ki jih rado poplavlja med obilnim deževjem. Zasutje drugih vrtač pa je zmanjšalo njihovo sposobnost odvajanja in zmanjšalo kapaciteto skladiščenja poplavnih voda. Neučinkovit naravni drenažni sistem privede do poplav v urbanih območjih z obsežnimi površinami neprepustnih materialov, kar je pogost problem v nekaterih kraških okoljih. Odlaganje odpadkov in odplak je še eno ključno vprašanje v kraških območjih, zlasti v manj razvitih državah. Nekatera mesta nimajo skupnega kanalizacijskega sistema in izpuščajo odplake bodisi direktno v drenažne jarko ali vodotoke, jih odlagajo v doma narejene podzemne rezervoarje ali v razpoke oz. ponore na krasu. Ti primitivni sistemi ne filtrirajo onesnaževal ali omejujejo njihove razpršitve in lahko predstavljajo veliko grožnjo kraškemu vodonosniku in jamskemu ekosistemu. Poleg tega lahko neprepusten pokrov spremeni lokalni hidrograf in pospeši odtekanje vode, kar zviša gladino vode v jamah in ponorih in skrajša odziv na nevihto, zaradi česar je na voljo manj vode med sušnim obdobjem.

Meteorna voda, ki odteka z urbanih območij, je lahko zelo strupena in vsebuje olja, maščobe, bakterije in druge urbane vire točkovnega ali netočkovnega onesnaževanja. Količine bakterij v urbanih območjih so lahko zelo visoke zaradi praznjenja kanalizacijskih sistemov, odpadkov domačih živali in urbanih prostoživečih živali, kar lahko močno poslabša kakovost podtalnice.

Za kraje, namenjene trdnim odpadkom, tj. odlagališča, običajno veljajo strogi pogoji načrtovanja. Če je le mogoče, naj se takšni kraji nahajajo izven krasa nad neprepustnimi kamninami in obdajo z neprepustnimi pregradami, ki preprečujejo iztekanje. Na žalost je le redko tako v manj razvitih državah, zaradi česar sta prst in podtalnica onesnaženi. Atmosfersko onesnaževanje zaradi vozil, bivališč in industrij je še ena vrsta vpliva na okolje, ki je v mestih še okrepljeno in lahko privede do kislega dežja in razpršitve trdnih onesnaževal.



Odpadki, ki jih prenaša jamski vodotok na krasu Lagoa Santa v Braziliji. Fotografija: Luciana Alt.

Na krasu pogosto uporabljamo nevarne snovi ali pa jih prevažamo skozi kras, izpusti teh snovi pa močno vplivajo na jame, kras in vire podzemne vode. Zaznavanje, monitoring in sanacijo nesreč z nevarnimi snovmi otežujejo naslednja dejstva:

- Prst običajno le malo oslabi onesnaževala, če sploh.
- Hiter tok podtalnice na krasu (> 1 km/dan) lahko prenese onesnaževanje prek velikih razdalj, preden ga uspemo zajeziti in odstraniti.
- Poti pretakanja so slabo definirane in zato običajno ne poznamo razmerij med vnosom in izločanjem.
- Sistemi monitoringa so zahtevni in dragi za namestitev, vzorčenje in vzdrževanje.
- Zaradi anizotropnega značaja pretoka podzemne vode na krasu ni nujno, da bodo ti sistemi pokazali točno koncentracijo ali obseg onesnaženja.
- Omejeno število in razpoložljivost strokovnjakov za kraško hidrogeologijo.
- Sanacijske metode so lahko zahtevne za namestitev in izvajanje ter le delno učinkovite.

Izpusti nevarnih snovi so lahko posledica industrijskih nesreč, namernih izpustov, nepravilnega odlaganja gospodinjskih odpadkov (herbicidov in pesticidov) v vrtače, ponikalnice ali greznice, iztekanja iz podzemnih rezervoarjev, greznic in kanalizacije ter iz naftovodov in plinovodov. Bencin in druga goriva, vključno s topili (iz kemičnega čiščenja), spadajo med snovi, ki jih pogosto izpuščamo v okolje. Poleg tega, da onesnažujejo podtalnico, so lahko nekateri hlapci strupeni ali eksplozivni, če se nakopičijo, in lahko ustvarijo eksplozivno okolje v jamah in kanalizacijah ali celo v hišah in javnih zgradbah.

Ukrepanje ob nesrečah z nevarnimi snovmi je zelo zahtevno, najprej pa bi morali poskrbeti za zaščito javne varnosti, nato pa za zaščito površja in podpovršja. Če je le mogoče, naj sanacija vključuje zajetje in odstranitev vseh tekočih in trdnih odpadkov. Nevarnih snovi ne smemo nikoli zlivati po površju, saj lahko onesnažijo zasebne in javne vire oskrbe z vodo, zastrupijo jamsko bioto, privedejo do kopičenja eksplozivnih hlapov v jamah in stavbah ter poslabšajo kakovost vode v izvirih, s čimer vplivajo na ekosisteme, ki so odvisni od izvirov, in na dolvodne uporabnike. Vpliv izpusta nevarnih snovi v kras naj razišče izkušen okoljevarstvenik.

Prekomerno črpanje podtalnice je pogost pojav v urbanih območjih. Skupno črpanje iz tisočih javnih ali zasebnih vodnjakov ima lahko enak učinek kot ena sama obsežna shema črpanja v primeru rudnikov in industrije. Posedanje tal v urbanih okoljih je običajen

pojav v številnih delih sveta, kjer izkoriščajo podtalnico. V zvezni državi Florida v ZDA paketi zavarovanja nepremičnin pogosto vključujejo zavarovanje proti posedanju. Zaradi puščajočih vodovodnih ali kanalizacijskih cevi lahko nastanejo ponori, ki pomaknejo prst v razpoke ali pa oblikujejo praznine v prsti, čemur sledi udor. Prekomerno črpanje podtalnice v urbanih območjih lahko tudi zmanjša ali popolnoma zaustavi pretok izvira, ki pa je pomemben vir za dolvodne uporabnike in za vrste, ki so odvisne od njega.



Nepravilno zgrajeno odlagališče na krasu Lagoa Santa v Braziliji. Fotografija: Luciana Alt.

Poplavljanje ponorov zaradi nepravilnega upravljanja odtekajoče meteorne vode lahko povzroči težave na krasu. Gradnja domov in poslovnih objektov na ponorih in bolj neprepustna podlaga, ki spremlja urbanizacijo, lahko povzročita hitre in dolgotrajne poplave. Neustrezna ureditev rabe tal lahko privede do zamašitve 'odtokov' ponorov s sedimenti, vegetacijo in odpadki ter poveča višino poplavne vode in trajanje poplav.

Če se na robu kraških območij nahajajo mesta, naj se rast mest usmeri proti nekraškim območjem, kjer lahko gradnja poteka lažje, ceneje in z manjšimi vplivi na okolje. Javni izobraževalni sistem lahko pomaga pri tem. V mestih Austin in San Antonio v zvezni državi Teksas so prebivalci, zaskrbljeni glede kraških vodonosnikov, glasovali za rahel dvig davkov, da bi lahko v naslednjih 20 do 30 letih zbrali na stotine milijonov dolarjev za nakup velikih kraških površin, ki bi jih namenili varstvu vodonosnikov in ogroženih vrst, v nekaterih primerih pa uredili kot parke.

Večina današnjega svetovnega prebivalstva živi v urbanih območjih, zato so mesta postala ključni element agende za trajnostni razvoj. Številne podnebnju prijazne pobude in projekti z rešitvami, ki temeljijo na naravi, želijo omiliti navedene vplive, da bi dosegli ogljično nevtralno (ali v idealnem primeru ogljično negativno) okolje. Ta pomemben nedavni premik bi moral koristiti kraškimi okoljem.

Razvoj in infrastruktura v zavarovanih območjih

Zavarovana območja imajo različne stopnje zaščite, pri čemer nekatera pod določenimi pogoji celo dopuščajo obstoj industrij ali urbanih predelov, medtem ko je v drugih območjih neokrnjena divjina. Večina priljubljenih zavarovanih območij na krasu vsebuje objekte, kot so centri za obiskovalce, restavracije in prenočišča za zaposlene, znanstvenike in turiste. Omenjeni vplivi se nanašajo tudi na takšne objekte, ki bi v idealnem primeru morali biti odmaknjeni od krhkih kraških pojavov. V Narodnem parku Gunung Mulu v zvezni državi Sarawak se vsi objekti nahajajo nekaj kilometrov proč od jam. Vendar pa so v številnih zavarovanih območjih zgradili objekte blizu jam in ponorov ali direktno nad njimi. V takšnih primerih moramo biti pazljivi, saj je bilo že velikokrat dokazano, da takšni objekti vplivajo na okolje. V enem primeru je bila s sledilnim poskusom dokazana neposredna povezava med straniščem in jamskim vodotokom.

Objekti znotraj jam so po navadi minimalni. Vendar pa nekatera priljubljena zavarovana območja vsebujejo podzemne restavracije (npr. Narodni park Carlsbad in Narodni park Mammoth Cave, oba v ZDA), trgovine s spominki, toalete, amfiteatre za podzemne predstave, dvigala in troleje za vlake in vzpenjače. Vsi ti objekti imajo določen vpliv na okolje in naj bodo postavljeni šele po obsežni okoljski presoji. Načrt upravljanja zavarovanega območja naj jasno navede, ali so ti objekti upravičeni kot sredstvo za zagotavljanje udobja (ali izolacije pred naravnimi pogoji) in varnosti obiskovalcev.

Zaključek

Kras in ljudje sobivamo že od pojava prvih človečnjakov, tako dolgo pa traja tudi simbiotična povezava med rabo krasa in vpliva nanj. Zelo malo jam ali kraških območij je povsem brez človeških modifikacij, vendar v 21. stoletju narašča usmerjenost v doseganje ravnovesja med ohranjanjem in vplivanjem. Doseganje trajnosti v gosto naseljenih kraških območjih je težka naloga, vendar nam zeleni infrastrukturni projekti omogočajo premik k bolj uravnoteženi uporabi okoljskih storitev.

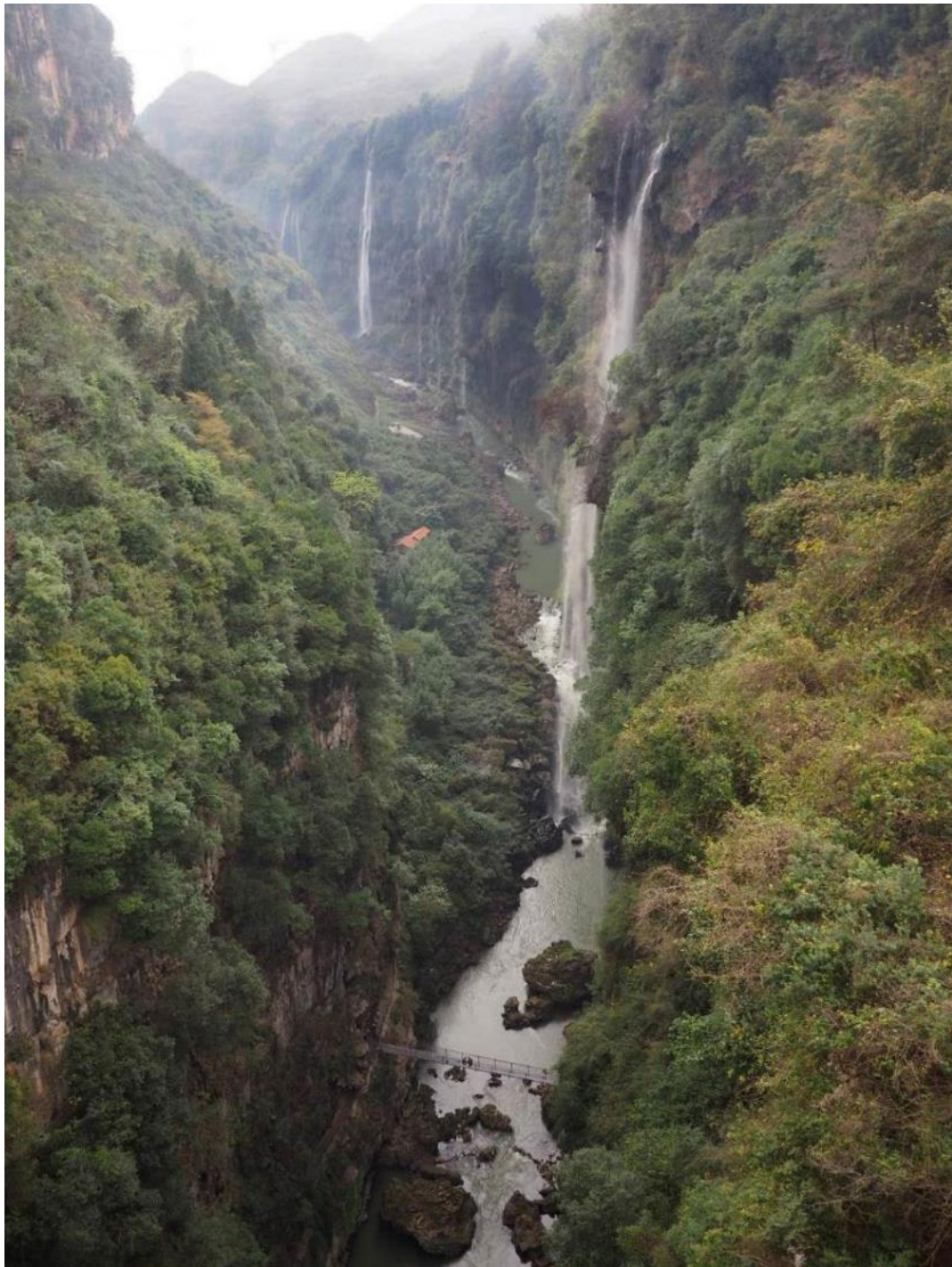
Smernice

- (52) *Vse študije izvedljivosti gradbenih projektov na kraških območjih naj vključujejo temeljit pregled načrtovane lokacije, podrobno oceno vplivov na okolje in velikost varovalnega pasu. Kjer je mogoče usmeriti projekt ali razvoj mest proč od kraških območij, se to lahko izkaže za pozitivno gospodarsko in okoljsko odločitev.*
- (53) *Moramo razviti in uporabiti protokole glede odlaganja plinastih, tekočih in trdnih odpadkov, ustvarjenih med gradnjo in po njej. Ti protokoli naj veljajo za celotno kraško kritično cono, ki obsega ozračje, prst, epikras in zgornjo cono kraških vodonosnikov.*
- (54) *Gradbeni predpisi za kraška območja naj bodo uveljavljeni na enak način kot za območja, nagnjena k potresom ali poplavam. Urbanistični načrti za kraške regije naj upoštevajo specifično in ranljivost kraških okolij.*
- (55) *Na lokalni, regionalni in državni ravni naj se uvede strog pravni okvir za načrtovanje, ki temelji na znanosti.*
- (56) *Lastnike zemljišč ali prebivalce mest bi morali seznanjati s krhkostjo kraških tal prek izobraževalnih pobud, predvsem v manj razvitih državah.*
- (57) *V zavarovanih območjih naj bo infrastruktura minimalna in, če je le mogoče, naj se nahaja proč od jam in kraških pojavov.*
- (58) *Načrt upravljanja zavarovanega območja naj skrbno pretehta prednosti in slabosti gradbenih objektov znotraj območja in si prizadeva za varovanje okolja in obiskovalcev, ne pa za zagotavljanje nepotrebne udobja. Odvracati moramo od velikopoteznih infrastrukturnih projektov v jamah, če niso nujno potrebni.*
- (59) *Z nevarnimi snovmi moramo ravnati zelo previdno in jih ustrezno regulirati, da minimiziramo izpuste. Reševalci, ki ukrepajo v primeru nesreč z nevarnimi snovmi, morajo vedeti, kateri načini ukrepanja so primerni za kraška območja.*
- (60) *Nevarnih snovi, naj gre za bencin ali druga goriva, topila, kanalizacijo in druge nevarne odpadke, ne smemo nikoli zlivati v kraška tla. Preiskava in sanacija podtalnice je zelo zahtevna in draga. Kolikor je le mogoče, naj se nevarne snovi zajezi in odstrani na površju. Podrobnejše preiskave morebitnih vplivov na okolje naj izvajajo izkušeni krasoslovci.*

Vodooskrba

Dostop do vode je igral pomembno vlogo v razvoju človeštva. Antični Grki, Minojci (Kretčani), Rimljani in številne druge civilizacije so se naučile ravnati s kraškimi vodnimi viri, številna mesta pa so imela koristi od bližnjih kraških izvirov, bodisi kot vir pitne vode ali za rekreacijo, npr. termalni vrelci v Sirakuzah na italijanski Siciliji, v francoskem Nimesu in v angleškem Bathu. V Ameriki se je majevska kultura večinoma razvila na kraških tleh, tam pa so do vode lahko prišli le skozi udornice, imenovane *cenoti*. Ena glavnih značilnosti kraških tal je, da je zaradi prepustne kamnine površinski odtok redek. Voda se večinoma pretaka pod površjem, včasih pa je dostopna skozi jame ali najpogosteje samo pri izvirih. Če pa je površinski odtok prisoten, je takšna rodovitna prst (imenovana *terra rossa* v Sredozemlju) primerna za kmetijstvo. Kmetijstvo in rast mest sta privedla do množične uporabe izvirov kot zanesljivih virov pitne vode v številnih delih sveta. Že vsaj od 19. stoletja dalje izkoriščajo kraške izvire za tradicionalno proizvodnjo alkoholnih pijač, npr. ameriškega viskija ali trapistovskih piv v Belgiji.

Glede na svetovni zemljevid kraških vodonosnikov (World Karst Aquifer Map oz. WOKAM) je za 15,2 % zemeljskega površja brez ledu značilna prisotnost zakraselih karbonatnih kamnin. Okoli 1,2 milijardi ljudi (16,5 % svetovnega prebivalstva) je leta 2020 živel v kraških območjih, okoli 700 milijonov ljudi pa je pilo vodo s teh območij. Ta delež se bo najverjetneje še povečal in s tem ogrozil trajnostno uporabo kraških vodonosnikov. Za učinkovito izkoriščanje kraških vodnih zalog so običajno potrebne gradbene rešitve, ki vključujejo vrtine in vodna zajetja. Do leta 1986 je bilo zgrajenih več kot 17.000 jezov na krasu po vsem svetu (izključujoč Kitajsko), vendar so številni puščali ali pa se niso nikoli popolnoma napolnili. Ti zgodnji gradbeni neuspehi so privedli do vsesplošnega prepričanja, da mora gradbeništvo na krasu 'pričakovati nepričakovano'. Poleg povečanja števila prebivalcev bodo tudi vplivi podnebnih sprememb verjetno povečali odvisnost ljudi od kraške vode, predvsem v nekaterih gostejše poseljenih kraških območjih v Aziji, Srednjem Vzhodu, Evropi ter Severni in Srednji Ameriki.



Viseči kraški izviri v soteski Malinghe, provinca Guizhou, Kitajska. Fotografija: John Gunn.

Na kraških tleh voda hitro pronica skozi vrtače ali stike v matični kamnini, čeprav lahko v območjih z debelo, neprepustno plastjo prsti – ki se običajno oblikuje na površinskih plasteh puhlice ali vulkanskega pepela – med padavinskimi dogodki nastanejo jezera. Za razliko od drugih kamnin je na krasu pretok podtalnice lahko zelo hiter in poteka po kanalih ali jamah. Globina podzemne vode se razlikuje po regijah, v nekaterih pa ni neprekinjene gladine, ki je značilna za prepustne kamnine. V uravnanih obalnih območjih, npr. na Floridi ali na polotoku Jukatan v Mehiki, se lahko podtalnica nahaja le nekaj metrov pod površjem, s čimer omogoča relativno lahek dostop. V gorskih kraških območjih pa je običajno prisotna več sto metrov debela vadozna cona, ki preprečuje lahek dostop do podtalnice in zahteva domiselne rešitve.

Prekomerno izkoriščanje kraških voda se dogaja v številnih krajih po svetu in povzroča nižanje vodostaja. To ima hude posledice za kraške vodne ekosisteme, saj se lahko izviri in jamski vodotoki posušijo. V številnih kraških območjih so opazili znižanje vodostaja za več deset metrov zaradi vodnjakov za vodooskrbo domov ali industrijskih obratov. Prekomerno črpanje kraške podtalnice je

lahko točkovno, kot velja za rudnike in kamnolome, ki za svoje obratovanje potrebujejo obsežne sheme odvodnjavanja, še pogosteje pa se gladina podzemne vode zniža zaradi skupne količine vode, izčrpane iz več vodnjakov, bodisi za urbano rabo ali za namakanje. Jame in praznine pod gladino podzemne vode (v freatični coni) deloma ostajajo stabilne prav zaradi podpore vode. Če s črpanjem to podporo hitro umaknemo, lahko sprožimo udor. Dodatna posledica, povezana z znižanim vodostajem, je razgaljen stik med prstjo in kraško matično kamnino (znano kot epikraška cona) nad gladino podzemne vode. To privede do gravitacijskega vnosa prsti v povečane stike, kar ustvarja nestabilne praznine v prsti. Udor teh praznin je odgovoren za udorne ponore (vrtače), ki so pogost pojav v kraških območjih, izpostavljenih intenzivnemu odvodnjanju. Prekomerno črpanje virov sladke vode v puščavah, na otokih ali v obalnih kraških območjih lahko privede do vdora morske vode. Zapuščeni ali neustrezno zgrajeni oz. vzdrževani vodnjaki lahko dovajajo površinsko onesnaženje v podpovršje in povzročijo onesnaženje podtalnice.

V nekaterih kraških območjih prihaja do poplav, ki so običajno povezane z urbanizacijo. Neprepustne površine, ki prekrivajo tla v večini mest, močno zmanjšajo naravno infiltracijo, saj je usmerjena v posamezne drenažne objekte, ki odvajajo vodo proti gladini podzemne vode. Količina odtekače vode včasih presega kapacitete teh sistemov in takrat pride do hudih poplav, kot se pogosto dogaja v urbaniziranih kraških območjih zvezne države Kentucky. Poplave bodo najverjetneje še pogostejše zaradi ekstremnih padavinskih dogodkov, povezanih s podnebnimi spremembami, kar bo predstavljalo dodaten izziv za kraška območja, saj umetni drenažni objekti ali jamski kanali morda ne bodo mogli sprejeti povečanih količin vode. Tudi ponori lahko poplavlajo, sicer ne zaradi vode, ki priteka vanje, ampak zaradi vode, ki se dviga od spodaj, pri čemer so velike količine vode preusmerjene v višje ležeče ponore in se prek jam in kanalov prenašajo navzdol.

Z izjemo kraških območij, ki imajo debele površinske sedimente, je napajanje krasa in pretok vode po kraških kanalih običajno hitrejše kot v večini sistemov podzemne vode. Zato ima kraška podtalnica omejeno naravno sposobnost redčenja in filtracije, kar pomeni, da lahko vsakršna kontaminacija s kmetijskimi onesnaževali, npr. nitrati, ali zaradi industrijskih in nenamernih razlitij hitro doseže gladino podzemne vode in se razširi daleč naokrog prek kanalov. Zaradi tega je onesnaženje kraških voda zelo težko oceniti in omiliti. Onesnaženje lahko škodljivo vpliva na ekosistem, povezan s kraškimi vodonosniki, in ogrozi življenje v jamah. Neustrezne greznice ali celo odsotnost ustreznih sistemov odlaganja človeških odpadkov so pogost pojav v številnih kraških območjih po svetu in povečujejo možnost onesnaženja s patogeni. V kraške vodonosnike lahko zaidejo raznovrstne kemikalije in odpadki. V nekaterih območjih prevladuje prepričanje 'daleč od oči, daleč od srca', zaradi česar ljudje odlagajo odpadni material v vrtače in jame. Nekateri jamski vodotoki v urbanih okoljih so močno onesnaženi in spominjajo na 'naravne' greznice, zaradi česar so bile potrebne obsežne čistilne akcije, npr. v jami Hidden River Cave v mestu Horse Cave in v jami Lost River Cave v mestu Bowling Green, oboje v zvezni državi Kentucky.

Izsekavanje gozdov za kmetijstvo oz. pašo in suše, ki postajajo vse hujše zaradi podnebnih sprememb, lahko odstranijo zaščitni rastlinski pokrov in sprožijo erozijo prsti. To pa lahko povzroči zamašitev dna vrtač ali požiralnikov, kar privede do poplav. Dodatna posledica je zamuljevanje površinskih in jamskih odtokov, kar včasih zapre rove in povzroči agridacijo sedimenta znotraj jam. Prispevna območja jam po vsem svetu so pogosto neustrezno upravljana, kar vpliva na hidrološki krog. Spremembe v rabi tal nad jamami lahko sprožijo pronicanje prsti v poti prenikanja, kar vpliva na barvo in celovitost kapnikov. To je še posebej pomembno za turistične jame, kjer lahko terigena sedimentacija spremeni barvo drugače večinoma belih kapnikov.

Nekateri od omenjenih vplivov na okolje so posledica točkovnih, kratkotrajnih dogodkov, npr. nenamernega razlitja kemikalij. Nekateri drugi, npr. onesnaženje zaradi urbanizacije, industrije ali prekomernega črpanja vode, pa lahko trajajo več let ali celo desetletij. Še en vpliv so podnebne spremembe, ki lahko paradoksalno vplivajo na vodne zaloge v kraških območjih, in sicer povečajo pomanjkanje vode s sušami ali pa povečajo možnosti poplav zaradi rekordnih padavin. Obe situaciji sta dandanes pogosti po vsem svetu. Zakrasele regije Mehike, Karibov in južne Floride so izpostavljene pogostejšim hurikanom, medtem ko v območjih s pogostimi sušami opažamo zmanjšano odtekanje vode iz jam. Učinki podnebnih sprememb po navadi sovpadajo z drugimi dejavniki, ki povečajo njihov vpliv. Dviganje gladine oceanov zaradi podnebnih sprememb lahko močno vpliva na kraške vodonosnike, saj kraški kanali predstavljajo poti, po katerih lahko morska voda priteče v notranjost in poveča slanost podtalnice.

Poleg tega se nekatera kraška območja raztezajo prek mednarodnih meja, npr. tista na Balkanu, v drugih delih Evrope in v jugovzhodni Aziji. Upravljanje kraških virov v takšnih primerih zahteva mednarodno sodelovanje, da se izognemo konfliktom v zvezi z upravljanjem virov na splošno in zlasti z upravljanjem virov podzemne vode.



Poplavna voda, ki odteka iz jame Marble Arch Cave v okraju Fermanagh, Združeno kraljestvo, v čezmejnem Unescovem globalnem geoparku Cuilcagh Lakelands. Fotografija: John Gunn.

Smernice

- (61) Določite varovalne pasove za kraške vodne vire, kot so izviri, vodnjaki in jame. V teh zavarovanih območjih vzpostavite protokole na podlagi kmetijskih praks, z ustrezno uporabo gnojil in nadzorovanim črpanjem vode. Predlaganih je bilo že več shem za uvedbo varovalnih pasov okoli izvirov, vendar so bile obsežno uporabljene le v Evropi in ZDA.*
- (62) Izobraževalne pobude naj ozaveščajo tako lastnike zemljišč kot navadne državljane glede posebnih značilnosti kraških okolij, da se izognemo nepravilnemu odlaganju trdnih, higienskih in nevarnih odpadkov.*
- (63) Pri pomembnih izvirih in izbranih vodnjakih v občutljivih in močno izkoriščanih sistemih podzemne vode na krasu je treba vzpostaviti strog sistem monitoringa. Pri številnih izvirih imamo po novem na voljo dolgoročni daljinski monitoring v visoki ločljivosti, ki bi ga morali obsežneje izvajati.*
- (64) Države bi morale obravnavati kraško vodo kot občutljiv in omejen vir, uvesti zakone za nadzor in sankcioniranje črpanja vode ter zagotoviti ustrezna finančna sredstva za hiter odziv v primeru onesnaženja. V praksi bi se morali držati predvsem priporočil glede ustrezne zasnove in izvedbe greznic ter lokacij odlagališč.*
- (65) Ker vemo le malo o obnašanju številnih onesnaževal v kraških okoljih, bi morali zagotoviti ustrezna finančna sredstva za izboljšanje znanstvenega razumevanja te teme.*

Upravljanje krasa v zavarovanih območjih

Razvoj učinkovitega monitoringa in omilitvenih ukrepov

Načela monitoringa

Monitoring je osnovno orodje pri upravljanju in varovanju jam ter kraških virov, zlasti v naravnih zavarovanih območjih. Pri tem izberemo kazalnike monitoringa in meritve, s katerimi pridobimo zanesljive podatke o trenutnem stanju jame in kraških virov, ki jih lahko primerjamo z 'referenčnimi' stanji, ki so obstajala pred začetkom upravljanja in v idealnem primeru tudi pred pojavom sprememb zaradi človeških posegov. Alternativno bi lahko za kraje, kot so turistične jame, ki imajo za sabo dolga leta razvoja, uporabili bližnjo nespremenjeno jamo kot referenco. Številne turistične jame so bile zaprte za različno dolga obdobja med pandemijo COVID-19 med letoma 2020 in 2021. Tam, kjer se je monitoring nadaljeval z uporabo avtomatiziranih tipal, nam podatki kažejo približek naravnih pogojev. Monitoring pokaže spremembe v stanju virov skozi čas, tj. vplive in izboljšanja, s tem pa tudi učinkovitost upravljavskih ukrepov. Rezultati sprotnega monitoringa lahko koristijo upravljavcem in pomagajo pri omilitvi posledic (prilagodljivo upravljanje).

V idealnem primeru bi bil program monitoringa jam in krasa celosten in bi vključeval abiotične vire, kot so voda, zrak in prst, ter geološke in geomorfološke pojave, skupaj z biotskimi viri, kot so favna, flora, habitati in ekosistemi. Vendar pa imajo organi, ki upravljajo zavarovana območja, pogosto premalo finančnih sredstev, da bi lahko podpirali celosten program evalvacije. V skladu s tem naj monitoring daje prednost naravnim virom glede na njihovo vrednost oz. pomen, ranljivost oz. krhkost in resnost dejanskih oz. predvidenih groženj ali vplivov (bodisi naravnih bodisi človeških). V primeru jam je pomembno, da imamo inventar glavnih pojavov, ki naj bodo locirani na zemljevidu jame (če obstaja) za lažje določanje merilnih mest. To si lahko olajšamo z uporabo tehnik na podlagi geografskega informacijskega sistema (GIS). Monitoring jam naj zajema tudi okolico jame, saj lahko zunanji vplivi spremenijo dinamiko jamskega sistema.

Ko vire razporedimo po pomembnosti, moramo izbrati ustrezne kazalnike za monitoring. Kriteriji za izbor kazalnikov so, ali je kazalnik relevanten in znanstveno verodostojen, ali je izvedljiv, ali ima izmerljiv majhen učinek in je stroškovno učinkovit. Kazalniki naj bodo podprti z ustreznimi okoljskimi zakonodajami zaradi morebitnih pravnih postopkov. Kazalniki in metode monitoringa naj bodo izbrani tako, da jih usposobljeno osebje lahko razume in izvaja, s čimer minimiziramo potrebo po zunanjih ali specializiranih strokovnjakih. Na splošno je bolje spremljati kazalnik, ki je enostaven in cenovno ugoden za meritve na več lokacijah, kot pa enega samega, ki je tako kompleksen in drag, da si ga lahko privoščimo samo na eni ali dveh lokacijah. Na primer, če v jami merimo izhlapevanje pri številnih odprtih petrijevkah, lahko boljše določimo težave z izsuševanjem kot pa z enim samim hidrotermografom na eni lokaciji.

Pri monitoringu moramo upoštevati tudi zmožnost ponovitve, pogostost in stroške. Pogosti monitoring enega ključnega kazalnika je boljši od občasnega monitoringa številnih kazalnikov. Monitoring ključnih kazalnikov ali na ključnih mestih naj bo izvajan čim pogosteje, da lahko ocenimo učinkovitost upravljanja na področju minimiziranja vplivov. Vendar se moramo izogibati pogostemu monitoringu v občutljivih območjih, če ni popolnoma nujno, saj tudi to lahko vpliva na okolje. Prednost moramo dajati avtomatiziranemu monitoringu, če je izvedljivo. Razviti moramo protokole za monitoring posameznega kazalnika.

Nekaj najboljših praks monitoringa

Kakovost in količina vode

Ponori in vrtače, ki omogočajo točkovno napajanje (vhodna mesta), ter izviri in vodnjaki (izhodna mesta) naj bodo uporabljeni kot postaje za monitoring kakovosti in količine vode v kraških območjih. Če finančna sredstva to dovoljujejo, moramo izvajati zvezni in dogodkovni monitoring. Na trgu so na voljo relativno poceni zapisovalniki podatkov za zvezno merjenje ključnih parametrov, vključno z globino vode (ki jo lahko pretvorimo v pretok, če določimo pretočno krivuljo), temperaturo, raztopljenim kisikom, elektroprevodnostjo (nadomestek za skupne raztopljene trdne delce) in kalnostjo (nadomestek za suspendirane trdne delce). Drugi parametri, kot so hranila, kovine, ogljikovodiki, organska onesnaževala in bakterije, so bolj primerni za dogodkovni monitoring, saj običajno zahtevajo specializirane laboratorije in drage meritve. Koncentracije so običajno največje v obdobju nizkih pretokov, kar lahko predstavlja posebno grožnjo vodnim organizmom, vendar se največja obremenitev (koncentracija pomnožena s pretokom) z onesnaževali in sedimenti prenaša med nevihtami in poplavami. Bolj splošno oceno stanja jamskih vodotokov in površinske vode lahko dobimo z monitoringom bioloških kazalnikov, npr. kakovosti vode s pomočjo števila občutljivih vrst, ki so slabo odporne na onesnaženje, kot so vodni makronevretenčarji (žuželke, črvi, polži, raki) ali nekatere vrste rib.

Stanje vegetacije

Vzdrževanje in izboljšanje stanja avtohtone vegetacije je v kraških zavarovanih območjih pogosto prioriteta. Monitoring stanja vegetacije je potreben za spremljanje napredka pri doseganju ciljev upravljanja. Dva glavna pristopa k monitoringu stanja vegetacije so lokacijske ocene in metode daljinskega zaznavanja. Lokacijske metode gozdnih meritev in obračunavanja emisij toplogrednih plinov lahko izvajamo na številnih lokacijah, za lokalne gozdne čuvaje in lastnike zemljišč pa lahko pripravimo ustrezna izobraževanja. Daljinsko zaznavanje se vse bolj uporablja za monitoring stanja vegetacije, saj ponuja obsežne, avtomatizirane in ponovljive metode. Je zelo primerno za zaznavanje sprememb v stanju vegetacije. Številne meritve s področja rastlinske ekologije uporabljajo daljinsko zaznane približke, npr. normaliziran vegetacijski indeks (angl. normalised difference red edge oz. NDRE), ki meri fotosintezo. Tudi širjenje grmovja lahko ocenimo z merjenjem trajne ozelenitve.

Jamsko ozračje

Monitoring klime in ozračja v turističnih jamah pogosto izvajamo s pomočjo avtomatskih vremenskih postaj z elektronskimi tipali in zapisovalniki podatkov. Postaje za monitoring naj se nahajajo na ključnih ali občutljivih mestih. Merijo naj naslednje kazalnike: zračni pritisk, temperaturo, vlažnost, CO₂, zračni tok in izhlapevanje. Zdravstveni in varnostni predpisi za turistične jame pogosto zahtevajo meritve koncentracije radona. Cilj takšnih meritev naj bo ohranjanje atmosferskih pogojev čim bližje naravnim referenčnim vrednostim ali pa omogočanje hitre povrnitve k referenčnim vrednostim po končanem obisku.

Jamska favna

Kjer so prisotne pomembne jamske živali, še posebej redke ali endemične vrste, moramo spremljati njihovo prisotnost in količino. Troglobionte ali stigobionte lahko uporabimo kot kazalnike pri monitoringu, saj so pogosto endemični in morda tudi najbolj ranljivi. Vendar moramo upoštevati tudi 'osnovne' vrste, npr. netopirje, jamske lastovice in jamske kobilice, kot indikatorske vrste zaradi njihovega pomena pri vnosu hrane v jamo, od katere so odvisni drugi organizmi. Osnovne vrste, ki smo jih izbrali za kazalnike, naj bodo prisotne v velikem številu in razširjene po vsej jami. Nekateri troglobionti, npr. skakači ali *Collembola*, so lahko koristni pokazatelji neravnovesja hranil v jamskem sistemu.

Kapniki in sedimenti

Na kapnike in sedimente v divjih jamah pogosto neposredno vplivajo obiskovalci, medtem ko v turističnih jamah nanje vpliva razraščanje lampenflore. Fotomonitoring je učinkovit način beleženja stanja kapnikov in odkrivanja vplivov. Za fotomonitoring izberemo kapnike in sedimente, ki imajo posebno znanstveno ali estetsko vrednost oz. se nahajajo na ranljivi lokaciji, npr. blizu jamske steze. Fotomonitoring vključuje fotografiranje izbranih kapnikov ali sedimentov s fiksne mesta in s fiksnimi nastavitvami fotoaparata in osvetljava, kar nam omogoča, da fotografije natančno reproduciramo in primerjamo skozi daljše časovno obdobje, s čimer ocenimo vplive obiskovalcev. Fotomonitoring moramo izvajati tako pogosto, kot je primerno glede na število obiskovalcev in njihov morebiten vpliv. Enoletni interval monitoringa bi bil primeren za številne turistične jame. Nove tehnike, npr. lasersko skeniranje (LIDAR), so obetavne za uporabo pri monitoringu. LIDAR ustvari podroben tridimenzionalni posnetek jame, ki ga lahko uporabimo kot referenco za zaznavanje sprememb v kapnikih in sedimentih ali pa drugih človeških sprememb jamskega okolja. Enak pristop lahko uporabimo na površju s pomočjo zračnih posnetkov LIDAR.

Podnebne spremembe in ekstremni dogodki

Učinki podnebnih sprememb so že opazni in se bodo še poslabšali v številnih kraških območjih. Povečana pogostost ekstremnih dogodkov, kot so poplave, suše in požari v naravi, predstavljajo najzahtevnejši trend podnebnih sprememb. Monitoring meteoroloških in hidroloških parametrov, kot so temperatura zraka, padavine, temperatura sladke vode, pretok vode v rekah in izvirih, gladina jezer in podtalnice, mora biti prednostna naloga pri zaznavanju podnebnih sprememb in odzivanju nanje. Postopna, dolgoročna naraščanja temperature zraka in ekstremni temperaturni dogodki (vročinski valovi) so v jamskih okoljih običajno zapoznani in blažji. Nasprotno pa se vplivi ekstremnih hidroloških dogodkov, kot so poplave in suše, hitro prenesejo s površja v podzemna (jamska) okolja v kraških hidroloških sistemih. Monitoring teh parametrov nam omogoča razvoj sistemov zgodnjega opozarjanja na ekstremne dogodke, kot so poplave in požari v naravi. Poleg tega lahko prepoznamo biološke in ekološke kazalnike podnebnih sprememb. Primeri tega so spremembe v časovni razporeditvi fenoloških pojavov, kot so brstenje in cvetenje rastlin, ali spremembe v časovni razporeditvi in obsegu selitev živalskih vrst, kot so ptice in netopirji.

Omilitev

Če z monitoringom odkrijemo grožnje ključnim jamskim ali kraškim virom oz. vplive nanje, mora vodstvo ukrepati, da omili nadaljnjo škodo. V primeru groženj ali vplivov zaradi človeških obiskov lahko to dosežemo s pomočjo različnih strategij, vključno z omejevanjem dostopa do občutljivih delov jame (razdelitev na cone), zmanjšanjem števila in pogostosti obiskov, označevanjem zaželenih poti skozi divje jame, ureditvijo stez z zaščitnimi ograjami in zahtevo, da obiskovalce spremljajo vodiči.

Kjer so jamski viri že utrpeli škodo, bo dobro vodstvo zahtevalo obnovo poškodovanih pojavov, če je izvedljiva. Obstajajo številne metode za obnovo jamskih rogov in kapnikov ter za odstranjevanje grafitov, kosmov, prahu in lampenflore (glejte [Turistične jame](#)).

Dejavnosti na površju, npr. kamnolomske, se pogosto pretvorijo v vplive na podzemlje. Sanacija površinskega krasa po opustitvi kamnoloma je lahko draga in zamudna. Glavne težave pri sanaciji vključujejo povrnitev celovitosti podzemnega odtoka, kakovosti vode in jamske biologije. Sekundarni cilj naj bo vzdrževanje dobro medsebojno povezane sekundarne poroznosti v kamnolomu za učinkovito napajanje in pa čim boljše posnemanje prvotnega kraškega odtoka in rastlinskega pokrova.



Saniran kamnolom apnenca po dvajsetih letih, območje svetovne dediščine tasmanska divjina. Med postopkom sanacije je bil kamnolom razdeljen na številne majhne zaprte odtočne kotline, v središču vsake pa je bil kraški ponor ali cona infiltracije. Vsak ponor je bil zaščiten s filtrirnim sistemom, v območja pod glinenimi vršaji pa so namestili dodatne objekte za omejevanje premikanja sedimentov po dežju. Ko bo to dokončano, bodo izvedli vodno setev in skrbno obnovo vegetacije. Fotografija: David Gillieson.

Nekaj osnovnih načel sanacije krasa:

- Vzdržujte ali povrnite naravne sisteme in procese, če je le mogoče. Če je poseg potreben, izberite raje naravne rešitve, ki so usklajene z naravnimi procesi, saj so bolj okoljsko trajnostne in učinkovite kot pa gradbene rešitve, ki želijo nadzorovati ali ustaviti naravne procese. Vzdrževanje ali povrnitev naravnega pretočnega režima rek, potokov in izvirov je ključnega pomena za kraške sisteme. Prav tako ključna je povrnitev pretoka prenikajoče vode in napajanja podtalnice, kjer je prišlo do zbitosti prsti ali sedimentov na krasu.
- Odstranite vse vire onesnaženja, tako površinske kot podzemne. Morda bo potrebna pravna ureditev rabe tal in dejavnosti gorvodno od jam ali kraških območij, izkopavanje in odstranjevanje kontaminiranih sedimentov, izpiranje onesnažene vode ali sedimentov iz jam, ali pa bioremediacija s pomočjo mikroorganizmov ali rastlin. Gre za drag postopek in del stroška pogosto nosijo vladne agencije, odgovorne za okoljsko upravljanje.
- Nadzorujte aktivno erozijo prsti in preprečite vnos sedimenta v podzemni kraški sistem. To lahko vključuje obnovo vegetacije, stabilizacijo strmih pobočij ali gradnjo nasipov.
- Omejite pogosto uporabo podtalnice (tudi v kmetijstvu) v gorvodnih območjih, saj to znižuje gladino podzemne vode in lahko zmanjša pretok podzemnih vodotokov, kar vpliva na jamsko vodno favno.
- Spodbujajte aktivni ekosistem v prsti. Nevretenčarji, kot so deževniki, mravlje in termiti, učinkovito razgrajujejo organske snovi, povzročajo bioturbacijo regolita in izboljšajo teksturo prsti ter stanje hranil.
- Vzpostavite stabilen rastlinski pokrov, če je le mogoče z avtohtonimi trajnicami. Trajna vegetacija učinkovito obvladuje erozijo prsti, povečuje biološko aktivnost prsti in je prijetnega videza. Vendar se morate zavedati, da vegetacija vpliva tudi

na koncentracije ogljikovega dioksida v prsti in porablja vodo, zaradi česar zmanjšuje napajanje. To lahko privede do nenamernih vplivov na rast kapnikov.

- Spremljajte spremembe nad in pod površjem. Uspeh sanacije lahko ugotovimo z rednim vzorčenjem kraških voda. Vzorčenje naj bo dogodkovno, da upošteva povečan prenos sedimentov in topljencev med nevihtami.
- Kraj pustite pri miru, dokler ne gre kaj narobe. Pogosto nas zamika, da bi se vmešali v sanacijo, če poteka počasi. Obnovo vegetacije ocenite šele po najmanj dveh letih, ko se rastline že dovolj primejo in zrasede. V številnih kraških območjih, zlasti tam, kjer podnebje omejuje biološke procese, lahko določimo časovni okvir sanacije v desetletjih.

Smernice

(66) *Monitoring je osnovno orodje pri upravljanju in varovanju jam ter kraških virov, zlasti v zavarovanih območjih. Rezultati sprotnega monitoringa lahko koristijo upravljavcem in pomagajo pri omilitvi posledic.*

(67) *Monitoring naj daje prednost naravnim virom glede na njihovo vrednost oz. pomen, ranljivost oz. krhkost in resnost dejanskih oz. predvidenih groženj ali vplivov.*

(68) *Onesnaženje kraške podtalnice je resen problem in mora biti vedno minimizirano in spremljano. Monitoring naj se izvaja dogodkovno in ne v rednih intervalih, saj so koncentracije topljencev in kemičnih onesnaževal običajno najvišje v obdobju nizkih pretokov, medtem ko se med nevihtami in poplavami prenaša največja količina onesnaževal skozi kraški sistem.*

(69) *Izogibajte se pogostemu monitoringu v občutljivih območjih, če ni popolnoma nujno, saj tudi to lahko vpliva na okolje. Prednost moramo dajati avtomatiziranemu monitoringu, če je izvedljivo.*

(70) *Ob zavedanju dejstva, da številni kraški pojavi niso obnovljivi, zlasti v jamah, bo dobro vodstvo zahtevalo obnovo poškodovanih pojavov, če je izvedljiva.*

(71) *Naravne sisteme in procese v kraških območjih moramo vzdrževati ali obnavljati, kolikor je le mogoče. Če je poseg potreben, uporabite raje naravne rešitve, predvsem take, ki so usklajene z naravnimi procesi in so bolj okoljsko trajnostne kot gradbene rešitve.*

Načrtovanje upravljanja kraških zavarovanih območij

Načrtovanje upravljanja zavarovanega območja je ključen del upravljanja zavarovanega območja, saj nam pomaga opredeliti in doseči idealno stanje ter zagotavlja, da izkoriščamo finančne, človeške in druge vire zavarovanega območja, ko obravnavamo prednostna vprašanja. Priprava načrta upravljanja je pomemben mejnik v procesu načrtovanja in krepitev zmogljivosti, saj vključuje različne vladne agencije in deležnike, ki so odgovorni ali zainteresirani za zavarovano območje in njegovo neposredno okolico. Načrti upravljanja naj bodo jedrnatih dokumenti, ki opredeljujejo ključne pojave ali vrednote zavarovanega območja, jasno določajo cilje upravljanja, ki jih je treba doseči, in navajajo ukrepe, ki jih moramo izvesti za zaščito ohranitvenih vrednosti zavarovanega območja.

Za ustrezno in učinkovito upravljanje kraškega sistema mora načrtovanje upravljanja kraških zavarovanih območij upoštevati posebne značilnosti krasa v primerjavi z drugimi vrstami pokrajin in ekosistemov. To je podrobneje obravnavano v poglavju [Posebne značilnosti kraških okolij in jamskih sistemov](#), spodaj pa navajamo nekatere ključne točke:

- Celovitost krasa je močno odvisna od ohranjanja naravnega hidrološkega sistema. Zato je potreba po celostnem upravljanju porečij bistvena za kraške pokrajine. Ključni vprašanja pri upravljanju kraških območij sta varovanje vrtač ali razpoklinskih območij, ki omogočajo točkovno napajanje, in upravljanje kakovosti vode alogenih vodotokov, ki odteka v kras. Hidrogeološki zemljevid je dragoceno orodje za upravljanje kraškega zavarovanega območja, saj poudarja prispevna območja, ki jih moramo upravljati in varovati.
- Kraški ekosistemi so krhki – okoljski pogoji na površju so lahko ekstremni (sušni, karbonatni), tam, kjer ni površinskih alogenih sedimentov, pa je prst običajno plitva, kamnita in nagnjena k eroziji. Podzemni ekosistem je še posebej občutljiv, saj je odvisen predvsem od dotoka energije, ki jo s površja prinaša voda, kakovost te vode pa je bistvenega pomena za preživetje.
- Kras je nenavadno kompleksen, saj zajema tako površinske kot podzemne pojave in vrednote, povezuje pa površinske in podzemne procese, tako fizikalne kot biološke. Visoka stopnja medsebojne povezanosti kraških ekosistemov pomeni, da lahko neposredni vplivi na en sam element kraškega ekosistema posredno močno vplivajo na druge elemente ali na celoten kraški ekosistem. Zato je potreben celosten pristop k varovanju naravnih virov in biotske raznovrstnosti na krasu.

Načrtovanje upravljanja večinoma poteka skozi zaporedje korakov, ki strukturirajo proces in omogočajo logičen pristop. Ker se potrebna stopnja zaščite in upravljanja razlikuje glede na posamezno kategorijo zavarovanega območja, je lahko struktura načrta upravljanja fleksibilna, da zadovolji raznolike potrebe. Zavarovana območja v zasebni lasti morda ne vključujejo tretjih oseb v načrtovanje upravljanja ali pa niti ne zahtevajo načrta upravljanja. Če zaradi omejenega časa ali sredstev ne morete pripraviti celotnega načrta upravljanja, je vseeno bolje, da pripravite enostaven, skrajšan dokument kot pa nobenega. Enostaven načrt upravljanja boste razvili in izvajali lažje, hitreje in ceneje. Ko boste posodabljali načrt upravljanja in imeli na voljo več sredstev, boste lahko dodajali podrobnosti in kompleksnosti.

Koraki načrtovanja upravljanja zavarovanega območja (povzeto po Thomas in Middleton, 2003)

1. *Pripravljalna faza* – ta faza opredeljuje, kaj bomo dosegli z načrtovanjem, kako ga bomo izvajali, pomisleke glede časovnega okvira in proračuna ter kdo bo udeležen v procesu. Priporočamo interdisciplinaren in vključujoč pristop, pri katerem strokovnjaki in deležniki, vključno z lokalnimi skupnostmi, sodelujejo v razpravi o prihodnjem upravljanju zavarovanega območja.

2. *Zbiranje podatkov, raziskovanje ozadja in začetno terensko delo* – načrtovanje in upravljanje naj temelji na zanesljivih podatkih. V prvem koraku zberite obstoječe in osnovne informacije, saj so lahko zgodovinski podatki in lokalno znanje neprecenljivi. Nato po potrebi izvedite terenske popise, ankete in raziskave, da preverite obstoječe informacije in pridobite dodatne. Zbrane informacije dokumentirajte v obliki opisa zavarovanega območja.

Nasvete glede informacij, ki jih morate zbrati v primeru kraških zavarovanih območij, najdete v naslednjih poglavjih: [Pomen krasa in jam](#), [Posebne značilnosti kraških okolij in jamskih sistemov](#), [Rekreativno in avanturistično jamarstvo](#), [Znanstveno raziskovanje](#), [Kmetijstvo in gozdarstvo](#), [Vodooskrba](#) in [Vključevanje domorodnih ljudstev v upravljanje krasa](#).

3. *Evalvacija zbranih informacij* – v tem koraku opredelite ključne pojave in izjemne vrednote, ki jih morate varovati in ohraniti, da ohranite pomen zavarovanega območja. Glede na vedno večji poudarek na vključevanje lokalnih prebivalcev in drugih deležnikov v proces načrtovanja morate vzpostaviti mehanizem, s katerim lahko prepoznate in opišete naravni, kulturni in družbeno-ekonomski pomen, ki ga pripisujejo temu območju. S pripravo 'izjave o pomenu' pojasnite pomen zavarovanega območja za družbo in ga postavite v družbeni kontekst na regionalni, nacionalni in mednarodni ravni. Ključni pojavi, izjemne vrednote in izjava o pomenu tvorijo pomemben okvir, na katerem naj sloni načrt upravljanja.

Nasvete glede opredelitve ključnih pojavov in izjemnih vrednot v primeru kraških zavarovanih območij najdete v naslednjih poglavjih: [Pomen krasa in jam](#), [Posebne značilnosti kraških okolij in jamskih sistemov](#), [Rekreativno in avanturistično jamarstvo](#), [Znanstveno raziskovanje](#), [Kmetijstvo in gozdarstvo](#), [Vodooskrba](#) in [Razvoj učinkovitega monitoringa in omilitvenih ukrepov](#).

4. *Prepoznavanje omejitev, groženj in priložnosti* – pred opredelitvijo specifičnih ciljev upravljanja za zavarovano območje morate prepoznati omejitve upravljanja in morebitne grožnje vrednotam območja. Nekatere omejitve so funkcija naravnega okolja, npr. krhka in občutljiva narava kraških ekosistemov. Grožnje zavarovanemu območju so lahko človeške ali naravne in lahko izvirajo iz zavarovanega območja ali onkraj njegovih meja. Prepoznati je treba tudi priložnosti za pozitivno spremembo, sanacijo ali obnovo zavarovanega območja.

Nasvete glede prepoznavanja omejitev, groženj in priložnosti v primeru kraških zavarovanih območij najdete v naslednjih poglavjih: [Pomen krasa in jam](#), [Posebne značilnosti kraških okolij in jamskih sistemov](#), [Rekreativno in avanturistično jamarstvo](#), [Znanstveno raziskovanje](#), [Kmetijstvo in gozdarstvo](#), [Vodooskrba](#) in [Razvoj učinkovitega monitoringa in omilitvenih ukrepov](#).

5. *Razvoj vizije in ciljev upravljanja* – v procesu načrtovanja upravljanja moramo razviti in ubesediti izjavo o viziji, ki opisuje idealne razmere, stanje ali videz zavarovanega območja v prihodnosti. Cilji, ki izhajajo iz vizije upravljanja, so bolj specifične izjave o naših namenih in opredeljujejo pogoje, ki jih želimo doseči z upravljanjem. Cilji naj se nanašajo na ključne pojave v zavarovanem območju, na to, kako jih bomo ohranjali in na druga pomembna področja vodenja in upravljanja, kot so dogovori o skupnem upravljanju, usposabljanje in ozaveščanje o ohranjanju narave.

Nasvete glede vizije in ciljev upravljanja v primeru kraških zavarovanih območij najdete v naslednjih poglavjih: [Pomen krasa in jam](#), [Posebne značilnosti kraških okolij in jamskih sistemov](#), [Lestvice upravljanja v kraških območjih](#), [Rekreativno in avanturistično jamarstvo](#), [Turistične jame](#), [Kmetijstvo in gozdarstvo](#), [Vodooskrba](#), [Razvoj učinkovitega monitoringa in omilitvenih ukrepov](#) in [Vključevanje domorodnih ljudstev v upravljanje krasa](#).

6. *Prepoznavanje in evalvacija možnosti upravljanja, vključno z razdelitvijo na cone* – ko opredelimo cilje upravljanja, je naslednji korak določitev načina, s katerim jih bomo dosegli. Običajno obstaja več načinov doseganja ciljev, zato moramo prepoznati možne ukrepe upravljanja in izbrati ustrezne. Razdelitev na cone je splošno uporabljano orodje za doseganje ciljev upravljanja. Cone predstavljajo območja, kjer bodo določene strategije upravljanja in rabe najbolj primerne za

doseganje ciljev zavarovanega območja. Z razdelitvijo na cone lahko zaščitimo kritične habitate in kraje, kot so ponori vodotokov, jame in izviri. Klasificiranje jam znotraj kraškega zavarovanega območja glede na različne ravni zaščite in rabe je učinkovita oblika razdeljevanja na cone.

Nasvete glede možnosti upravljanja v primeru kraških zavarovanih območij najdete v naslednjih poglavjih: [Pomen krasa in jam](#), [Posebne značilnosti kraških okolij in jamskih sistemov](#), [Lestvice upravljanja v kraških območjih](#), [Rekreativno in avanturistično jamarstvo](#), [Turistične jame](#), [Kmetijstvo in gozdarstvo](#), [Vodooskrba](#), [Razvoj učinkovitega monitoringa in omilitvenih ukrepov](#) in [Vključevanje domorodnih ljudstev v upravljanje krasa](#).

7. *Prilagoditev načrta upravljanja* – z integracijo vseh omenjenih elementov načrtovanja v enoten dokument ustvarimo osnutek načrta upravljanja. Čeprav ne obstaja standardizirana oblika načrtov upravljanja, takšni načrti vsebujejo nekaj standardnih elementov. Začnejo se z uvodom v značilnosti zavarovanega območja in razlago njegovega pomena ter dejavnikov, ki vplivajo nanj, nato popeljejo bralca skozi oblikovanje vizije prihodnjega upravljanja tega območja, končajo pa se z ukrepi upravljanja, ki opisujejo, kako bo ta vizija dosežena in kako bodo upravljavci in drugi ocenili učinkovitost načrta proti koncu njegove življenjske dobe.

Osnovna oblika načrtov upravljanja zavarovanih območij je predstavljena v poglavju: [Osnovni elementi načrta upravljanja](#).

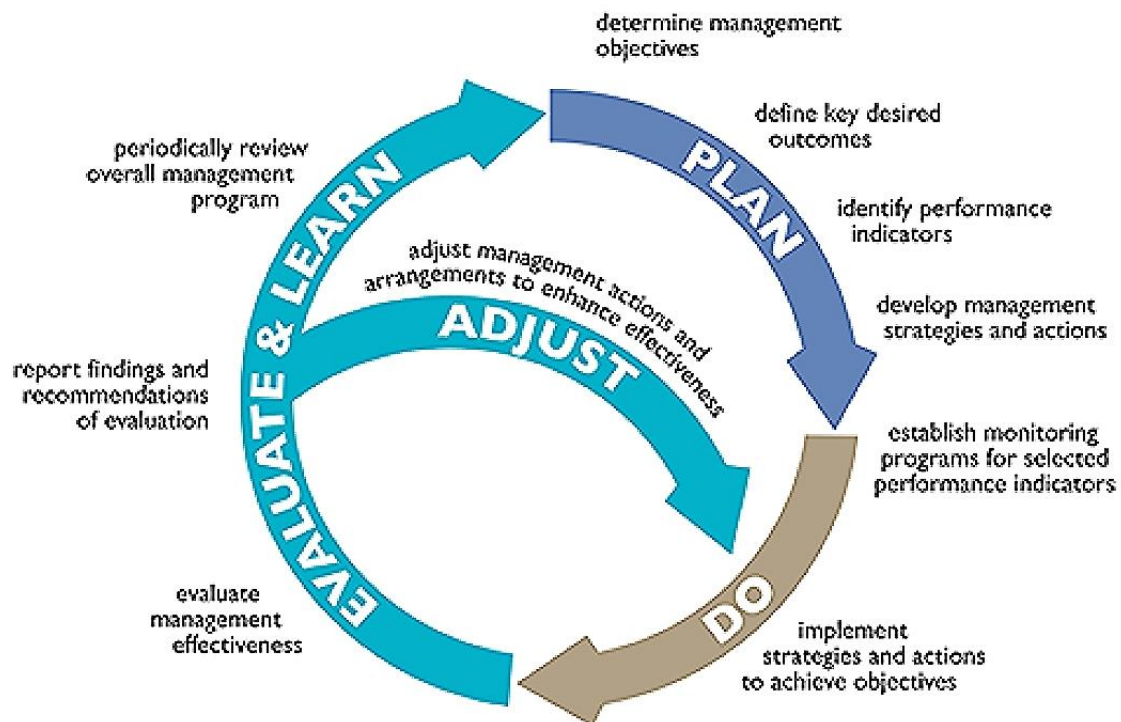
8. *Javno posvetovanje glede osnutka načrta upravljanja* – priložnost za deležnike in splošno javnost, da pregledajo osnutek načrta upravljanja in predložijo pripombe, je pomemben korak v procesu načrtovanja upravljanja. Med deležnike spadajo lokalne skupnosti, lokalni vladni uradniki, predstavniki nevladnih organizacij, podjetja, skupine uporabnikov, zainteresirani posamezniki in osebe zavarovanega območja. Vse te skupine bodo imele občutek lastništva in večje zavezanosti k ciljem in ukrepom upravljanja, če bodo lahko sodelovale v procesu načrtovanja. Stopnja sodelovanja posameznih skupin se lahko razlikuje in obsega vse od informiranja in nudenja povratnih informacij do aktivne udeležbe v skupnem upravljanju zavarovanega območja.

Nasvete glede javnega posvetovanja in vključenosti skupnosti v primeru kraških zavarovanih območij najdete v poglavju: [Vključevanje domorodnih ljudstev v upravljanje krasa](#).

9. *Revizija osnutka in priprava končnega načrta upravljanja* – ta korak vključuje revizijo osnutka načrta upravljanja, upoštevajoč pripombe, ki so jih predložili deležniki in javnost. Upoštevati moramo vse prejete pisne pripombe in tiste, ki so bile zabeležene na javnih sejah. Morda bi bilo koristno pripraviti poročilo o posvetih, ki ga priložimo končnemu načrtu in ki pojasnjuje, na kakšen način smo upoštevali prejete pripombe in zakaj nekaterih nismo. Deležniki in javnost bodo tako lažje razumeli končno različico načrta in kako smo izbrali ukrepe upravljanja.
10. *Odobritev načrta upravljanja* – to je postopkovni korak, ki vključuje predložitev končnega načrta v odobritev ustreznemu organu. Postopki se razlikujejo po državah, v večini primerov pa gre za uradni postopek sprejema ali odobritve načrta.
11. *Izvajanje načrta upravljanja* – načrt upravljanja določa ukrepe, ki jih je treba izvajati za doseganje ciljev in vizije zavarovanega območja. V številnih primerih načrt upravljanja predstavlja osnovo za pripravo letnih operativnih načrtov za zavarovano območje. Kjer je vzpostavljen sistem skupnega upravljanja, naj načrt upravljanja določa vloge in odgovornosti različnih deležnikov pri izvajanju ukrepov.
12. *Monitoring in evalvacija* – monitoring in pregledi med izvajanjem načrta nudijo povratne informacije upravljavcem. Namen tega koraka je: 1) ugotoviti, ali se načrt upravljanja izvaja učinkovito in dosega cilje, 2) učiti se s pomočjo opazovanja učinkov upravljanja in 3) ustrezno prilagoditi ukrepe upravljanja. Če pri izvajanju naletimo na težave, lahko s pomočjo monitoringa in evalvacije prerazporedimo sredstva, da izboljšamo izvajanje.

Nasvete glede monitoringa in evalvacije v primeru kraških zavarovanih območij najdete v poglavju [Razvoj učinkovitega monitoringa in omilitvenih ukrepov](#).

13. *Odločitev o pregledu in posodobitvi načrta upravljanja* – zadnji korak v procesu načrtovanja je odločitev o tem, ali bomo načrt upravljanja pregledali oz. posodobili. Moramo poskrbeti, da povratne informacije, pridobljene z monitoringom in evalvacijo, usmerjajo pripravo posodobljenega načrta. Priporočamo posodobitev načrtov upravljanja vsaj na deset let. V številnih primerih veljavnost načrta upravljanja omejuje zakonodaja, običajno na pet ali deset let. Odločitev o posodobitvi načrta upravljanja naj se sprejme dovolj zgodaj, da se lahko novi načrt pripravi še pred iztekom starega načrta.



Shema procesa upravljanja, uporabljenega v območju svetovne dediščine tasmanska divjina, Avstralija. (puščice OCENI IN SE UČI – PRILAGODI – NAČRTUJ – IZVEDI; besedila v urinem kazalcu: oceni učinkovitost upravljanja, poročaj o izsledkih in priporočilih, občasno preglej celoten program upravljanja, prilagodi ukrepe in dogovore glede upravljanja za izboljšanje učinkovitosti, določi cilje upravljanja, opredeli ključne zelene izide, določi kazalnike uspešnosti, pripravi strategije in ukrepe upravljanja, vzpostavi programe monitoringa za izbrane kazalnike uspešnosti, izvajaj strategije in ukrepe za doseganje ciljev)

Osnovni elementi načrta upravljanja

Razširjeni povzetek – povzame pomembne elemente načrta upravljanja, da se lahko bralci hitro seznanijo z načrtom, ne da bi jim bilo treba prebrati vseh podrobnosti. To je koristno za višje upravljavce, ki nimajo časa prebrati celotnega dokumenta.

Uvod – navede namen in obseg načrta, podlago za prejem oznake zavarovanega območja, njegov trenutni status in organ, ki je odgovoren za razvoj načrta. Lahko vsebuje nekaj osnovnih informacij o zavarovanem območju, npr. njegovo lokacijo, velikost, glavne vire in vrednote.

Opis zavarovanega območja – povzema pomembne informacije o virih znotraj in okoli zavarovanega območja:

- Zgodovinske – informacije o kraju in o njegovi pretekli rabi ter upravljanju.
- Biološke – združbe, habitati, flora in favna.
- Fizikalne – podnebje, hidrologija, geologija, geomorfologija in prsti.
- Kulturne in estetske – značilnosti pokrajine, arheologija in kulturne asociacije.
- Družbeno-ekonomske – demografski podatki o lokalnih skupnostih in njihova trenutna raba naravnih virov iz zavarovanega območja.

Evalvacija zavarovanega območja – opredelite ključne pojave in izjemne vrednote, ki jih morate varovati in ohraniti, da ohranite pomen zavarovanega območja:

- Izjemni primeri naravnega, kulturnega, znanstvenega in rekreativnega pomena, vključno s pomembnimi jamami in drugimi kraškimi pojavi.
- Redka in endemična flora ter favna, tako površinska kot podzemeljska.

- Arheološka, zgodovinska ali kulturna najdišča, tako površinska kot podzemeljska.
- Območja in viri, ki so bistvenega pomena za lokalne skupnosti, tako ekonomsko kot kulturno.
- Območja, ki so bistvena za varovanje celovitosti zavarovanega območja, npr. ponori vodotokov, izviri in prispevna območja gorvodno od zavarovanega območja.

Analiza omejitev, groženj in priložnosti – analiza omejitev, groženj in priložnosti, ki vplivajo na zavarovano območje in na njegovo ohranjanje oz. upravljanje. Navesti morate vse trenutne ali pretekle vplive na ključne pojave in vrednote območja ter ostale dejavnike upravljanja.

- Omejitve – npr. upravljanje prispevnih območij gorvodno od meje zavarovanega območja.
- Grožnje – npr. nezakonit lov ali zbiranje redkih oz. endemičnih živali in rastlin, lomljenje ali kraja kapnikov oz. jamskih mineralov, ropanje ali uničevanje arheoloških oz. kulturnih najdišč, vplivi podnebnih sprememb in ekstremnih dogodkov, kot so poplave in požari v naravi.
- Priložnosti – npr. odstranjevanje virov onesnaženja ali obnova degradiranih habitatov in naravnih procesov.

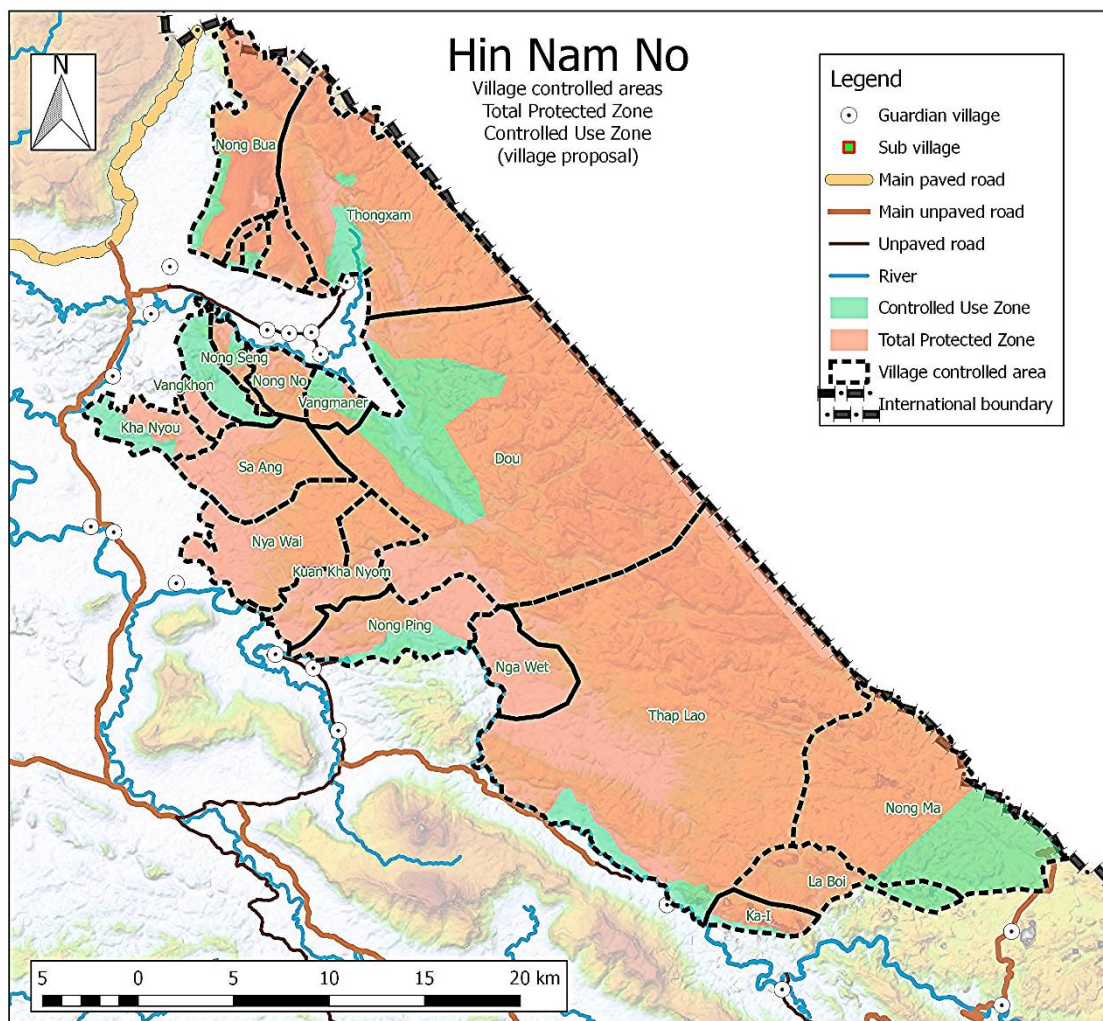
Vizija in cilji – oblikovanje izjave o viziji, ki opisuje idealno stanje ali pogoje zavarovanega območja v prihodnje. Temu sledi sklop ciljev, specifičnih izjav, ki opisujejo, kaj naj bi z upravljanjem dosegli v časovnem okviru načrta. Cilji naj se nanašajo na ključne pojave v zavarovanem območju, na to, kako jih bomo ohranjali in na druga pomembna področja vodenja in upravljanja, kot so dogovori o skupnem upravljanju, usposabljanje in ozaveščanje o ohranjanju narave.

Načrt razdelitve na cone – lahko pripravite načrt razdelitve na cone z zemljevidi, ki prikazujejo meje, klasifikacijo in upravljanje ter dejavnosti, ki so v posamezni coni dovoljene ali prepovedane. Številna zavarovana območja vsebujejo popolnoma zaščiteno cono za ohranjanje narave, cone za obiskovalce s ključnimi znamenitostmi, kot so jame in razgledne točke, ter nadzorovano cono za lokalne skupnosti, namenjeno trajnostnemu izkoriščanju naravnih virov. Z razdelitvijo na cone lahko zaščitimo kritične habitate in kraje, kot so ponori vodotokov, jame in izviri, ter omogočimo obnovo in sanacijo degradiranih območij. Klasificiranje jam znotraj kraškega zavarovanega območja glede na različne ravni zaščite in rabe je učinkovita oblika razdeljevanja na cone. Notranjost jam lahko razdelimo na cone, pri čemer za posamezne rove veljajo različne ravni zaščite in dostopa, odvisno od ranljivosti virov in tveganj.

Ukrepi upravljanja – specifični ukrepi, ki jih moramo izvesti za doseganje ciljev in ki navajajo prednostne dejavnosti ter vloge in odgovornosti različnih deležnikov. Podrobnosti lahko predstavimo v ločenem letnem operativnem načrtu. Pripravimo lahko ločene načrte upravljanja za posamezne ukrepe ali kraje, npr. za turistične ali avanturistične jame, ali pa za upravljanje podnebnih sprememb in njihovih posledic. Ti podporni načrti lahko vsebujejo enake osnovne elemente kot opisani primer. Ukrepi upravljanja lahko vključujejo:

- Upravljanje biotske in geološke raznovrstnosti.
- Upravljanje porečij.
- Upravljanje kulturne dediščine.
- Obnovo degradiranih virov.
- Upravljanje obiskovalcev in povezane infrastrukture.
- Ozaveščanje o ohranjanju narave in delo s šolami.
- Monitoring.
- Znanstveno raziskovanje.
- Raziskovanje in popisovanje jam.
- Patuljiranje in kazenski pregon.
- Sisteme zgodnjega opozarjanja, odzivanje na naravne nesreče in reševanje.
- Razvoj možnosti preživljanja vaščanov.
- Usposabljanje in administracijo.

Monitoring in pregled – to poglavje opisuje, kako bo spremljano izvajanje načrta upravljanja ter kdaj in kako bo izveden pregled načrta. Vsebuje naj tudi kazalnike, s katerimi se bo merila uspešnost zavarovanega območja. Monitoring naj daje prednost naravnim virom glede na njihovo vrednost oz. pomen, ranljivost oz. krhkost in resnost dejanskih oz. predvidenih groženj ali vplivov.



Razdelitev na cone za namene upravljanja kraškega območja, Narodni park Hin Nam No, Laos. Zemljevid: Ronny Dobbelsteijn. Legenda: Skrbniška vas, Vaška četrt, Glavna tlakovana cesta, Glavna netlakovana cesta, Netlakovana cesta, Reka, Cona nadzorovane uporabe, Popolnoma zaščitena cona, Območje pod vaškim nadzorom, Mednarodna meja.

Vključevanje domorodnih ljudstev v upravljanje krasa

Zgodovinsko gledano so bila zavarovana območja, ki so jih ustanovili in upravljali državni organi, osnovni mehanizem za ohranjanje svetovnih kraških virov. Vendar izkušnje kažejo, da pogosto pride do konfliktov med tistimi, ki živijo v zavarovanem območju ali blizu njega, in agencijami, ki ta območja upravljajo. Kjer je večina zemljišč ali celo vsa zemljišča v zavarovanem območju v lasti državnih oz. javnih organov, lahko vzpostavimo večji nadzor nad rabo tal, kjer pa so zemljišča v zasebni lasti, je to težje. V razvitem svetu so lokalne skupnosti pogosto vključene v proces odločanja, npr. prek lokalno izvoljenih predstavnikov v upravnih odborih ali prek lokalnih posvetovanj glede spornih tem. V tem pogledu je zelo majhna razlika med zavarovanimi območji, ki vsebujejo kras in jame, ter območji, ki so zavarovana zaradi drugih vrednot. V 21. stoletju narašča zaskrbljenost glede upravljanja območij, kjer živi veliko število domorodnih prebivalcev.

Vključevanje domorodnih ljudstev v upravljanje območij svetovne dediščine pridobiva na pomenu. Od leta 2005 dalje Operativne smernice za Unescova območja svetovne dediščine (UNESCO World Heritage Operational Guidelines – 40. odstavek) spodbujajo »partnerski pristop k imenovanju, upravljanju in monitoringu«. Te smernice so bile spremenjene in razširjene leta 2017 in navajajo aktivno vključenost domorodnih ljudstev v upravljanje območij svetovne dediščine kot bistveni element, ki vodi do najboljših praks

upravljanja. Leta 2015 je Odbor za svetovno dediščino (World Heritage Committee) ustanovil Mednarodni forum domorodnih ljudstev o svetovni dediščini (International Indigenous Peoples Forum on World Heritage). Cilj tega foruma je povzdigniti vlogo domorodnih skupnosti v »prepoznavanju, ohranjanju in upravljanju območij svetovne dediščine«, organiziran pa je vsako leto, skupaj s sejo Odbora za svetovno dediščino. Leta 2018 je UNESCO podprl njegovo politiko o sodelovanju z domorodnimi ljudstvi (Policy on Engaging with Indigenous Peoples 201EX/6). Ta pomemben dokument obravnava vlogo domorodnih ljudstev v ohranjanju naravne in kulturne dediščine, nanaša pa se na vse dejavnosti, ki jih podpira UNESCO, ne samo na svetovno dediščino. Načrtovanje upravljanja naj torej upošteva tradicionalne ali lokalne sisteme upravljanja, ki jih uporabljajo domorodna ljudstva. Morda obstajajo zemljiške pravice po običajnem pravu, ki veljajo že stoletja. Teh pravic vlada morda uradno ne priznava ali pa jim nasprotuje, vendar jih mora upoštevati pri upravljanju območja.

V tem poglavju bomo predstavili štiri primere upravljanja zavarovanega območja na krasu, ki že od samega začetka vključujejo domorodna ljudstva v načrtovanje in upravljanje. Veliko smo se že naučili iz teh primerov, veliko pa se še bomo, saj se ti odnosi razvijajo in dozorevajo.

Narodni park Hin Nam No – Laos: sodelovalno upravljanje na delu



Vaški vodiči z napihljivim čolnom, ki ga uporabljajo pri ogledih jam, Narodni park Hin Nam No, Laos. Fotografija: Terry Bolger.

Hin Nam No je zavarovano kraško območje v osrednjem Laosu, ki ga bodo predlagali za območje svetovne naravne dediščine. Območje vsebuje poligonalni kras in obsega 94.000 ha. Največja jamska reka na svetu, Xe Bang Fai, je pomemben pojav v tem območju, ki ga vse pogosteje obiskujejo avanturistični turisti. Zaradi omejenih finančnih sredstev in človeških virov nimajo na voljo dovolj kapacitet in informacij za učinkovito upravljanje in monitoring zavarovanega območja. Zato so za Hin Nam No vzpostavili sistem sodelovalnega upravljanja (sopravljanja), v katerem igrajo lokalne skupnosti aktivno vlogo, imajo pa tudi več pristojnosti in odgovornosti pri upravljanju naravnih virov, od katerih so odvisne. Imajo torej skupni cilj ohranjanja biotske in geološke raznovrstnosti ter zmanjšanja revščine v območju Hin Nam No in njegovi okolici.

Hin Nam No obdaja 18 'skrbniških' vasi, v katerih živi okoli 8.000 ljudi iz sedmih etničnih skupin. Za razvoj uspešnega sodelovalnega upravljanja morajo skrbniške vasi in vladne agencije prevzeti ustrezne in jasno določene vloge ter odgovornosti za ohranjanje in varovanje narave.

Opredelili in uvedli so pet 'gradnikov' modela sodelovalnega upravljanja v Narodnem parku Hin Nam No:

1. *Ocena upravljanja s pomočjo participativnih posvetovanj* – na ravni vasi, okrožja in province so izvedli osnovno ocenjevanje upravljanja. Namen je bil dokumentirati trenutno stanje vodenja in upravljanja Narodnega parka Hin Nam No. Rezultati ocenjevanja so privedli do dogovora glede potrebnih posegov, ki so postali del načrta soupravljanja parka Hin Nam No.
2. *Vzpostavitev strukture sodelovalnega upravljanja in vodenja* – obstajati mora pravna in politična podlaga (na nacionalni ravni) za vzpostavitev sistema sodelovalnega upravljanja. Ustanovili so Odbor Hin Nam No za sodelovalno upravljanje. Glavni deležniki in imetniki pravic v odboru so skrbniške vasi (s pravicami po običajnem pravu) in organi upravljanja zavarovanega območja, sekundarni deležniki pa prihajajo iz zadevnih (okrožnih) vladnih agencij, npr. za kazenski pregon, kmetijstvo in turizem.



Osebj zavarovanega območja in vaški vodiči v Narodnem parku Hin Nam No, Laos. Fotografija: Terry Bolger.

3. *Participativna razdelitev zemljišč na cone na podlagi tradicionalnega znanja in pravic po običajnem pravu* – Narodni park Hin Nam No je bil razdeljen na cone, kjer bo patroljirala posamezna skrbniška vas, na osnovi poti, ki jih uporabljajo vasi in njihovih pravic po običajnem pravu. Območja so bila razdeljena tudi na nadzorovane cone za trajnostno izkoriščanje naravnih virov na podlagi območij, ki so jih skrbniške vasi tradicionalno uporabljale v ta namen. Nadzorovane cone predstavljajo 14 % območja Narodnega parka Hin Nam No. Preostalih 86 % območja Hin Nam No predstavlja popolnoma zaščitena cona, namenjena ohranjanju narave.
4. *Pogodbe o sodelovalnem upravljanju* – sklenjene med Odborom Hin Nam No za soupravljanje in posamezno skrbniško vasjo, pogodbe o soupravljanju določajo pravila uporabe naravnih virov iz nadzorovanih con in vključujejo dogovore glede delitve koristi na področju patroljiranja, kazenskega pregona in turizma.

5. *Vključitev lokalnih vaščanov v dejavnosti upravljanja zavarovanega območja* – okoli 120 vaških gozdnih čuvajev iz 18 skrbniških vasi prejema plačilo za redne obiske zavarovanega območja skupaj z osebjem Narodnega parka Hin Nam No, da zabeležijo opažene prostoživeče živali in grožnje ter se udeležijo patrolj z namenom kazenskega pregona. Vaški gozdni čuvaji pomagajo pri raziskovalnih misijah v Narodnem parku Hin Nam No s svojim neprecenljivim poznavanjem krasa, jam, gozdov in poti. V več skrbniških vaseh, ki se ukvarjajo s turističnimi dejavnostmi, živi okoli 35 vaških ekoturističnih vodičev. Vodijo ogledje jame Xe Bang Fai in nekaterih drugih ter pohode po spektakularni kraški pokrajini Narodnega parka Hin Nam No.

Gradniki 3, 4 in 5 (zgoraj) so pomembni sestavni deli sistema sodelovalnega upravljanja – gradijo na obstoječem tradicionalnem sistemu upravljanja virov, namesto da bi ustvarili nov sistem upravljanja, ki bi spodkopaval tradicionalne pristope in nenamerno povzročil konflikt. Ta usklajenost s tradicionalnimi sistemi upravljanja spodbuja vaško sodelovanje, kar je bistvenega pomena v krajih z majhno zmogljivostjo vlade in nizkimi proračuni.

Od uvedbe soupravljanja Narodnega parka Hin Nam No leta 2014 opažajo 16-odstotno izboljšanje učinkovitosti upravljanja, z občutnimi izboljšavami v tehničnih zmogljivostih in veščinah upravljanja. Za vzdrževanje tega sistema soupravljanja in za varovanje ter ohranitev kraških virov Narodnega parka Hin Nam No bo potrebna nadaljnja krepitev kapacitet in izvajanje načrtov upravljanja, prilagodljivega upravljanja in trajnostnega financiranja.



Obiskovalci na stezi in visečem mostu, ki sta del kraške krožne poti v zavarovanem območju Phou Pha Marn, Laos. Fotografija: Terry Bolger.

Otočje Haida Gwaii, Britanska Kolumbija, Kanada – Ljudstvo Haida: šest etičnih načel

Gozdarstvo je ena najbolj razširjenih dejavnosti rabe tal na krasu v Britanski Kolumbiji (BK) in dokazuje, zakaj obstaja potreba po boljšem poznavanju krasa. Varovanje gozdnatih kraških območij se je do poznih 90. let 20. stoletja osredotočalo na jame, nato pa je Gozdno ministrstvo BK napovedalo bolj sistemski pristop k upravljanju krasa. Sedaj je splošno sprejeto, da morajo vse dejavnosti rabe tal ali razvoja virov, ki potekajo na krasu ali v njegovi bližini, upoštevati okoljske vplive na kraške sisteme, posledice za kraške vodonosnike in njihova prispevna območja ter možnost geološko pogojenih nevarnosti, povezanih s krasom.

Pri inovativnem projektu so sodelovali s tradicionalnimi lastniki na otočju Haida Gwaii. Ti kontinentalni otoki, skupaj z Narodnim parkom Gwaii Haanas, ležijo blizu severozahodne obale Britanske Kolumbije, severno od Vancouverovega otoka. Na otokih se nahajajo zelo obsežna kraška območja, pogozdena z iglavci, in jame velikega znanstvenega in kulturnega pomena. Gozdarske dejavnosti so vplivale na celovitost kraških in jamskih virov. Ljudstvo Haida Gwaii že od nekdaj živi v teh krajih in je razvilo delovne

odnose z vladnimi agencijami na deželni in državni ravni. Svet starešin Haida Gwaii je pripravil jasno vizijo rabe tal. Velja ne samo za kraška območja, ampak za celotno otočje Haida Gwaii, vključno z morskim delom.

Spodaj je navedenih šest etičnih načel in vrednot ljudstva Haida, na katerih temelji ta vizija – najprej v jeziku haida, nato v slovenščini:

1. *Yahguudang* ali *Yakguudang* – »Spoštovanje«. Spoštovanje drug drugega in vseh živih bitij je zakoreninjeno v naši kulturi. Vzamemo le, kar potrebujemo, se za to zahvalimo in spoštujemo tiste, ki se vedejo v skladu s tem.
2. *Giid tll'juus* – »Svet je tako oster kot rezilo noža«. V naših interakcijah z naravnim svetom je potrebno ravnovesje. Če nismo pazljivi pri vsem, kar počnemo, lahko hitro dosežemo točko brez vrnitve. Naše prakse in prakse drugih morajo biti trajnostne.
3. *Gina waadluxan gud ad kwaagiida* – »Vse je odvisno od vsega ostalega«. To načelo lahko primerjamo s celostnim pristopom k upravljanju.
4. *Isda ad diigii isda* – »Dajanje in sprejemanje«. Dajanje in sprejemanje (vzajemnost) je spoštovana praksa v naši kulturi in je ključna v naših interakcijah z drug drugim in z naravnim svetom. Vseskozi se zahvaljujemo naravnemu svetu za darove, ki jih prejemamo.
5. *Gina k'aadang.nga gii uu tl' k'anguudang* – »Iskanje modrih nasvetov«. Naše starešine nas učijo tradicionalnih običajev in kako delovati v slogi. Tako kot v gozdu so tudi korenine našega ljudstva prepletene. Skupaj presojamo nove ideje in informacije v skladu z našo kulturo, vrednotami in zakoni.
6. *'Laa guu ga kanhllns* – »Odgovornost«. Sprejemamo odgovornost, ki so nam jo predali naši predniki, da bomo upravljali morje in kopno ter skrbeli za oboje. Poskrbeli bomo, da bomo svojo dediščino predali prihodnjim generacijam.

Teh šest etičnih načel in vrednot je posebej opredeljenih v delovni opredelitvi ekosistemskega upravljanja ljudstva Haida:

»Spoštovanje je temelj ekosistemskega upravljanja. Priznava, da so kopno, morje, zrak in vsa živa bitja, vključno s človeško skupnostjo, medsebojno povezana in da smo odgovorni za ohranjanje in povrnitev ravnovesja ter harmonije.«

Načrt upravljanja kopna-morja-ljudi Gwaii Haanas Gina 'Waadluxan KilGuhlGa, 2018.

Med temi načeli Haida Gwaii in najboljšimi praksami znanstvenega upravljanja obstaja povezava, kot lahko vidite v spodnji preglednici.

Primerjava načel Haida in znanstvenih načel ekosistemskega upravljanja. Povzeto po Svetu naroda Haida, 2007. Vizija rabe tal ljudstva Haida – Haida Gwaii yah'guudang (spoštovanje otočja Haida Gwaii).

Načelo Haida	Vzporedno znanstveno načelo	Možni načini uporabe
Spoštovanje	Previdnostni pristop	Upoštevanje dobrega počutja vseh živalskih vrst, preprečevanje potratnih ribiških praks, npr. prilova.
Ravnovesje	Trajnostna uporaba na dolgi rok	Zagotovitev trajnostnega ribištva, upoštevanje ekoloških in družbeno-ekonomskih informacij.
Medsebojna povezanost (vse je odvisno od vsega ostalega)	Integrirano upravljanje	Povezava z odločitvami glede načrtovanja rabe tal, upoštevanje združljivosti pomorskih dejavnosti in kumulativnega učinka posegov.
Dajanje in sprejemanje (vzajemnost)	Pravična delitev	Cenjenje lastne vrednosti vseh živih bitij v procesu načrtovanja, razvoj pravičnih in nepristranskih pristopov k delitvi omejenih virov.
Iskanje modrih nasvetov	Prilagodljivo upravljanje Najboljše informacije	Uporaba tradicionalnega znanja, izboljšanje razumevanja s pomočjo raziskovanja, izobraževanja in monitoringa.

Območje svetovne dediščine Gunung Mulu, Sarawak – ljudstvi Penan in Berawan: ozaveščanje skozi izobraževanje in usposabljanje



Lokalni gozdni čuvaj pri gorvodnem vhodu v jamo Deer, Mulu. Fotografija: John Gunn.

Kras Gunung Mulu na severu zvezne države Sarawak vsebuje nekatere od najdaljših jam v jugovzhodni Aziji. Mulu se nahaja okoli 100 km vzhodno od Mirija, obalnega mesta. V mestece Mulu vsak dan leti letalo, dostopen pa je tudi s čolnom po rekah Baram in Tutoh. Narodni park Gunung Mulu pokriva površino 90.000 ha, večina obiskovalcev pa se osredotoča na kras na samem jugu, ki je dostopen skozi sedež parka v bližini mesta. Več kot 90 % parka ni obiskanega in tam ostaja neokrnjen. Narodni park Gunung Mulu je bil cilj odprave Kraljevega geografskega društva (Royal Geographical Society) leta 1978, društvo pa je naknadno pripravilo načrt upravljanja za park leta 1982. Temu je sledil nov načrt upravljanja za obdobje 1992–1995, poznejše evalvacije pa so pripeljale do imenovanja parka za območje svetovne dediščine. Park je bil vpisan na seznam svetovne dediščine novembra 2000, kasneje pa je postal eden najbolj ikonskih narodnih parkov v jugovzhodni Aziji in model trajnostnega razvoja, ki so ga posnemali drugod po svetu. Podjetju, ki se ukvarja s turističnimi letovišči, Borsarmulu Sdn. Bhd. so naročili osnutek strateškega načrta upravljanja in sklenitev uradnega sporazuma z vlado o upravljanju in razvoju parka Mulu kot zglednega parka in načina promocije Sarawaka in Malezije. Od leta 2001 dalje se je hitro povečevalo zanimanje za turizem in prepoznavnost v mednarodnem turizmu. To je prineslo potrebo po prenašanju znanja o parku Mulu na obiskovalce, »da bodo resnično razumeli njegov pomen«, kot pravi slogan Narodnega parka Gunung Mulu.

Ena ključnih zahtev za ohranitev statusa svetovne dediščine je nudenje točnih, znanstveno utemeljenih informacij obiskovalcem in spodbujanje raziskav. S tem je povezana tudi potreba po opolnomočenju lokalne skupnosti in nudenju zaposlitve v tem odročnem kraju. V skladu z načeli svetovne dediščine in načrtom upravljanja morajo biti lokalni prebivalci usposobljeni kot vodiči in tolmači. Lokalni prebivalci imajo občutek za gozd in neverjetne spretnosti, vendar slabo znanje jezikov in pomanjkanje izobrazbe, predvsem naravoslovne. Vodstvo Narodnega parka Gunung Mulu je uvedlo shemo za usposabljanje novih vodičev in osvežitvev znanja obstoječih. Tečaj je razdeljen na module, ki zajemajo kras in jame, gozdove, popolnoma zaščitena območja in povezane predpise ter biotsko in geološko raznovrstnost. Poseben del je posvečen delu s strankami in vodenjem ogleda v turistični jami in avanturistični lokaciji. Tečaj osnovne prve pomoči je običajno del usposabljanja.

Narodni park Gunung Mulu potrebuje lokalno skupnost, ta pa potrebuje park. Glede na to predpostavko je Mulu zgodba o uspehu, vendar zahteva vztrajno delo. Leta 2021 so podjetja v parku Mulu zaposlovala 97 % lokalne delovne sile. Z izzivi razvoja skupnosti se začnejo ukvarjati že v mladih letih na lokalni šoli Batu Bungan, kjer ima uradnik za zvezo za izobraževanje in raziskave, ki ga

imenuje park Mulu, privilegij delati z lokalnimi otroki. V primeru Narodnega parka Gunung Mulu je šola skupna točka, kjer si vsi lokalni prebivalci različnih narodnosti delijo skupen cilj – otroke. Za Narodni park Gunung Mulu je to zelo praktičen način ozaveščanja in povečanja zanimanja za bodoče generacije vodičev in drugih delavcev parka.

Narodni park Gunung Mulu je primeren za vodena doživetja, tako umirjena kot bolj ekstremna. Trenutno v parku deluje 70 registriranih vodičev. Le dvajset od teh je zaposlenih v parku. Preostali so vodiči agencij ali organizatorjev potovanj, nekateri pa so samozaposleni vodiči. To pomeni, da precejšen delež vodičev, ki delujejo v Narodnem parku Gunung Mulu, ni zaposlenih v parku in niso pod pristojnostjo podjetja Borsarmulu, kar pogosto predstavlja izziv poslovanju. Samozaposleni vodiči se lahko udeležujejo dodatnih programov usposabljanja za vodiče, kar občasno tudi počnejo.



Lokalni vodiči vodijo obiskovalce do potoka Sungei Lansat, Narodni park Gunung Mulu. Fotografija: John Gunn.

Ohranitveni rezervat YUS, Papua Nova Gvineja: trajnostno izkoriščanje virov

Ohranitveno območje Yopno-Uruwa-Som (OO YUS) se nahaja v gorovju Saruwaged province Morobe v Papui Novi Gvineji (PNG). To visokogorje (nad 3.500 m nadmorske višine) vsebuje obširna kraška območja, ki so se razvila na vmesnih plasteh apnencev in muljevcev. Tam se nahajajo številne jame, ki jim v lokalnih jezikih yupna in nungan pravijo *makna*. Jame imajo obredni pomen, uporabljane pa so tudi kot prenočišča in kraji lova na netopirje. Ruralne skupnosti v PNG so predvsem samozadostne, pri čemer se zanašajo na naravne vire in rodovitno prst, kot so se tudi številne generacije njihovih prednikov. Vendar so vodje skupnosti YUS opazile zaskrbljujoč pojav, ki ga prejšnje generacije niso doživele: pomembni viri postajajo redki.

»Naši lovci so morali potovati dlje, da so našli živali v gozdu. Včasih moramo loviti na območjih, ki pripadajo drugim klanom brez njihovega dovoljenja, saj ne najdemo dovolj hrane na našem tradicionalnem zemljišču, da bi nahranili družine.«

Matthew Tombe, vas Isan, YUS.

Več kot 90 % zemlje v PNG je v lasti domorodnih ljudstev, zato je podpora lokalne skupnosti bistvenega pomena za varovanje pokrajine YUS. Program za ohranitev drevesnih kengurujev že več kot desetletje sodeluje z vasmi pri trajnostnem upravljanju te pokrajine in virov, od katerih so odvisni ljudje in prstoživeče živali. V podporo temu je upravljavec Karau Kuna v sodelovanju s 50 vasmi pripravil načrte rabe zemljišč skupnosti, da bi dosegel konsenz glede rabe virov, ki upošteva dobrobit ljudi in prednostne naloge ohranjanja narave.

OO YUS, objavljeno v uradnem listu leta 2009, obsega 76.000 ha zemlje in je sestavljeno iz parcel, ki so jih lokalni lastniki zemljišč in klani namenili ohranjanju biotske raznovrstnosti. Ohranitveno območje je bilo v preteklosti del tradicionalnih lovišč, ki so pripadali petim jezikovnim skupinam. Za ta zemljišča še vedno veljajo pravice po običajnem pravu, vendar sta sečnja in lov zdaj

prepovedana po Zakonu o ohranjanju narave v PNG (1978). Prvotni gozd je poglaviti ekosistem v pokrajini YUS, saj pokriva 70 % ohranitvenega območja. Gozdovi prevladujejo vse od morske gladine do 3.100 m nadmorske višine, nad to višino pa najdemo alpska travišča. Ti gozdovi so ključni habitat ogroženih Matschiejevih drevesnih kengurjev in drugih drevesnih vrečarjev ter rajčic. Ti tropski gozdovi so tudi pomembno skladišče ogljika. Druge vrste pokrovnosti v YUS vključujejo pogosto požgana antropogena travišča, spremenjene in sekundarne gozdove, mešanico selilnega in intenzivnejšega kmetijstva, senčne plantaže kave, nasade kakavovcev in majhne kmetijsko-gozdarske parcele.

Projekt YUS si prizadeva za ohranitev ogljika v gozdovih, endemične biotske raznovrstnosti in ekosistemskih storitev ter želi pomagati lokalnim podeželskim skupnostim z zagotavljanjem prihodkov iz trajnostnih dejavnosti, ki imajo majhen vpliv na tradicionalni način življenja. Integracija modelov trajnostnega razvoja z več cilji predstavlja veliki izziv v načrtovanju rabe tal. Najprej so organizirali moderirane delavnice na vseh klanskih ozemljih, da bi privabili lokalne lastnike zemljišč in ugotovili njihove želje glede OO YUS. Lokalni klani so razdelili OO YUS na cone, in sicer na strogi ohranitveni rezervat in na številne cone uporabe in vaške pridelave, nato pa so lokalni prebivalci cone kartirali s pomočjo GPS-a in satelitskih posnetkov. Na vsakem klanskem ozemlju so se lokalni prebivalci zaposlili za krajši delovni čas kot čuvaji ohranitvenega območja in pedagoški delavci. Vzpostavljene so bile senčne plantaže kave, gozdarsko usposabljanje pa je zagotovil ameriški distributer kave iz pravične trgovine. To podjetje tudi obdeluje in trži kavo YUS pod znamko 'drevesni kenguru'. Na antropogenih traviščih so uredili kmetijsko-gozdarske parcele, da bi povečali razpoložljive vire lesa za vaščane. Druge pobude so izboljšale dostop do izobraževanja in zagotovile zdravstveno varstvo v regiji, kar sta dve vprašanji, ki smo ju izpostavili na delavnicah.



Dolina Uruwa v ohranitvenem območju Yopno-Uruwa-Som iz tabora Wasaunon. Alpsko travišče na krasu leži nad zgornjim montanskim gozdom, izsekana območja okoli vasi pa tvorijo njegovo spodnjo mejo. Fotografija: David Gillieson.

Pomembna pobuda, ki jo je financirala nemška razvojna banka KfW Bankengruppe, je ocenila zaloge ogljika s pomočjo metodologije REDD+ (glejte [Spletni viri](#)) v različnih vrstah pokrovnosti v območju YUS. S temi ocenami so dopolnili kartiranje vegetacije s pomočjo daljinskega zaznavanja in terenskih meritev v regiji. V tem projektu so določili reprezentativne zaloge ogljika z vzorčenjem prvotnih gozdov na obsežnem območju. Projektna ekipa je izmerila tudi zaloge ogljika v sekundarnih gozdovih, senčnih plantažah kave, neobdelanih vrtovih in antropogenih traviščih, da bi priskrbelo podatke za bodoče upravljanje rabe tal, ki bi izboljšalo sekvenciacijo ogljika.

Ker metodologija REDD+ poudarja vključenost lokalnih prebivalcev v razvoj, upravljanje in spremljanje projektov za ogljično izravnavo, je ekipa zasnovala modul usposabljanja s ciljem vključevanja lokalnih prebivalcev v vse ocene zalog ogljika v obliki plačanega dela. Na podlagi zbirke podatkov o nadzemni biomasi in monitoringa gozdnih zalog ogljika, ki ga izvajajo lokalni prebivalci, bi lahko pripravili referenčne popise zalog ogljika, spremljali ogljik v gozdovih v okviru obstoječih projektov REDD+ in ljudem zagotovili vir zaslužka, ki ne vključuje izkoriščanja gozdov. Pokrajine, namenjene preživljanju, npr. vrtno ledine, kmetijsko-gozdarski sistemi ali nasadi, lahko omogočijo sekvenciacijo in skladiščenje velikih količin ogljika s pomočjo preudarnega upravljanja zemljišč. Integracija metodologije orodja za prostorski monitoring in poročanje (Spatial Monitoring and Reporting Tool oz. SMART) krepi sposobnost Odbora za upravljanje ohranitvenega območja YUS, da prejema in analizira podatke, ki jih zbirajo gozdni čuvaji YUS na mesečnih patroljah, da razvije odzive upravljanja na podlagi teh podatkov, s katerimi bi omilil grožnje in izzive ohranjanja narave, in da poudarja pozitivne trende na področju prisotnosti ključnih vrst.



Vaščani ohranitvenega območja Yopno-Uruwa-Som in projektna ekipa za kartiranje izvajajo popis zalog nadzemnega ogljika. Fotografija: David Gillieson.

Smernice

- (72) Za vsako zavarovano območje, v katerem prebivajo domorodna ljudstva, mora obstajati pravna in politična podlaga za vzpostavitev sistema sodelovalnega upravljanja z lokalnim upravnim odborom. Primarni deležniki in lastniki pravic v odboru naj bodo lokalni prebivalci in organi upravljanja zavarovanega območja, sekundarni deležniki pa naj bodo relevantne vladne agencije.*
- (73) V kraških zavarovanih območjih, kjer prebivajo domorodna ljudstva, mora biti uvedena participativna razdelitev zemljišč na cone na podlagi tradicionalnega znanja in pravic po običajnem pravu. V idealnem primeru bi to vključevalo nadzorovane cone, kjer se izvajajo določene pridobitne dejavnosti, in popolnoma zaščitene cone, kjer je poglobitveni cilj ohranjanje narave.*
- (74) Upravljalci parkov, v katerih prebivajo domorodna ljudstva, morajo skleniti pogodbe o soupravljanju z lokalnimi skupnostmi v ustreznem jeziku, ki vsaki skupnosti dodelijo jasno določeno območje za upravljanje in izvajanje pridobitnih dejavnosti.*
- (75) Upravljalci parkov, v katerih prebivajo domorodna ljudstva, morajo vključiti lokalne prebivalce v dejavnosti upravljanja zavarovanega območja. Dejavnosti gozdnih čuvajev in turistično vodenje po jamah in kraških poteh ponujajo pomembne zaposlitvene možnosti in lahko opolnomočijo lokalno skupnost. Bistvenega pomena so programi za izobraževanje gozdnih čuvajev in vodičev na področju naravoslovja in jezika, ki ga bo najverjetneje govorila večina obiskovalcev.*
- (76) Ena ključnih zahtev za najboljše prakse upravljanja je nudenje točnih, znanstveno utemeljenih informacij obiskovalcem in spodbujanje relevantnih raziskav z majhnim vplivom.*

Zaključek

Kras in jame so zelo pomembni kraji, vendar so velikokrat zelo odvisni od širših vplivov, ki pa jih upravljavci zemljišč, voda in ekoloških virov ter upravljavci zavarovanih območij ne morejo nadzirati. Le redka kraška območja so namenjena izključno ohranjanju narave, številna zavarovana območja pa razkazujejo svoje jame in kraške pokrajine v turistične in rekreativne namene, s čimer pomembno prispevajo k izobraževanju javnosti o kraških sistemih in njihovi občutljivosti na posege. Nekatere oblasti dovoljujejo tudi druge dejavnosti v družbene ali ekonomske namene, ali pa se takšne dejavnosti odvijajo na določeni lokaciji zaradi zgodovinskega precedensa. V takšnih situacijah moramo zagotoviti, da so vse dejavnosti znotraj zavarovanega kraškega območja in v njegovi okolici upravljane na način, ki je združljiv s splošnim ciljem ohranjanja narave. Organi upravljanja morajo prepoznati kraška območja, ki niso vključena v zavarovana območja, in razmisliti o varovanju vrednot teh območij s pomočjo vzpostavitve nadzora, programov izobraževanja javnosti, sporazumov o ohranjanju dediščine ali paktov o rabi zemljišč.

V geološkem časovnem okviru, v katerem so se razvili kraški sistemi, je prišlo do naravnih podnebnih sprememb. Vendar pa današnji človeški posegi pospešeno spreminjajo podnebje na načine, ki lahko radikalno vplivajo na naravne kraške procese. Navodila za upravljanje naj bodo fleksibilna, priznavajo dejansko stanje in si prizadevajo za krepitev odpornosti sistema. Učinki dogodkov velikega obsega in majhne pogostosti, kot so poplave, cunamiji, požari in potresi, morajo biti obravnavani v strategijah upravljanja na regionalni in lokalni ravni ter na ravni specifičnih lokacij. Takšni dogodki postajajo vse pogostejši, družba pa ni zmožna obvladati njihovih učinkov.

Lokalni dejavniki določajo specifične pritiske in priložnosti, ki se pojavljajo v posameznem kraškem območju. Iz tega razloga pričujoče smernice izpostavljajo različne možnosti, ki pa niso zavezujoče, saj to ne bi bilo praktično v svetovnem merilu. Raje smo se osredotočili na vprašanja, ki ločujejo kras od drugih vrst terena, kot pa na splošnejše vidike upravljanja, ki veljajo za vsa območja. Te smernice se morajo vedno uporabiti v lokalnem kontekstu. To vključuje prepoznavanje lokalne biotske in geološke raznovrstnosti ter upoštevanje družbeno-ekonomskih in političnih dejavnikov.

Po vsem svetu je prišlo do opaznega premika v temeljni filozofiji upravljanja naravnih virov. Pretekli režimi upravljanja na področju varovanja so bili izključevalni in omejevalni ter se niso ozirali na javno mnenje. Zdaj pa se zelo hitro premikamo v smeri naprednejših režimov upravljanja, v katerih so ključnega pomena dobri odnosi z ljudmi, ki živijo v ranljivih in dragocenih območjih ali v njihovi bližini, ta območja pa so upravljana v skladu z načeli prilagodljivega upravljanja. Izziv za upravljavce jam in krasa bo sprejem teh novih paradig ob hkratnem ohranjanju neobnovljivih virov.

Upamo, da bodo te smernice pomagale upravljavcem in načrtovalcem izboljšati ozaveščenost skupnosti glede kraških in jamskih sistemov, s čimer bodo povečali možnosti, da lokalne skupnosti sprejmejo ta izboljšani način varovanja in upravljanja ter se vključijo vanj. Smernice naj služijo kot pomoč pri pripravi bolj specifičnih strategij ali načrtov upravljanja na ravni države, regije ali specifične lokacije. Na splošno pa naj organi, ki upravljajo ta območja, razvijajo strokovno znanje in zmožnosti upravljanja krasa.

Nadaljnje branje

- Crofts, R., Gordon, J.E., Brilha, J., et al. (2020). *Guidelines for geoconservation in protected and conserved areas*, Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 31. IUCN, Gland, Switzerland. Available at <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.31.en>
- Culver, D.C. and Pipan, T. (2009). *The biology of caves and other subterranean habitats*. Oxford University Press, Oxford.
- Drew D., and Hötzl, H. (1999). *Karst hydrogeology and human activities: Impacts, Consequences and Implications*. IAH International Contributions to Hydrogeology 20. Routledge.
- Ford, D., and Williams, P., (2007). *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Wiley, Chichester.
- Gillieson, D.S. (2021). *Caves: Processes, Development and Management*. 2nd Edition. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Gunn, J. (ed.). (2004). *The Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Taylor and Francis – Routledge, New York. See especially entries on Recreational Caving, Restoration of Caves, and Tourism and Caves: History.
- Hildreth-Werker, V. and Werker, J.C. (eds.). (2006). *Cave Conservation and Restoration*. National Speleological Society, Huntsville, AL, USA. Available at <https://protect-au.mimecast.com/s/u6sYC71ZQzSARY91Zc8-Dg4?domain=digital.lib.usf.edu>
- International Show Caves Association (ISCA), 2014. *Recommended international guidelines for the development and management of show caves*. ISCA. Available at <https://www.i-s-c-a.org/documents>
- Kresic, N. (2013). *Water in Karst*. McGraw Hill, New York.
- Palmer, A.N. (2007). *Cave Geology*. Cave Books, Dayton, Ohio.
- Thomas, L. and Middleton, J. (2003). *Guidelines for management planning of protected areas*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Available at <https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGTS/MGTS11/U5/thomas-middleton-2003-guidelines.pdf>
- Van Beynen, P. (ed.) (2011). *Karst Management*. Springer, New York.
- Veni, G. and DuChene, H. (eds.) (2001). *Living with karst: a fragile foundation*. Environmental Awareness Series no. 4, American Geological Institute. Available at <https://store.americangeosciences.org/living-with-karst.html>
- Watson, J., Hamilton-Smith, E., Gillieson, D., and Kiernan, K. (1997). *Guidelines for Cave and Karst Protection*. IUCN, Gland, Switzerland. Available at <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/1997-026.pdf>
- White, W.B., Culver, D.C., and Pipan, T. (eds.) (2019). *Encyclopedia of Caves*, 3rd edition. Academic Press.
- Williams, P.W. (2008). *World Heritage Caves and Karst*. IUCN, Gland, Switzerland. Available at <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2008-037.pdf>
- Worboys, G.L., Lockwood, M., Kothari, A., Feary, S. and Pulsford, I. (eds.) (2015). *Protected Area Governance and Management*. ANU Press, Canberra, Australia. Available at <https://press.anu.edu.au/publications/protected-area-governance-and-management>

Spletni viri

Australian Speleological Federation Minimal Impact Caving Codes in 1995, with the latest version (2010) available at <https://www.caves.org.au/administration/codes-and-standards>

British Cave Science Centre (free data source), available at <https://www.cave-science.org.uk/>

British Caving Association Minimal Impact Caving Guidelines, available at <https://british-caving.org.uk/our-work/cave-conservation/>

Canyoning code of conduct, available at www.icopro.org/pages/icopro-canyoneer-charter-104.html

Cave gates advice, available at <https://digital.lib.usf.edu//content/SF/S0/05/10/33/00001/K26-00584-147-166.pdf>

Climbers Pact, available at www.accessfund.org/learn/the-climbers-pact

Guide on digging to find new caves in protected areas (UK), available at <https://thedca.org.uk/images/dca/publications/leaflets/Cave-Digging.pdf>

Guidelines for applying protected area management categories, available at <https://portals.iucn.org/library/node/30018>

Information on training for cave instructors (UK), available at <https://british-caving.org.uk/our-work/training/>

International Union of Speleology (UIS) has a 'Code of Ethics for Cave Exploration, and Science in Foreign Countries', available at <https://uis-speleo.org/wp-content/uploads/2020/03/Code-of-Ethics-of-the-UIS-English-Language.pdf>

IUCN Protected Area categories, available at <https://www.iucn.org/theme/protected-areas/about/protected-area-categories>

Karst Management Handbook for British Columbia, available at <https://www.for.gov.bc.ca/hfp/publications/00189/karst-mgmt-handbook-web.pdf>

Karst Inventory Standards and Vulnerability Assessment Procedures for British Columbia, available at https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/natural-resource-stewardship/nr-laws-policy/risc/karst_risc.pdf

Minimal Impact Cave Rescue Code, available at <https://www.caves.org.au/administration/codes-and-standards/send/8-codes-and-standards/9-micrc2020>

National Speleological Society (USA) has Minimum-Impact Caving Guidelines that are regularly updated, most recently in February 2021 to take into account the Covid pandemic, available at <https://caves.org/conservation/cavingcode.shtml>

New Zealand Department of Conservation has a 'Caving care code', available at <https://www.doc.govt.nz/parks-and-recreation/things-to-do/caving/caving-care-code/>

REDD+ Webb Platform, available at <https://redd.unfccc.int/>

Tasmanian Cave Access Policy, available at www.dpipwe.tas.gov.au/Documents/PWS%20Cave%20Access%20Policy.pdf

United States Fish and Wildlife Service, White-nose Syndrome Response Team, available at <https://www.whitenosesyndrome.org>

United States Environmental Protection Agency, A Lexicon of Cave and Karst Terminology with Special Reference to Environmental Karst Hydrology, available at <https://ofmpub.epa.gov/eims/eimscomm.getfile?p-download-id=36359>

Znanstvena literatura

- Auler, A.S., and Piló, L.B. (2015). Caves and mining in Brazil: the dilemma of cave preservation within a mining context. In *Hydrogeological and Environmental Investigations in Karst Systems*. (eds. B. Andreo, F. Carrasco, J.J. Durán, P. Jiménez, P. LaMoreaux). Springer, Berlin, 487–496.
- Auler, A.S., Souza, T.A.R., Se, D.C. and Soares, G.A. (2018). A review and statistical assessment of the criteria for determining cave significance, In *Advances in Karst Research: Theory, Fieldwork and Applications* (eds. M. Parise, F. Gabrovsek, G. Kaufmann, and N. Ravbar). Special Publications 466(1). Geological Society, London, 443–460.
- Bátori, Z., Csiky, J., Farkas, T., *et al.* (2014). The conservation value of karst dolines for vascular plants in woodland habitats of Hungary: refugia and climate change. *Int J Speleol* 43, 15–26. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.43.1.2>
- British Columbia Ministry of Forests, (2003). *Karst management handbook for British Columbia*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, British Columbia, 81. <http://www.for.gov.bc.ca/hfp/publications/00189/Karst-Mgmt-Handbook-web.pdf>
- Benstead, J.P., and Pringle, C.M., (2004). Deforestation alters the resource base and biomass of endemic stream insects in eastern Madagascar. *Freshw Biol* 49, 490–501. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01203.x>
- Burri, E., Castiglioni, B., and Sauro, U. (1999). Agriculture, landscape and human impact in some karst areas of Italy. *Int J Speleol* 28 B, 33–54.
- Cigna, A. A., (2011). The Problem of Lampenflora in Show Caves. *Journal of the Australasian Cave and Karst Management Association*, 82, 16–19.
- Council of the Haida Nation, (2007). Haida Gwaii Strategic Land Use Agreement. Council of the Haida Nation. <http://www.haidanation.ca/Pages/Agreements/pdfs/Haida%20Gwaii%20Strategic%20Land%20838Use%20Agreement.pdf>
- Council of the Haida Nation, (2018). *Gwaii Haanas Gina 'Waadluxan KilGuhlGa Land-Sea-People Management Plan*, Archipelago Management Board Gwaii Haanas National Park Reserve, Parks Canada, British Columbia.
- Coxon, C. (1999). Agriculturally induced impacts. In *Karst hydrogeology and human activities: Impacts, Consequences and Implications* (eds. D. Drew and H. Hötzl). IAH International Contributions to Hydrogeology 20. Routledge, 37–63.
- Daly, D., Dassargues, A., Drew, D., *et al.*, (2002). Main concepts of the European approach for karst groundwater vulnerability assessment and mapping. *Journal of Hydrogeology*, 10, 340–345.
- de Koning, M., Parr, J.W.K., Sengchanthavong, S., and Phommasane, S. (2016). Collaborative governance improves management effectiveness of Hin Nam No National Protected Area in central Laos. *Parks* 22(2), 27–40.
- Doerfliger, N., Jeannin, P.Y., and Zwahlen, F. (1999). Water vulnerability assessment in karst environments: a new method of defining protection areas using a multi-attribute approach and GIS tools (EPIK method). *Environmental Geology* 39, 165–176.
- Forti, P., (2015). *The scientific and socio-economic importance of karst and caves and their vulnerability*. Brief for GSDR 2015.
- Frappier, A.B. (2008). A stepwise screening system to select storm-sensitive stalagmites: taking a targeted approach to speleothem sampling methodology. *Quatern Int* 187(1), 25–39.
- Gerstner, H., McArthur, E., and Clark, B. (2018). Feeding the furnace of information, *Proceedings 22nd Australasian Cave and Karst Management Conference, Margaret River WA May 2018*, 6-10. <http://www.ackma.org/Proceedings/proceed/22/22contents.html>
- Gill, D., (1999). Nomination of the Gunung Mulu National Park, Sarawak, Malaysia for World Heritage Listing. *Report to UNESCO World Heritage Committee*. Sarawak Forestry Department, Kuching.
- Gillieson, D., (2011). *Cave Management*. In *Karst Management* (ed. P. E. van Beynen). Springer, New York.
- Gillieson, D., and Clark, B., (2010). Mulu: The World's Most Spectacular Tropical Karst. In *Geomorphological Landscapes of the World* (ed. P. Migon), Springer, pp311–320.
- Gillieson, D., Silverman, J., Hopkinson, R., Quenzer, M., and Kuna, K., (2011). *Vegetation mapping for the YUS conservation landscape*. Report for Conservation International and KfW Bank, James Cook University, Cairns, 35.
- Goldcheider, N., Chen, Z., Auler, A.S., *et al.* (2020) Global distribution of carbonate rocks and karst water resources. *Hydrogeology Journal* 28, 1661–1677.

- Goldscheider, N. (2012). A holistic approach to groundwater protection and ecosystem services in karst terrains. *AQUA mundi* Am06046, 117–124. <https://groundwaterportal.net/sites/default/files/Holistic%20approach%20-%20groundwater%20ecosystems-%20karst%20terrains.pdf>
- Griffiths, P., and Ramsey, C. (2005). Best management practices for palaeontological and archaeological cave resources. *Journal of the Australasian Cave and Karst Management Association*, 58, 27–31.
- Griffiths, P.A., and Ramsey, C.L., (2009). *Assessment of Forest Karst Resources of Haida Gwaii: A Strategic Overview*. Gwaii Forest Society, Project SFM08–2008.
- Gunn, J. (2021). Karst groundwater in UNESCO protected areas: a global overview. *Hydrogeology Journal*, 29(1), 297–314.
- Gunn, J., Bailey, D., and Handley, J. (1997). *The reclamation of limestone quarries using Landform Replication*. Department of the Environment, Transport and the Regions, HMSO, London.
- Gunn J., and Trudgill, S.T. (1982). Carbon dioxide production and concentrations in the soil atmosphere: A case study from New Zealand volcanic ash soils. *Catena*, 9, 81–94.
- Gutiérrez, F., Parise, M., De Waele, J., and Jourde, H. (2014). A review of natural and human-induced geohazards and impacts in karst. *Earth-Sciences Reviews* 138, 61–88.
- Hamilton-Smith, E., McBeath, R., and Vavryn, D., (1997). Best Practice in Visitor Management. *Proceedings of the 12th ACKMA Conference, 1997 Waitomo, New Zealand*. 85–96.
- Hardwick, P., and Gunn, J. (1993). The impact of agriculture on limestone caves. *Catena supplement*, 25, 235–249.
- Hellstrom, J., Sniderman, K., Drysdale, R., et al. (2020). Speleothem growth intervals reflect New Zealand montane vegetation response to temperature change over the last glacial cycle. *Sci Rep* 10, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58317-8>
- Iván, V., and Mádl-Szőnyi, J. (2017). State of the art of karst vulnerability assessment: overview, evaluation and outlook. *Environmental Earth Sciences*, 76. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6422-2>
- Jones, A., Angileri, V., Bampa, F., et al. (2013). *CAPRESE-SOIL: Carbon Preservation and Sequestration in agricultural soils, Options and implications for agricultural production*. Final report – EUR 26516. <https://doi.org/10.2788/77068>
- Kieft, T.L., Havlena, Z., and Veni, G. (2021). *An Investigation of Lighting and Chemical Methods to Prevent and Remediate Lampenflora, Carlsbad Cavern, New Mexico*. National Cave and Karst Research Institute Report of Investigation 14, Carlsbad, New Mexico.
- Liu, Z., Dreybrodt, W., and Liu, H. (2011). Atmospheric CO₂ sink: Silicate weathering or carbonate weathering? *Appl Geochemistry* 26, S292–S294. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.03.085>
- Manidis Roberts Consultants. (2000). *Gunung Mulu National Park Integrated Development and Management Plan*. Final Report. Sydney, Manidis Roberts Consultants.
- Martin-Sanchez, P.M., Miller, A.Z., and Saiz-Jimenez, C. (2015). Lascaux Cave: An Example of Fragile Ecological Balance in Subterranean Environments. In *(Microbial Life of Cave Systems* (ed. A.S. Engel), Berlin, München, Boston: De Gruyter, 279–302. <https://doi.org/10.1515/9783110339888-015>
- MacGregor, C.L.V., Hellstrom, J.C., Woodhead, J.D., Drysdale, R.N., and Eberhard, R.S. (2022). Low impact of sampling speleothems – reconciling scientific study with cave conservation. *International Journal of Speleology*, 51(1), 1–11. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.51.1.2406>
- McNie, P.M. and Death, R.G. (2017). The effect of agriculture on cave-stream invertebrate communities. *Mar Freshw Res* 68, 1999–2007. <https://doi.org/10.1071/MF16112>
- Milanovic, P. (2021). Dams and reservoirs in karst? Keep away or accept the challenges. *Hydrogeology Journal*. <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02273-0>
- Milanović, S., and Vasić L. (2021). Review: Methodological approaches and research techniques for addressing construction and remediation problems in karst reservoirs. *Hydrogeology Journal* 29, 101–122.
- National Resources Conservation Centre. (2010). *Conservation Practice Standard*. <https://nrcc.usda.gov>
- Olarinoye, T., Gleeson, T., Marx, V. et al. (2020) Global karst springs hydrograph dataset for research and management of the world’s fastest-flowing groundwater. *Sci Data* 7, 59. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0346-5>

- Reed, E. H. (2009). Decomposition and disarticulation of kangaroo carcasses in caves at Naracoorte, South Australia. *Journal of Taphonomy*, 7, 265–283.
- Simon, K.S., Benfield, E.F., Macko, S.A., (2003). Food web structure and the role of epilithic biofilms in cave streams. *Ecology* 84, 2395–2406. <https://doi.org/10.1890/02-334>
- Spötl, C., and Matthey, D. (2012). Scientific drilling of speleothems—a technical note. *Int J Speleol* 41(1), 29–34
- Stevanovic, Z. (2019) Karst waters in potable water supply: a global scale overview. *Environmental Earth Science* 78, 662. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8670-9>
- Tattersall, I., and Schwartz, J. H. (2001). *Extinct Humans*, Boulder, CO, Westview Press.
- Tercafs, R. (2001). *The protection of the subterranean environment. Conservation principles and management tools*, P.S. Publishers.
- Thomas, L., and Middleton, J. (2003). Guidelines for management planning of protected areas. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Titus, T., Phillips-Lander, C.M., Boston, P.J., Judson Wynne, J., and Kerber, L. (2020). Planetary Cave Exploration Progresses. <https://eos.org/science-updates/planetary-cave-exploration-progresses>
- Truebe, S. (2015). *Cultivating a climate of cave conservation awareness: a synthesis of current speleothem sampling methods and best practice recommendations*. CLIMAS Climate and Society Fellowship Report. <https://climas.arizona.edu/sites/default/files/pdf2014truebefellowsreport.pdf>
- UNESCO (2018). *UNESCO policy on engaging with Indigenous peoples*, UNESCO, Paris. <https://en.unesco.org/indigenous-peoples/policy>
- United States Environmental Protection Agency (2002). *A Lexicon of Cave and Karst Terminology with Special Reference to Environmental Karst Hydrology*. <https://karstwaters.org/wp-content/uploads/2015/04/lexicon-cave-karst.pdf>
- Urich, P.B. (1989). Tropical karst management and agricultural development: example from Bohol, Philippines. *Geogr Ann Ser B* 71B, 95–108. <https://doi.org/10.1080/04353684.1989.11879589>
- Urich, P.B. (1996). Deforestation and declining irrigation in Southeast Asia: A Philippine case. *Int J Water Resour Dev* 12, 49–64. <https://doi.org/10.1080/713672197>
- Urich, P.B. (2002). Land use in karst terrain: review of impacts of primary activities on temperate karst ecosystems. Science for Conservation 198 (Report). New Zealand Department of Conservation, Wellington.
- van Beynen, P., and Townsend, K. (2005) A disturbance index for karst environments. *Environmental Management* 36, 101–116.
- Veni, G. (1999). A geomorphological strategy for conducting environmental impact assessments in karst areas. *Geomorphology* 31, 151–180. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00077-X](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00077-X)
- Venter, M., Dwyer, J., Dieleman, W., et al. (2017). Large trees and natural disturbances drive forest biomass on a 3000m elevation gradient in Papua New Guinea, *Global Change Biology*, 23, 4873–4883. <https://doi.org/10.1111/gcb.13741>
- Wang, K., Zhang, C., Chen, H., et al. (2019). Karst landscapes of China: patterns, ecosystem processes and services. *Landsc Ecol* 23, 4873–4883. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00912-w>
- Watson, J., Hamilton-Smith, E., Gillieson, D., and Kiernan, K. (1997). *Guidelines for Cave and Karst Protection*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Williams, P.W. (1993). Environmental change and human impacts on karst terrains: An introduction. *Catena supplement*, 25, 1–20.
- Wood, P.J., Gunn, J., and Rundle, S.D. (2008). Response of benthic cave invertebrates to organic pollution events. *Aquat. Conserv. Mar Freshw Ecosyst* 18, 909–922. <https://doi.org/10.1002/aqc.933>

Priloga 1: Kras in jame na nekarbonatnih kamninah

Kraška pokrajina vsebuje številne posebne reliefne oblike, vključno z jamami, ki nastanejo predvsem zaradi procesov raztapljanja. Kras je bil sprva preučevan in razumljen kot pojav na karbonatnih kamninah, kot so apnenec, dolomit in marmor. Te kamnine so zlahka topne v kisli vodi in so ustvarile večino znanih jam in kraških pokrajin po svetu. Vendar lahko procesi raztapljanja delujejo tudi v drugih vrstah kamnin, če so prisotni ustrezni pogoji. Evaporitne kamnine (sadra in sol) so bolj topne kot karbonati in zato lahko ustvarijo kraške reliefne oblike in jame. Različne kamnine, ki vsebujejo kremen, npr. kvarcit in peščenjak, lahko prav tako ustvarijo kraške pokrajine. Čeprav so manj topne, v kamninah, bogatih s kremenom, vseeno poteka raztapljanje skupaj z drugimi nekemičnimi procesi. Podnebje lahko igra pomembno vlogo pri nastanku jam v takšnih kamninah kot posledica raztapljanja. Sadra in sol sta tako topni kamnini, da v vlažnih podnebnih običajno preperita. Zato so kraške reliefne oblike večinoma prisotne v evaporitnih kamninah v suhih okoljih. Po drugi strani pa je kremen bolj topen v toplem podnebnju, zato najdemo najbolj reprezentativne kraške oblike in jame v takšnih kamninah v tropskih krajih.

Druge jame so v celoti posledica mehanskih (erozijskih) procesov, z omejeno prisotnostjo kemičnih snovi. To velja za morske ali obalne jame, ki jih ustvarjajo valovi, in za jame v sušnih krajih, ki jih ustvarja veter. Še ena kategorija jam so tiste, ki so bile ustvarjene skupaj s kamnino, ki jih vsebuje, npr. lavine cevi, ali s tektonskimi procesi (špranjaste jame). Če povzamemo, jame in kras se lahko razvijejo na številne načine in nikakor niso omejene na karbonatne kamnine. Zato moramo pri razlagi krasa in jam ohraniti celosten pogled.

Jame in kras v sadri

Sadra je bolj topna kot apnenec in ima zato potencial za oblikovanje obsežnih kraških reliefnih oblik in jam. Vendar je ta kamnina manj pogosta na površju kot karbonati, zaradi česar je razširjenost sadrinih jam in krasa po svetu bolj omejena. Na splošno je zaradi visoke topnosti sadrin kras bolje ohranjen v suhih podnebnjih. Narodni park Wood Buffalo v Kanadi je območje svetovne dediščine, ki vsebuje mednarodno pomemben sadrin kras v suhem borealnem podnebnju. Sadrine jame pogosto nastanejo v plasteh sadre, ki se izmenjujejo s plastmi drugih kamnin, zaradi česar imajo malo ali pa celo nič izdankov, čemur pravimo 'medplastni kras'. Nekatere najdaljše jame na svetu, npr. labirintne jame zahodne Ukrajine, so nastale v relativno tankih plasteh sadre.

Relativno malo sadrinih jam je prilagojenih množičnemu turizmu, najbolj znane pa so verjetno jame Sorbas v Španiji. Sadrine jame in kras so v številnih pogledih bolj krhke kot karbonatne. Kamnina ima precej nizko trdoto, kar pomeni, da se zlahka poškoduje ali kleše. Kapniki so manj pogosti in prav tako krhki. Takšne jame nastanejo predvsem v sušnih krajih, zato je pretočnost omejena, kar ustvari nizkoenergijsko okolje, ki omejuje sposobnost okrevanja od okoljskih vplivov. Zaradi nizke mehanske stabilnosti sadre so jamski rovi relativno majhni. Najdaljše sadrine jame običajno vsebujejo obsežne labirinte z večinoma majhnimi rovi, npr. 257 km dolga jama Optymistychna v Ukrajini. Udor jam v vmesnih plasteh sadre običajno povzroči ponore na površju. Hitro oblikovanje rogov v sadri lahko privede do gradbenih problemov.

Jame in kras v soli

Sol je zelo topna kamnina, veliko bolj kot sadra in apnenec, zaradi česar tudi hitro preperi. Solne jame in kras se ohranijo le v zelo sušnih okoljih. Najlepše primere najdemo v izredno sušni puščavi Atacama v Čilu, v puščavskem delu izraelske gore Sedom in na iranskem otoku Qeshm. Večina navedenih informacij o sadrinih jamah velja tudi za solne jame, čeprav so te običajno precej manjše. Najdaljša je jama Malham v Izraelu, ki je dolga približno 10 km. Kamnina je precej mehka, ne more ohranjati velikih odprtih, ne da bi se udrla, in zaradi suhega podnebnja nima aktivnega pretoka. Površina je po navadi groba, vendar drobljiva. Solni kapniki so pogosti, vendar se zlahka poškodujejo. Ker se nahajajo v neprijaznih in običajno odročnih, redko poseljenih krajih, so takšne jame dobro ohranjene.

Na iranskem otoku Qeshm, ki je Unescov globalni geopark, so nekatere solne jame namenjene turizmu, kar velja tudi za jame blizu mesta San Pedro de Atacama v Čilu, čeprav v slednjem primeru niso pripravili načrta prilagoditve ali upravljanja. Obsežne jame na gori Sedom so namenjene avanturističnemu turizmu in vsako leto privabijo več sto obiskovalcev.



Solni kristali v jami, gora Sedom, Izrael. Fotografija: Rainer Straub.



Pogled navzgor v globoko brezno, izoblikovano v halitu, jama Colonel, gora Sedom, Izrael. Fotografija: Rainer Straub.

Jame in kras v kamninah, bogatih s kremenom

Kamnine, bogate s kremenom, kot so peščenjak, kvarcit ali celo magmatske kamnine, npr. granit, so lahko podvržene raztapljanju. Za razliko od karbonatov se v teh kamninah topnost povečuje s temperaturo in je zato večja v toplih tropskih podnebjih. Zaradi

nizkih hitrosti raztapljanja ta proces zahteva dolge časovne okvire. Starodavne pokrajine, ki so se razvile pod stabilnejšimi tektonskimi pogoji, imajo ustrezne pogoje za nastanek takšnih jam. Jame, nastale zaradi raztapljanja kamnin, bogatih s kremenom, so razširjene v številnih predelih Južne Amerike (predvsem v Braziliji in Venezueli), Afrike, Avstralije in Azije (Indija in Tajsko). Kvarciti v Južni Ameriki so stari (iz mezoproterozoika) in odporni na kemično preperevanje, zaradi česar običajno oblikujejo visoke grebene.



*Peščenjakova jama Caverna Aroe Jari v Narodnem parku Chapada dos Guimarães, Brazilija.
Fotografija: Csaba Egri.*

Kartirali in preučili so več kilometrov dolge kvarcitarne in peščenjakove jame, največja od teh pa se nahaja v Narodnem parku in območju svetovne dediščine Canaima v jugovzhodni Venezueli. V Braziliji se takšne jame nahajajo v več gorskih predelih v vzhodnem delu države in v podoljih porečja Amazonke. Te jame predstavljajo novo področje raziskav, za številne kraje pa še ne vemo, ali vsebujejo jame. V proterozoičnih peščenjakih severne Avstralije se nahajajo obsežne peščenjakove jame in kras, najbolj znani primeri pa so Narodni park Purnululu (območje svetovne dediščine), regija Kimberley v Zahodni Avstraliji in Narodni park Kakadu v Severnem teritoriju.

Kvarciti in peščenjaki so kamnine, ki vsebujejo zlepljena zrna kremenca s silikatnim vezivom ali brez njega. Pojavljajo se lahko tudi konglomerati, sestavljeni iz drobcev kamnin, bogatih s kremenom, ki se sprimejo z vezivom, bogatim s kremenom. Kemične spremembe razbijejo zrna v teh kamninah, temu procesu pa pravimo arenizacija. Zaradi tega je matična kamnina v teh jamah načeloma zelo drobljiva. V Državnem parku Ibitipoca v jugovzhodni Braziliji je pogost prehod turistov skozi ozka mesta v jami Bromélias, dolgi 2,7 km, trajno spremenil profil nekaterih rovov. Zaradi udara stropov rovov, ki so ga povzročili turisti z dotikanjem nestabilnih delov jame, je ta jama zdaj zaprta za turiste. Zelo krhke jamske stene so očitno spodbudile ljudi k vrezovanju napisov. Več peščenjakovih jam vsebuje številne vrezane grafite.

Jame v kamninah, bogatih s kremenom, lahko gostijo raznolike troglobite, npr. v Narodnem parku Chapada Diamantina v severovzhodni Braziliji živita dve vrsti soma, prilagojeni življenju v jami. Te jame so večinoma brez slikovitih kapnikov, ki so pogosti v karbonatnih kamninah. Vseeno pa številne jame v Južni Ameriki redno obiskujejo turisti, čeprav zaenkrat še nobena ni ustrezno prilagojena množičnemu turizmu z umetno razsvetljavo in urejenimi stezami. Za nekatere jame so odobrili načrte upravljanja, npr. za jamo Saltire v Diamantini v jugovzhodni Braziliji, ti dokumenti pa priznavajo krhkost teh jam in omejujejo obiske na večje in dostopnejše dele jam. Kvarciti in peščenjaki sta pogosti kamnini in zato omejene gospodarske vrednosti. Poleg tega so takšni kraji običajno redko poseljeni zaradi nerodovitne peščene prsti in višinske lokacije. To odvrta ljudi od obiskovanja jam in pripomore k njihovi ohranitvi. Zaradi slikovitih razgledov, prisotnosti slapov in enostavne prilastitve so bila številna takšna območja spremenjena v ohranitvene enote na državni, zvezni in lokalni ravni.



Dvorana tisočerih stebrov v kvarcitni jami Auyan tepui v območju svetovne dediščine in Narodnem parku Canaima, Venezuela. Fotografija: Vittorio Grobu.

Jame v železovih formacijah

Jame v železovih formacijah so bile prvič zabeležene v speleološki literaturi v 60. letih 20. stoletja, leta 2014 pa so prišle v ospredje zaradi neverjetnega širjenja rudnikov železa kot posledica povečanega povpraševanja po vsem svetu. Do danes je bilo v železovih formacijah najdenih že na tisoče jam, predvsem v Braziliji, vendar tudi v Avstraliji in Afriki. Čeprav so majhnih dimenzij, le redko so namreč daljše od 100 m, v njih prebiva izjemna jamska favna, ki živi ne le v sami jami, temveč tudi v intersticijski poroznosti. Pred kratkim so odkrili na stotine novih vrst troglorbitov.

Prvotna, nepreperela železova formacija, poznana kot pasovita železova formacija (angl. Banded Iron Formation), je sestavljena iz izmenjujočih se plasti kremenca in železa. Železo je še bolj odporno na kemično preperevanje kot kremen, zato se najprej izluži kremen, ki razgali železovo rudo visoke čistosti. Geneza jam ne vključuje samo kemičnih procesov, ampak tudi kompleksno součinkovanje geomikrobioloških mehanizmov, kjer železo reducirajoče bakterije pretvorijo netopno železo Fe (III) v topno železo Fe (II). Ker so takšne jame pogosto povezane z železovimi rudami visoke čistosti, se pojavlja gospodarski pritisk na rudarjenje, saj običajno ni alternativnih lokacij za pridobivanje železa. V Braziliji so zakonito izkopavali v več območjih železove formacije, ki vsebujejo jame, kar je privedlo do znatnih okoljskih nadomestil v povezavi z jamami, kot so novi narodni parki, financiranje raziskav in publikacije. Zaradi omejene razširjenosti te kamnine po svetu in dejstva, da so večino območij z železovimi formacijami že vključili v rudarske načrte, je bilo veliko nadomestil namenjenih jamam v drugih kamninah, kar je privedlo do neravnovesja v ohranitvenih enotah.

V Avstraliji je odmevno uničenje arheološkega najdišča, povezanega z jamo v železovi formaciji, sprožilo javne demonstracije. Najdišče v soteski Juukan je vsebovalo ostanke človeške poselitve izpred 46.000 let, vendar so ga popolnoma uničili z rudarskimi dejavnostmi. Na to so se močno odzvali tradicionalni lastniki zemlje, tj. ljudstvu Puutu Kuntjira in Pinikura, kot tudi okoljevarstvene skupine. Naknadna parlamentarna preiskava je izpostavila neustreznost državnih in zveznih zakonov o varstvu dediščine. Trenutno tudi druga najdišča v regiji ogrožajo rudarske dejavnosti, odobrene v skladu s to zakonodajo.



Jama v železovi formaciji, južno gorovje Espinhaço, Brazilija. Fotografija: Luciana Alt in Vitor Moura.



Jama v železovi formaciji, kjer lahko na stropu vidimo konglomerat, bogat z železom («canga»), na stenah pa pasovito železovo formacijo. Južno gorovje Espinhaço, Brazilija. Fotografija: Luciana Alt in Vitor Moura.

Jame v železovih formacijah so večinoma brez slikovitih kapnikov, njihova notranja struktura z ozkimi rovi pa ne privablja turistov. Zaradi tega jih rekreativni jamarji večinoma ignorirajo, čeprav okoljsko svetovanje poudarja njihov pomen. Le nekaj takšnih jam je redno obiskanih, nobena pa nima vzpostavljenega ustreznega načrta upravljanja in infrastrukture. Nekatere brazilske jame so

predmet trajne ohranitve in imajo vzpostavljen varovalni pas. Številne od teh jam pa se nahajajo znotraj rudarskih območij, zaradi česar ohranjanje njihove celovitosti predstavlja izziv. Ker le malo vemo o teh jamah, zlasti o mobilnosti in obsegu jamske favne znotraj porozne kamnine, ne vemo, kako učinkovito zaščititi njihove ekosisteme.

Nekraške jame

Pri genezi številnih jam niso prevladovali kemični procesi, ampak so jih izoblikovali številni drugi geološki dejavniki in mehanizmi. Zaradi odsotnosti (ali majhne vloge) procesov raztapljanja, te jame običajno ne spadajo v klasične kraške pokrajine. Tipični kraški pojavi, kot so vrtače in škraplje, načeloma niso prisotni. Takšne pokrajine včasih vključijo v malce vprašljivo definicijo 'psevdokrasa'. Vseeno pa so te nekraške jame lahko izjemnega znanstvenega in estetskega pomena.

Nekatere jame se oblikujejo istočasno kot kamnina, v kateri se nahajajo. Takšen primer so lavine cevi, kjer po izbruhu vulkana lava teče navzdol, njeni robovi pa pridejo v stik z ozračjem ali podlago in se strdijo, medtem ko notranji del ostane staljen. Ko zmanjka lave, ostane dolga cev, ki sledi pobočju. Takšne jame so pogoste v območjih aktivnih vulkanov po vsem svetu, nekatere pa so prilagodili v turistične namene. Na otoku Lanzarote, enem od španskih Kanarskih otokov, so lavino cev Jameos de Agua odprli za množični turizem. Lavine cevi imajo lastno geološko in biološko vrednost in čeprav je veliko takšnih cevi geološko mladih (največja starost je nekaj sto tisoč let), so poseljene z bogato favno, prilagojeno življenju v jami. Enajst Unescovih globalnih geoparkov in štiri Unescova območja svetovne dediščine vsebujejo lavine cevi: Galapagos, Ekvador; Rapa Nui, Čile; vulkanski otok Jeju, Južna Koreja; Narodni park Hawaii Volcanoes, ZDA.



Plastenje lave v jami Kazumura, Havaji, ZDA. Ta kompleksna jama s številnimi vhodi se nahaja na boku vulkana Kilauea in je trenutno najdaljša (65,5 km) in najgloblja (1100 m) lavina cev na svetu. Fotografija: Philippe Crochet.

Jame lahko nastanejo tudi v lehnjaku, ki ga včasih imenujejo travertin, čeprav je ta izraz bolj primeren za usedline iz termalne vode. Lehnjak in travertin sta kamnini, ki nastaneta zaradi obarjanja kalcijevega karbonata, najpogosteje pri izvirih ali pa dolvodno od njih. Tako kot lavine cevi se tudi jame v lehnjaku oblikujejo istočasno z usedanjem kamnine. Večina je dolgih in širokih samo nekaj metrov, nekatere pa so daljše. V Evropi obstaja vsaj sedem turističnih jam v lehnjaku, najdaljša pa je Olgina jama v kraju Honau, Nemčija (170 m).

Jame, ki so se odprle predvsem zaradi tektonskih premikov in predstavljajo povečane stike, najdemo v številnih krajih po svetu. Takšnim jamam včasih rečemo špranjaste ali razpoklinske jame. Pogostejše so v hladnejših podnebnih in tektonsko aktivnih območjih, kjer je raztapljanje le stranski proces, npr. na Tibetanski planoti ali na Grenlandiji. Te majhne jame so lahko izrednega

biološkega pomena in vsebujejo starodavne kapnike. Najgloblja kvarcitna jama na svetu, jama Centenário v jugovzhodni Braziliji, je sestavljena iz globokih stikov, ki se na vrhu planote odpirajo proti površju, na globini 484 m pa se zožijo do neprehodne velikosti.

Jam, ki so jih ustvarili erozijski procesi, je po svetu ogromno in lahko nastanejo v različnih vrstah kamnin. Številne morske ali obalne jame je ustvarilo erozijsko delovanje valov. Čudovite primere najdemo na obali Kalifornije v ZDA in na zahodni obali gorovja Waitakere v Novi Zelandiji. Dobro poznana je jama Fingal's Cave blizu škotske obale, ki jo že stoletja obiskujejo turisti in ki je bila navdih za eno od Mendelssohnovih simfonij. Tudi veter lahko ustvari jame, zlasti v 'mehkih' kamninah, npr. v peščenjaku v puščavskih okoljih. V granitu, peščenjaku in nekaterih metamorfni kamninah pogosto najdemo zaobljene plitve votline različnih velikosti, ki se imenujejo *tafoni*. Najverjetneje jih ustvari kombinacija mehanskih, tektonskih in kemičnih procesov. Živali, vključno z izumrlimi pasavci, so s kopanjem ustvarile več kot 1 km dolge jame, kot jih lahko vidimo v brazilskem porečju Amazonke. Erozijski izdanki, ki jo povzročijo rečni meandri, lahko privede do nastanka jam, tako kot tudi pretok vode skozi nesprijete kamnine ali prst, ki pa ustvari kratkotrajne in večinoma majhne jame. Imenujemo jih cevi in so precej pogost pojav, zlasti v sušnih predelih. Dobri primeri tega pojava so povezani s topografijo pustinj na zahodu ZDA.



Morske jame v Narodnem parku Gennargentu na vzhodni obali Sardinije, Italija. Fotografija: Csaba Egri.

Obstaja posebna skupina jam, ki nastanejo v ledu. Te ledeniške jame večinoma nastanejo zaradi taljenja ledu in so lahko v celoti obdane z ledom ali pa se nahajajo na stiku s podlago. Taljenje poteka hitreje poleti, ko se te jame tudi hitreje razvijajo. Toplota, ki je potrebna za taljenje ledu, lahko ustvari trenje med vodo in ledom ali pa je posledica zunanjih dejavnikov, npr. vode, ki so jo segreli vulkanski procesi. Ledene jame se lahko hitro razvijajo, še posebej v hitro spreminjajočem se podnebnju, ki je posledica antropogenih vplivov. Številne ledeniške jame in ledeniki, v katerih se nahajajo, se soočajo z zelo negotovo prihodnostjo. Ledeniške jame so postale osrednja točka avanturističnega turizma na Islandiji.

Kaotična razporeditev odlomljenih blokov, ki jih najdemo predvsem ob vznožju gora (ali v povezavi z ledeniki), lahko vsebuje meliščne jame. To je še en primer nastanka jame, ki sovпада s sedimentom, v katerem se nahaja. Številne vrste kamnin lahko ustvarijo meliščne jame, vendar so pogostejše v magmatskih kamninah, ki so izpostavljene luščenju. Meliščne jame v zvezni državi New Hampshire, ZDA, so priljubljene turistične znamenitosti. Obsežne meliščne jame gore Black Mountain blizu kraja Cooktown na severu zvezne države Queensland v Avstraliji so dom številnim populacijam netopirjev. Kjer pride do globokega preperevanja, lahko med kamninskimi bloki nastanejo jame. Od meliščnih jam se razlikujejo v tem, da jih ustvari podpovršinsko preperevanje, pri čemer so ostanki prvotne kamnine oz. kamninski bloki obdani z drobirjem ali ostanki preperevanja. Ko ponikalnice kasneje odstranijo ostanke preperevanja (regolit) med kamninskimi bloki, lahko nastanejo obsežne jame s kapniki iz amorfnega kremenca in zanimivo bioto. V Avstraliji so dokumentirane jame med granitnimi kamninskimi bloki v kraju Labertouche v zvezni državi Victoria

in v kraju Wyberba v zvezni državi Queensland. Regija Galicija v severni Španiji se ponaša z izjemnimi jamami med kamninskimi bloki, dolgimi več kot 1 km.

Na splošno so jame v nekarbonatnih kamninah manj raziskane, čeprav imajo lahko enak geološki in biološki pomen. Ker se pogosto nahajajo v odročnih krajih, so običajno manjše in nimajo estetske vrednosti, ki jo drugače zagotavljajo velike dvorane, podzemne reke in zlasti kapniki. So tudi precej manj obiskane in manj izpostavljene vandalizmu. Izjema so lavine cevi, saj so po vsem svetu dobro dokumentirane, pomembne za regionalni turizem in obsežno obravnavane v znanstveni literaturi.

Bibliografija

Auler, A.S., Parker, C.W., Barton, H.A., and Soares, G.A. (2019). Iron Formation caves: Genesis and ecology. In *Encyclopedia of Caves* (eds. W. B. White, D. C. Culver, D. C., and T. Pipan). Academic Press: 559–566.

Frumkin, A. (1994). Morphology and development of salt caves. *National Speleological Society Bulletin* 56: 82–95.

Kempe, S. (2019). Volcanic rock caves. In *Encyclopedia of Caves* (eds. W. B. White, D. C. Culver, D. C., and T. Pipan). Academic Press: 1118–1127.

Klimchouk, A. (2019). Gypsum caves. In *Encyclopedia of Caves* (eds. W. B. White, D. C. Culver, D. C., and T. Pipan). Academic Press: 485–495.

Palmer, A.N. (2007). *Cave Geology*. Dayton, Ohio: Cave Books.

Persoiu, A. and Lauritzen, S.E. (2018). *Ice Caves*. Amsterdam: Elsevier.

Wray, R.A.L., and Sauro, F. (2017). An updated global review of solutional weathering processes and forms in quartz sandstone and quartzites. *Earth Science Reviews* 171: 520–557.

Priloga 2: Celotne smernice

Pomen krasa in jam

- (1) *Učinkovito načrtovanje za kraške regije zahteva celovito upoštevanje vseh njihovih pomenov za gospodarstvo, znanost in človeštvo znotraj lokalnega kulturnega in političnega konteksta.*
- (2) *Upravljalci bi se morali zavedati, da imajo površinski posegi v kraška prispevna območja neposredne ali posredne vplive na podzemlje ali dolvodno.*
- (3) *Dobro poznavanje značilnosti jam in njihovega edinstvenega pomena je bistveno za izboljšanje upravljanja s katerim koli kraškim območjem.*

Posebne značilnosti kraških okolij in jamskih sistemov

- (4) *Varovanje naravnih procesov, zlasti hidrološkega sistema, je bistveno za zaščito in upravljanje kraških pokrajin.*
- (5) *Najpomembnejši kraški proces je kaskada ogljikovega dioksida (CO₂) od nizkih koncentracij v zunanjem ozračju prek močno povečanih koncentracij v zraku v prsti do zmanjšanih koncentracij v jamskih rovih. Povišane koncentracije ogljikovega dioksida v prsti so posledica dihanja korenin, mikrobne aktivnosti in zdrave nevretenčarske favne v prsti. To kaskado moramo ohraniti za učinkovito delovanje kraških procesov raztapljanja.*
- (6) *Potreba po upravljanju celotnega prispevnega območja je v primeru kraških pokrajin še pomembnejša kot pri številnih drugih litoloških okoljih.*
- (7) *Danes obstaja relativno malo neokrnjenih kraških pokrajin, tiste, ki so se ohranile, pa moramo prednostno ohranjati in vzdrževati. Drugod pa se moramo osredotočiti na izničenje morebitnih negativnih vplivov preteklih in sedanjih praks upravljanja.*

Lestvice upravljanja v kraških območjih

- (8) *Eno samo navodilo za upravljanje, uporabljeno pri kompleksnem kraškem hidrološkem sistemu (ali kompleksnem integriranem jamskem sistemu), najverjetneje ne bo zadovoljivo zaščitilo tekočih geomorfoloških in ekoloških procesov v različnih delih sistema. Zaradi tega mora načrtovanje upravljanja upoštevati faktorje lestvice v kraškem sistemu.*
- (9) *V večini jam so organizmi odvisni predvsem od virov hrane, ki so vneseni iz površinskega okolja. Dostop do hrane in energije iz zunanjih virov je ključnega pomena za preživetje viabilnih populacij organizmov, pogostost in obseg vnosov energije v jamski ekosistem pa sta bistvena za vzdrževanje populacij organizmov.*
- (10) *Posamezen kraški hidrološki sistem (ali jamski sistem) lahko vsebuje več elementov ali vrst rogov, od aktivnih rogov z vodotoki prek neaktivnih, višje ležečih rogov do slabo povezanih reliktnih rogov. Vsak bo zahteval drugačen način upravljanja.*
- (11) *Določeni odseki znotraj kraškega območja so lahko zelo občutljivi na onesnaževala v podtalnici, medtem ko so druga območja lahko manj občutljiva. Zato je potrebno načrtovanje rabe tal, da zaščitimo vire kraške podtalnice.*

Rekreativno in avanturistično jamarstvo

- (12) *Popis jam je zaželen kot podlaga za njihovo upravljanje. Pojavi posebnega pomena v posamezni jami naj bodo označeni na zemljevidu.*
- (13) *Zaželena je ocena tveganja, ki naj obsega skupine jam, posamezne jame ali odseke znotraj jame, kakor je primerno za posamezno lokacijo. Ocena naj obsega tako tveganja za človeške raziskovalce kot tveganja, ki jih raziskovalci predstavljajo jami. Oceniti bi morali ranljivost posamezne vrste pojava, da olajšamo identifikacijo jam ali con znotraj jam, ki so primerne za določeno vrsto rabe.*
- (14) *K upravljanju vplivov jamarstva je najbolje pristopiti s pomočjo strateškega načrtovanja in vključevanja deležnikov. Ustrezen pristop bo najverjetneje zahteval kombinacijo pobud, med katerimi bo politika dostopa vedno igrala ključno vlogo.*
- (15) *Vsak inštruktor avanturističnega jamarstva mora dokazati, da je opravil ustrezno usposabljanje na področju varnosti in ohranjanja jam.*

- (16) *Vsi jamarji bi morali biti seznanjeni s kodeksom jamarstva z minimalnim vplivom (minimal impact caving code oz. MICC) in mu slediti. Če za zavarovano območje ne velja noben nacionalni ali regionalni MICC, potem je treba oblikovati specifični kodeks na podlagi objavljenih kodeksov.*
- (17) *Izkopavanja, prve odprave in raziskave v jamah znotraj zavarovanih območij morajo biti nadzorovana bodisi prek specifičnih pogodb ali prek dovolilnic.*
- (18) *Upravljavcem zavarovanih območij svetujemo, da pripravijo načrt ukrepov za primer jamarske nesreče v njihovem območju. Načrt naj pripravijo v sodelovanju z regionalnim ali nacionalnim jamarskim organom in z državnimi organi, pristojnimi za ukrepanje ob nesrečah in nujnih primerih, ter vključijo smernice za minimiziranje vpliva reševanja na jamo in na površje.*
- (19) *Popolnoma neprimerno je, da spustimo motorizirana prevozna sredstva v divje jame, takšnih jam pa prav tako ne smemo uporabiti pri tekaških dogodkih ali drugih vrstah športnih dogodkov.*

Turistične jame

- (20) *Obstoječe turistične jame je treba upravljati v skladu z najvišjimi možnimi standardi in skladno s Priporočenimi smernicami ISCA ter smernicami, navedenimi v tem dokumentu.*
- (21) *Pred pretvorbo jame v turistično jamo je treba izvesti temeljito študijo za določitev okoljske in ekonomske trajnosti.*
- (22) *V vsaki turistični jami mora biti varnost na prvem mestu.*
- (23) *Z opredelitvijo nosilne zmogljivosti obiskovanja specifične turistične jame vzpostavimo ravnovesje med nudenjem varnega, informativnega in prijetnega ogleda jame obiskovalcem ter minimiziranjem vpliva na jamsko okolje ob doseganju ekonomskih ciljev. Upoštevati moramo vse tri dejavnike – izkušnjo obiskovalcev, okoljski vpliv in ekonomske cilje.*
- (24) *Pripraviti moramo lokacijski načrt, ki prikazuje podrobnosti površja in podrobnosti podzemne jame, da lahko analiziramo potencialni vpliv del na površju na jamo.*
- (25) *Ustrezna infrastruktura ob vhodu v turistično jamo je bistvena za ohranitev naravnega jamskega okolja.*
- (26) *Pri vseh novih posegih, bodisi v obstoječih turističnih jamah ali na novih lokacijah, moramo skrbno oceniti infrastrukturne potrebe in nato skrbno zasnovati ter namestiti infrastrukturo, ob upoštevanju trenutnih najboljših praks.*
- (27) *Sistem električne razsvetljave v jami naj bo razdeljen na cone, s čimer zagotovimo učinkovito osvetlitev le tistih delov jame, kjer se trenutno nahajajo obiskovalci. Uporaba svetlobe naj bo minimalna in osvetljuje le določene pojave, s čimer ustvarimo vzdušje, ki izboljša izkušnjo obiskovalcev.*
- (28) *Učinkovito upravljanje turističnih jam temelji na monitoringu, s katerim omogočimo prilagodljivo upravljanje jame. Izvajati je treba vsaj osnovni monitoring jame, favne, klime in koncentracij ogljikovega dioksida v skladu z urnikom monitoringa.*
- (29) *Upravljavci turističnih jam morajo biti usposobljeni za vodenje poslovanja turistične jame in za okoljevarstvo.*
- (30) *Vodiči imajo zelo pomembno vlogo v turističnih jamah, saj predstavljajo vez med jamo in obiskovalcem. Vodiči morajo biti ustrezno usposobljeni glede pomena posamezne jame in za predstavitev tega pomena obiskovalcem.*
- (31) *Vse turistične jame bi morale pripraviti visokokakovostne razlage, da bi javnost bolje razumela in cenila jamsko okolje.*

Avanturistične in turistične dejavnosti na površinskem krasu

- (32) *Razgibane in odročne habitate površinskega krasa lahko odlikuje biotska in geološka raznovrstnost, ki jo moramo oceniti, preden se odločimo, ali bomo tam dovolili avanturistične in turistične dejavnosti ter pod katerimi pogoji in kje.*
- (33) *Vsa infrastruktura, potrebna za podporo dejavnostim na površinskem krasu, naj bo zasnovana in nameščena tako, da ima majhen vpliv na videz in celovitost krasa in da se jo lahko po potrebi zlahka odstrani ter kraško območje skoraj v celoti povrne v prvotno stanje.*

Znanstveno raziskovanje

- (34) *Vsa zavarovana območja z jamami in krasom bi morala pripraviti pravilnike glede upravljanja raziskav, ki naj bodo dovoljene šele po prejemu in odobritvi vloge.*
- (35) *Tisti, ki želijo izvajati raziskave v jamah, morajo bodisi dokazati, da so seznanjeni z jamskimi okolji in lokalnim kodeksom za jamarstvo z minimalnim vplivom, ali da sodelujejo z izkušenimi speleologi, ki bodo poskrbeli za upoštevanje kodeksa.*
- (36) *Tiste jame, ki imajo načrt upravljanja, morajo poskrbeti, da vsebuje poglavje o raziskovalnih dejavnostih.*

- (37) Vsi raziskovalci, ki delajo v jamah ali na krasu, bodisi v zavarovanem območju ali izven njega, naj skrbno ocenijo svoje predloge, kar naj vključuje primerjavo morebitnih koristi s tveganjem povzročitve škode okolju ali kulturnim vrednotam.
- (38) Poudarek mora biti na metodah minimalnega vzorčenja favne, kapnikov in sedimentov, raziskovalci pa naj bodo zavezani k objavi rezultatov v poljudni obliki in v akademskih medijih. Raziskovalci naj se zavežejo k odstranitvi opreme in sanaciji kraja (če je to potrebno) ob zaključku projekta.

Kmetijstvo in gozdarstvo

- (39) Kmetijska dejavnost lahko škodljivo vpliva na kraške geološke ekosisteme. Upravljalci zavarovanih območij morajo (a) biti posebej pozorni na predlagane spremembe v rabi tal in (b) usmerjati glede vrste kmetovanja in specifičnih talnih razmer, da bi minimizirali vplive na količino in kakovost vode.
- (40) Obdelovalne površine zahtevajo skrbno ravnanje s prstjo, da minimiziramo izgubo zaradi erozije in spremembo lastnosti prsti, kot so aeracija, stabilnost agregata in vsebnost organske snovi, ter vzdržujemo zdravo bioto v prsti. Pašniki naj bodo upravljeni tako, da ohranjajo rastlinski pokrov, pri čemer moramo biti posebej pozorni na stopnjo poraščenosti. Ker vrtače predstavljajo vir točkovnega napajanja, jih moramo pustiti v naravnem stanju in nikoli zasuti ali uporabiti kot odlagališče odpadkov.
- (41) Kjer je le mogoče, moramo vzpostaviti varovalne pasove okoli območij koncentriranega napajanja, kot so ponikalnice, vrtače in druge naravne odprtine, saj predstavljajo kanale za prenos onesnaževal v podpovršinsko kraško okolje. V varovalnih pasovih na kmetijskih zemljiščih mora biti prepovedano oranje, ohranjati pa moramo celovit rastlinski pokrov, da filtrira morebiten sediment v vodi, ki odteka z orane zemlje. V gozdovih je ključnega pomena ohranitev in potencialna širitev avtohtone vegetacije v varovalnih pasovih.
- (42) Treba je vzpostaviti nadzor nad količino podtalnice, ki je črpana za namakanje. Deževnico je treba zbirati v čim večji količini.
- (43) V povezavi s kakovostjo vode je treba odsvetovati uporabo pesticidov in herbicidov, če niso nujno potrebni za zatiranje škodljivcev in plevela. Uporabo gnojil je treba zmanjšati in uporabiti naravna gnojila, kjer je le mogoče. Spoštovati moramo varovalne pasove okoli območij koncentriranega napajanja in ne nanašati kemikalij, kadar je prst (skoraj) namočena ali kadar obstaja tveganje površinskega toka, ki bi spiral kemikalije v kras.
- (44) Pred izvajanjem sečnje ali gozdarskih dejavnosti v kraških območjih moramo pripraviti metodologijo za popis in kartiranje območja, oceno njegove občutljivosti in/ali ranljivosti ter ustrezna navodila za upravljanje. Upoštevati moramo predhodno analizo vrste in obsega gozdarskih dejavnosti znotraj specifičnega kraškega prispevnega območja in izvajati nadaljnji monitoring, da preverimo upoštevanje navodil in kako dobro so občutljiva kraška območja zaščitena.
- (45) Naravnih gozdov, ki so se razvili na kraški zemlji, vključno z odraslimi drevesi in zaraščenimi gozdovi, ne smemo posekati na golo, sekati ali kako drugače spreminjati. Namesto tega moramo te gozdove strogo zaščititi z ustreznim ohranitvenim upravljanjem, da bi lahko površinska in podzemna kraška okolja še naprej prejemala njihove ekosistemske storitve.
- (46) Na območjih, kjer je bil avtohtoni gozd posekan in nadomeščen z drugimi vrstami dreves, naj upravljalci načrtujejo zamenjavo tujerodnih vrst z gozdom, ki je najbolj prilagojen tamkajšnjim ekološkim razmeram.

Ekstraktivne industrije

- (47) Novi rudniki ali kamnolomi naj ne bodo dovoljeni v zavarovanih kraških območjih, razen če se dokaže, da ni nobenega drugega vira minerala, ki ga primanjkuje in ima visoko ekonomsko oz. strateško vrednost.
- (48) Vsak predlog za nov rudnik ali kamnolom na krasu mora prestatati podrobno okoljsko presojo, ki naj upošteva pojave znotraj območja in na njegovi meji ter možnost daljnosežnih vplivov prek površinske vode in kraške podtalnice.
- (49) Okoljska presoja naj vključuje opis in oceno vrednosti jamskih in kraških reliefnih oblik ter ekosistemov. Presodi naj, ali obstajajo alternativna nahajališča, kjer bi bile posledice izkopavanja manjše. Če alternativna nahajališča niso na voljo, potem naj bodo skrbno oblikovane varovalne cone okoli pomembnih jam in kraških pojavov, kjer je le mogoče, da zaščitimo celovitost jamskega ekosistema in neprekinjenost hidroloških procesov.
- (50) Če se uničenju ne moremo izogniti, potem je treba pojave dokumentirati in, kjer je to primerno, odstraniti v namene znanstvenega preučevanja – tj. dokumentirati in odstraniti kapnik ali sediment za paleookoljske raziskave.
- (51) Kjer so posegi dovoljeni, mora biti vzpostavljen dobro zasnovan okoljevarstveni sistem in protokol monitoringa za beleženje pogojev med obratovanjem in učinkovitosti varovalnega sistema, da ga lahko po potrebi spremenimo. Pripravljen mora biti tudi podroben načrt zaprtja, ki vključuje ustrezno sanacijo in dolgoročni monitoring, vključno z vnaprej izdano obveznico, ki zagotavlja finančna sredstva za zaprtje.

Razvoj in infrastruktura

- (52) Vse študije izvedljivosti gradbenih projektov na kraških območjih naj vključujejo temeljit pregled načrtovane lokacije, podrobno oceno vplivov na okolje in velikost varovalnega pasu. Kjer je mogoče usmeriti projekt ali razvoj mest proč od kraških območij, se to lahko izkaže za pozitivno gospodarsko in okoljsko odločitev.
- (53) Moramo razviti in uporabiti protokole glede odlaganja plinastih, tekočih in trdnih odpadkov, ustvarjenih med gradnjo in po njej. Ti protokoli naj veljajo za celotno kraško kritično cono, ki obsega ozračje, prst, epikras in zgornjo cono kraških vodonosnikov.
- (54) Gradbeni predpisi za kraška območja naj bodo uveljavljeni na enak način kot za območja, nagnjena k potresom ali poplavam. Urbanistični načrti za kraške regije naj upoštevajo specifiko in ranljivost kraških okolij.
- (55) Na lokalni, regionalni in državni ravni naj se uvede strog pravni okvir za načrtovanje, ki temelji na znanosti.
- (56) Lastnike zemljišč ali prebivalce mest bi morali seznanjati s krhkostjo kraških tal prek izobraževalnih pobud, predvsem v manj razvitih državah.
- (57) V zavarovanih območjih naj bo infrastruktura minimalna in, če je le mogoče, naj se nahaja proč od jam in kraških pojavov.
- (58) Načrt upravljanja zavarovanega območja naj skrbno pretehta prednosti in slabosti gradbenih objektov znotraj območja in si prizadeva za varovanje okolja in obiskovalcev, ne pa za zagotavljanje nepotrebne udobja. Odvrčati moramo od velikopoteznih infrastrukturnih projektov v jamah, če niso nujno potrebni.
- (59) Z nevarnimi snovmi moramo ravnati zelo previdno in jih ustrezno regulirati, da minimiziramo izpuste. Reševalci, ki ukrepajo v primeru nesreč z nevarnimi snovmi, morajo vedeti, kateri načini ukrepanja so primerni za kraška območja.
- (60) Nevarnih snovi, naj gre za bencin ali druga goriva, topila, kanalizacijo in druge nevarne odpadke, ne smemo nikoli zlivati v kraška tla. Preiskava in sanacija podtalnice je zelo zahtevna in draga. Kolikor je le mogoče, naj se nevarne snovi zajezi in odstrani na površju. Podrobnejše preiskave morebitnih vplivov na okolje naj izvajajo izkušeni krasoslovci.

Vodooskrba

- (61) Določite varovalne pasove za kraške vodne vire, kot so izviri, vodnjaki in jame. V teh zavarovanih območjih vzpostavite protokole na podlagi kmetijskih praks, z ustrezno uporabo gnojil in nadzorovanim črpanjem vode. Predlaganih je bilo že več shem za uvedbo varovalnih pasov okoli izvirov, vendar so bile obsežno uporabljene le v Evropi in ZDA.
- (62) Izobraževalne pobude naj ozaveščajo tako lastnike zemljišč kot navadne državljane glede posebnih značilnosti kraških okolij, da se izognemo nepravilnemu odlaganju trdnih, higienskih in nevarnih odpadkov.
- (63) Pri pomembnih izvirih in izbranih vodnjakih v občutljivih in močno izkoriščanih sistemih podzemne vode na krasu je treba vzpostaviti strog sistem monitoringa. Pri številnih izvirih imamo po novem na voljo dolgoročni daljinski monitoring v visoki ločljivosti, ki bi ga morali obsežneje izvajati.
- (64) Države bi morale obravnavati kraško vodo kot občutljiv in omejen vir, uvesti zakone za nadzor in sankcioniranje črpanja vode ter zagotoviti ustrezna finančna sredstva za hiter odziv v primeru onesnaženja. V praksi bi se morali držati predvsem priporočil glede ustrezne zasnove in izvedbe greznic ter lokacij odlagaljšč.
- (65) Ker vemo le malo o obnašanju številnih onesnaževal v kraških okoljih, bi morali zagotoviti ustrezna finančna sredstva za izboljšanje znanstvenega razumevanja te teme.

Razvoj učinkovitega monitoringa in omilitvenih ukrepov

- (66) Monitoring je osnovno orodje pri upravljanju in varovanju jam ter kraških virov, zlasti v zavarovanih območjih. Rezultati sprotnega monitoringa lahko koristijo upravljavcem in pomagajo pri omilitvi posledic.
- (67) Monitoring naj daje prednost naravnim virom glede na njihovo vrednost oz. pomen, ranljivost oz. krhkost in resnost dejanskih oz. predvidenih groženj ali vplivov.
- (68) Onesnaženje kraške podtalnice je resen problem in mora biti vedno minimizirano in spremljano. Monitoring naj se izvaja dogodkovno in ne v rednih intervalih, saj so koncentracije topljencev in kemičnih onesnaževal običajno najvišje v obdobju nizkih pretokov, medtem ko se med nevihtami in poplavami prenaša največja količina onesnaževal skozi kraški sistem.
- (69) Izogibajte se pogostemu monitoringu v občutljivih območjih, če ni popolnoma nujno, saj tudi to lahko vpliva na okolje. Prednost moramo dajati avtomatiziranemu monitoringu, če je izvedljivo.

- (70) *Ob zavedanju dejstva, da številni kraški pojavi niso obnovljivi, zlasti v jamah, bo dobro vodstvo zahtevalo obnovo poškodovanih pojavov, če je izvedljiva.*
- (71) *Naravne sisteme in procese v kraških območjih moramo vzdrževati ali obnavljati, kolikor je le mogoče. Če je poseg potreben, uporabite raje naravne rešitve, predvsem take, ki so usklajene z naravnimi procesi in so bolj okoljsko trajnostne kot gradbene rešitve.*

Vključevanje domorodnih ljudstev v upravljanje krasa

- (72) *Za vsako zavarovano območje, v katerem prebivajo domorodna ljudstva, mora obstajati pravna in politična podlaga za vzpostavitev sistema sodelovalnega upravljanja z lokalnim upravnim odborom. Primarni deležniki in lastniki pravic v odboru naj bodo lokalni prebivalci in organi upravljanja zavarovanega območja, sekundarni deležniki pa naj bodo relevantne vladne agencije.*
- (73) *V kraških zavarovanih območjih, kjer prebivajo domorodna ljudstva, mora biti uvedena participativna razdelitev zemljišč na cone na podlagi tradicionalnega znanja in pravic po običajnem pravu. V idealnem primeru bi to vključevalo nadzorovane cone, kjer se izvajajo določene pridobitne dejavnosti, in popolnoma zaščitene cone, kjer je poglavitni cilj ohranjanje narave.*
- (74) *Upravljalci parkov, v katerih prebivajo domorodna ljudstva, morajo skleniti pogodbe o soupravljanju z lokalnimi skupnostmi v ustreznem jeziku, ki vsaki skupnosti dodelijo jasno določeno območje za upravljanje in izvajanje pridobitnih dejavnosti.*
- (75) *Upravljalci parkov, v katerih prebivajo domorodna ljudstva, morajo vključiti lokalne prebivalce v dejavnosti upravljanja zavarovanega območja. Dejavnosti gozdnih čuvajev in turistično vodenje po jamah in kraških poteh ponujajo pomembne zaposlitvene možnosti in lahko opolnomočijo lokalno skupnost. Bistvenega pomena so programi za izobraževanje gozdnih čuvajev in vodičev na področju naravoslovja in jezika, ki ga bo najverjetneje govorila večina obiskovalcev.*
- (76) *Ena ključnih zahtev za najboljše prakse upravljanja je nudenje točnih, znanstveno utemeljenih informacij obiskovalcem in spodbujanje relevantnih raziskav z majhnim vplivom.*