



# Mga Alituntunin para sa Proteksyon sa Kuweba at Karst

Ikalawang Edisyon



Xe Bang Fai cave, Laos

Larawan ni Steven Bourne

# Mga Alituntunin para sa Proteksyon sa Kuweba at Karst

Ikalawang Edisyon

2022

In-edit ni David Gillieson, John Gunn, Augusto Auler and Terry Bolger

Mga Nag-ambag: 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 and Brad Wuest

Inilathala ni the International Union of Speleology (UIS)  
at the International Union for Conservation of Nature (IUCN)



Mga Alituntunin para sa Proteksyon sa Kuweba at Karst

Ang unang edisyon ng Mga Alituntuning ito ay inilathala ng IUCN noong 1997. Ang ikalawang edisyong ito ay inilathala ng International Union of Speleology – UIS noong 2022, na may suporta mula sa International Union for Conservation of Nature – IUCN. Ang mga ito ay nansynthesize at na-edit ng Mga Miyembro ng Caves at Karst Working Group sa IUCN World Commission on Protected Areas Geoheritage Specialist Group.

Ang mga pananaw na ipinahayag sa publikasyong ito ay hindi kinakailangang sumasalamain sa mga pananaw ng UIS, IUCN o anumang iba pang kalahok na organisasyon.

Copyright: © 2022 UIS, International Union of Speleology at IUCN, International Union for Conservation of Nature  
Ang pagpaparami ng publikasyong ito para sa mga layuning pang-edukasyon o iba pang di-komersyal na layunin ay pinahihintulutan nang walang paunang nakasulat na pahintulot mula sa may-ari ng copyright, kung ang pinagmulan ay ganap na kinikilala. Ang pagpaparami ng publikasyong ito para sa muling pagbebenta o iba pang komersyal na layunin ay ipinagbabawal nang walang paunang nakasulat na pahintulot ng may-ari ng copyright.

Recommended citation: Gillieson, David S., Gunn, J., Auler, A. and Bolger, T. (editors), 2022. *Guidelines for Kuweba and Karst Protection, 2<sup>nd</sup> Edition*, Postojna, Slovenia: International Union of Speleology and Gland, Switzerland, IUCN. 134pp.

National Library of Australia Cataloging – sa – Publication entry:

Gillieson, D., Gunn, J., Auler, A. at Bolger, T. (mga editor)

ISBN: 978-0-646-85845-6 (paperback)

Kasama ang bibliograpihong impormasyon

Mga Kuweba – konserbasyon at pamamahala

Karst – konserbasyon at pamamahala

Larawan sa cover: Steven Bourne, ginamit nang may pahintulot

Layout at Produksyon ni: David Gillieson at Jeremy Garnett

#### **Tungkol sa UIS**

Ang *Union Internationale de Spéléologie* (International Union of Speleology o UIS) ay ang internasyonal na katawan para sa caving at speleology. Ang UIS ay isang non-profit, non-government na organisasyon na nagtataguyod ng interaksyon sa pagitan ng mga akademiko at teknikal na speleologist ng isang malawak na hanay ng mga nasyonalidad upang bumuo at mag-coordinate ng internasyonal na speleology sa lahat ng mga aspetong pang-agham, teknikal, kultura at pang-ekonomiya nito. Ang UIS ay nananatiling pangunahing pandaigdigang pang-agham at pang-isports na katawan na nagsusulong ng konserbasyon ng mga kuweba sa internasyonal na antas. Nakikipag-ugnayan ito sa international Union for Conservation of Nature (IUCN). Kung hiniling, sinusuportahan ng UIS ang mga internasyonal na kaganapan sa speleological, mga pagsisikap ng mga miyembrong bansa na protektahan ang kanilang mga kuweba at mga tampok na karst, mga aplikasyon sa UNESCO para sa listahan ng World Heritage, mga aplikasyon sa mga pamahalaan para sa pagtatatag ng mga karst na institusyon at mga explorer at siyentipiko ng kuweba sa kanilang pagsisikap na makalikom ng pondo para sa kanilang mga proyekto. Ang UIS, sa pakikipagtulungan sa 57 miyembrong bansa at mahigit 250 institusyon at organisasyon sa buong mundo, ay nagpahayag ng isang International Year of Kuwebas at Karst sa 2021–22.

[secretary@uis-speleo.org](mailto:secretary@uis-speleo.org)

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

#### **Tungkol sa IUCN**

Ang *International Union for Conservation of Nature* – Ang IUCN ay isang membership Union na natatanging binubuo ng mga organisasyon ng gobyerno at civil society. Nagbibigay ito sa mga pampubliko, pribado at non-government na organisasyon ng kaalaman at mga tool na nagbibigay-daan sa pag-unlad ng tao, pag-unlad ng ekonomiya at pangangalaga ng kalikasan upang maganap nang magkasama.

Nilikha noong 1948, ang IUCN na ngayon ang pinakamalaki at pinaka-magkakaibang pangkapaligiran na network, na ginagamit ang kaalaman, mapagkukunan at abot ng higit sa 1,400 miyembrong organisasyon at humigit-kumulang 18,000 eksperto. Ito ay isang nangungunang provider ng data ng konserbasyon, mga pagtatasa at pagsusuri. Ang malawak na membership nito ay nagbibigay-daan sa IUCN na punan ang tungkulin ng incubator at pinagkakatiwalaang repository ng pinakamahuhusay na kagawian, tool at internasyonal na pamantayan.

Ang IUCN ay nagbibigay ng neutral na espasyo kung saan ang magkakaibang mga stakeholder kabilang ang mga pamahalaan, NGO, siyentipiko, negosyo, lokal na komunidad, organisasyon ng mga katutubo at iba pa ay maaaring magtulungan upang bumuo at magpatupad ng mga solusyon sa mga hamon sa kapaligiran at makamit ang napapanatiling pag-unlad.

Sa pakikipagtulungan sa maraming kasosyo at tagasuporta, ang IUCN ay nagpapatupad ng malaki at magkakaibang portfolio ng mga proyekto sa konserbasyon sa buong mundo. Pinagsasama ang pinakabagong agham sa tradisyunal na kaalaman ng mga lokal na komunidad, ang mga proyektong ito ay gumagana upang baligtarin ang pagkawala ng tirahan, ibalik ang mga ecosystem at mapabuti ang kapakanan ng mga tao.

[www.iucn.org](http://www.iucn.org)

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

# Table of Contents

Saklaw ng dokumento .....	ii
Mga nag-aambag.....	iii
Acknowledgements.....	iv
<b>Ang Kalikasan ng Karst Systems .....</b>	<b>1</b>
<b>Panimula: Karst, mga kuweba at ang kanilang proteksyon .....</b>	<b>1</b>
.....	3
Karst at pagkatunaw ng bato.....	4
Ilang halaga ng karst at kuweba .....	6
Ang espesyal na katangian ng mga kapaligiran ng karst at mga sistema ng kuweba .....	12
Mga sukat ng pamamahala sa mga lugar ng karst.....	14
<b>Mga Aktibidad ng Tao sa Karst: Mga Epekto at Pagbabawas.....</b>	<b>20</b>
Paglibang at pakikipagsapalaran caving .....	20
Show caves .....	33
Mga aktibidad sa pakikipagsapalaran at turismo sa surface karst .....	50
Siyentipikong pananaliksik .....	51
Agrikultura at kagubatan .....	56
Extractive na mga industriya .....	66
Pag-unlad at imprastraktura.....	74
Supply ng tubig .....	84
<b>Pamamahala ng Karst sa Mga Protektadong Lugar .....</b>	<b>89</b>
Pagbuo ng epektibong pagsubaybay at pagpapagaan .....	89
Pagpapalano ng pamamahala para sa mga lugar na protektado ng karst .....	94
Paglahok ng mga Katutubo sa pamamahala ng karst.....	100
<b>Mga konklusyon.....</b>	<b>110</b>
<b>Karagdagang Pagbasa .....</b>	<b>111</b>
<b>Internet Resources .....</b>	<b>112</b>
<b>Scientific References .....</b>	<b>113</b>
<b>Appendix 1: Karst at Mga Kuweba sa Non-carbonate na Bato .....</b>	<b>117</b>
<b>Appendix 2: Mga Kumpletong Patnubay .....</b>	<b>129</b>

## Saklaw ng dokumento

Ang mga alituntuning ito ay nagbibigay ng update at pagpapalawak ng orihinal na 'Mga Alituntunin para sa Proteksyon sa Kuweba at Karst', na inilathala ng International Union for Conservation of Nature – IUCN noong 1997 (tingnan ang Karagdagang Pagbabasa). Noong 2021, sumang-ayon ang International Union of Speleology (UIS) na mag-publish ng pangalawang edisyon ng mga alituntunin, kung saan ang IUCN ay sumang-ayon na i-sponsor ang publikasyon. Ang orihinal na mga alituntunin ay pangunahing nakatuon sa geoheritage, at habang ito ay nananatiling mahalagang pagsasaalang-alang sa ikalawang edisyon, sinasaklaw din namin ang mga isyung biyolohikal na kasangkot sa konserbasyon ng kuweba at karst.

Ang proteksyon ng mga surface at underground na karst ecosystem ay partikular na nauugnay sa Layunin 15 ng UN 2030 Agenda para sa Sustainable Development (Protektahan, ibalik at isulong ang napapanatiling paggamit ng mga terrestrial ecosystem, napapanatiling pamahalaan ang mga kagubatan, labanan ang desertification, at ihinto at baligtarin ang pagkasira ng lupa at ihinto ang biodiversity pagkawala). Ang mga alituntuning ito ay may kaugnayan din para sa Sustainable Development Goal 6 (Siguraduhin ang pagkakaroon at napapanatiling pamamahala ng tubig at kalinisan para sa lahat), dahil ~10% ng populasyon ng mundo ang nakakakuha ng kanilang mga supply ng tubig mula sa karst, mula sa mga discrete spring o mula sa karst groundwater. Ang mga bagong alituntunin ay bumubuo at nagpapalawak sa Mga Alituntunin para sa Geoconservation sa mga Protektado at Conserved na Lugar, na inilathala ng IUCN noong 2020, sa pamamagitan ng partikular na pagsasaalang-alang sa proteksyon at pag-iingat ng geodiversity, geoheritage at ekolohiya sa mga lugar ng karst at kuweba, saanman ito mangyari.

Angkop na lumabas ang publikasyong ito sa International Year of Caves and Karst (IYCK) 2021–22, na inorganisa ng International Union of Speleology, ang pandaigdigang organisasyon ng mga explorer ng kuweba at karst, siyentipiko, tagapamahala at tagapagturo. Ang tatlong pangunahing tema ng IYCK ay Galugarin, Unawain at Protektahan, at habang nakatutok ang publikasyong ito sa ikatlo ng mga temang ito, ang layunin namin ay pataasin ang pag-unawa sa pagiging sensitibo ng mga kuweba at karst. Bagama't may malugod na pagdami sa mga kuweba at karst na kaalaman mula nang mailathala ang unang edisyon, patuloy silang pinagbabantaan ng mga aktibidad ng tao sa buong mundo. Sa katunayan, may mga pambihirang, hindi mapapalitan at hydrologically, ecologically, at kultural na mahahalagang kuweba at karst landscape na patuloy na sinisira o nanganganib.

Ang mga editor at marami sa mga nag-ambag ng mga alituntunin ay mga miyembro ng IUCN-WCPA Caves and Karst Working Group (CKWG), na bahagi ng Geoheritage Specialist Group. Sinuri ng ibang mga miyembro ng CKWG, mga miyembro ng IUCN SSC Cave Invertebrate Specialist Group at mga miyembro ng pandaigdigang komunidad ng mga espesyalista sa karst ang publikasyong ito. Nagbigay kami ng mga listahan ng Karagdagang mga materyales sa Pagbabasa, kapaki-pakinabang na Mga Mapagkukunan ng Internet at ang Mga Sanggunian sa Siyentipiko na ginamit sa paggawa ng dokumentong ito. Umaasa kami na ang mga alituntuning ito ay magbibigay ng malaking kontribusyon sa kaalaman sa mga espesyal na pagsasaalang-alang sa pamamahala na mahalaga para sa epektibong proteksyon ng mga kuweba at karst. Ang mga patnubay noong 1997 ay isang 'unang hakbang' sa kalsada at ang ikalawang edisyong ito ay sumasalamain sa aming nadagdagang kaalaman sa pangkalahatang antas. Ang hamon ngayon ay para sa mas maraming pambansa at tiyak na mga diskarte sa site na mabuo sa mga lugar ng karst sa buong mundo.

## Mga nag-aambag

David Gillieson, School of Geography, Earth and Atmospheric Sciences, University of Melbourne, Clayton, Victoria, Australia

John Gunn, School of Geography, Earth & Environmental Sciences University of Birmingham, England, UK

Augusto Auler, Research Director, Carste Ciência Ambiental / Instituto do Carste, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

Terry Bolger, Cave & Karst Specialist, Vientiane, Laos

Ferdinando Didonna, Member European Cave Protection Commission ECPC/FSE; Member IUCN/WCPA Geoheritage Specialist Group GSG, Italy

Rolan Eberhard, Natural and Cultural Heritage Division, Department of Primary Industries, Parks, Water and Environment, Hobart, Tasmania, Australia

Stefan Eberhard, Director, Subterranean Ecology Pty Ltd, Coningham, Tasmania, Australia; Adjunct Affiliate, University of New South Wales; Honorary Associate, Western Australian Museum

Hein Gerstner, Park Manager, Mulu World Heritage, Borsamulu Park Management Sdn Bhd, Mulu, Sarawak, Malaysia

Ana Komerički, Croatian Biospeleological Society, Zagreb, Croatia

Denise Margaret S. Matias, Biodiversity and People, Institute for Social-Ecological Research (ISOE), Frankfurt am Main, Germany

Jasmine Cardozo Moreira, Tourism Department, Land Management Grad Program, Ponta Grossa State University, Brazil

Ana Sofia Reboleira, Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal

Geary Schindel, Chief Technical Officer, Edwards Aquifer Authority, San Antonio, Texas, USA and President, National Speleological Society, USA

Maria-Laura Țîrlă, Department of Regional Geography and Environment, University of Bucharest, Bucharest, Romania

Bärbel Vogel, President, German Speleological Federation; Adjunct Secretary, International Union of Speleology-UIS; Secretary IUCN/WCPA GSG Cave and Karst Working Group

Brad Wuest, President, International Show Caves Association, Natural Bridge Caverns, San Antonio, Texas, USA

## Acknowledgements

Kami ay nagpapasalamat sa mga sumusunod na tao na nagrepaso sa ikalawang edisyon ng mga alituntuning ito at/o gumawa ng mga kapaki-pakinabang na komento:

Gordana Beltram, Slovenia	Kyung Sik Woo, South Korea
Rosana Cerkvenik, Slovenia	Don McFarlane, USA
Phil Chapman, UK	Jasmine Moreira, Brazil
Mick Day, USA	John Parr, Laos
Martin Ellis, UK	Andy Spate, Australia
Hans Friederich, Malta	Tim Stokes, Canada
Jeremy Garnett, Top End Editing, Australia	George Veni, USA
Paul Griffiths, Canada	John Watson, Australia
Nadja Zupan Hajna, Slovenia	Nick White, Australia
Eko Haryono, Indonesia	Paul Williams, New Zealand

Nagpapasalamat kami sa mga sumusunod na tao na nagbigay ng mga larawan para sa mga alituntuning ito:

Luciana Alt	Peter Hofmann
Steven Bourne	Tony Marsden
Philippe Crochet	Vitor Moura
Rob Eavis	John Spies
Csaba Egri	Rainer Straub
Paul Griffiths	
Vittorio Grobu	

Lubos kaming nagpapasalamat kay Maria-Laura Tîrlă para sa kanyang block diagram ng karst hydrological system, spatial na organisasyon ng mga karst catchment at mga epekto mula sa mga aktibidad ng tao sa karst.

# Ang Kalikasan ng Karst Systems

## Panimula: Karst, mga kuweba at ang kanilang proteksyon

Ang mga karst at mga kuweba ay naging tahimik na saksi ng ebolusyon ng Earth at ang pag-usbong ng mga sibilisasyon ng tao. Ang mga kuweba at karst ay pinanatili at pinrotektahan ang mahahalagang piraso ng mahaba at magulong geological na nakaraan ng Earth. Ang mga ito ay mula sa mga sinaunang deposito ng mineral, matagal nang nawala na mga karagatan at mga maagang anyo ng buhay, hanggang sa mga natatanging organismong inangkop sa kuweba, mga patay na megafauna na labi at ang maagang pagpapakita ng sining ng tao. Kung wala ang mga kuweba at karst, ang naturang impormasyon ay higit na hindi magagamit sa atin. Ang mga karst at mga kuweba ay kabilang sa mga pinakakatangi-tangi at mahahalagang tanawin sa ating planeta, na may tunay na panturista at pang-ekonomiyang halaga. Ang pagprotekta sa mga kuweba at karst ay mahalaga sa pangangalaga ng ating kasaysayan at ng planeta. Ang kaalaman sa karst at kuweba ay mahalaga sa pag-iingat ng isang malusog na pagkakaisa sa pagitan ng karst at ng ating sibilisasyon, pagliit at pag-iwas sa mga epekto sa kapaligiran na, sa huli, ay makikita sa atin. Ang ligtas at napapanatiling paggamit ng karst at mga kuweba, at kung paano maayos na protektahan at pamahalaan ang mga ito, ang paksa ng aklat na ito. Nilalayan naming ihatid ang isang update ng pandaigdigang pinakamahusay na kasanayan na naa-access sa mga pangkalahatang mambabasa, habang nagbibigay ng mga teknikal na detalye ng interes sa espesyalista.

### *Ano ang karst?*



*Ang Cares Gorge sa Picos de Europa National Park at UNESCO Biosphere Reserve, Spain ay isang magandang halimbawa ng hubad na ibabaw na karst sa isang alpine setting. Larawan ni David Gillieson.*

Ang terminong 'karst' ay nagmula sa isang sinaunang salita, karra/gara, ibig sabihin ay bato, at unang ginamit sa siyentipikong paraan sa kasalukuyang hangganang rehiyon ng Slovenia at Italy, na ngayon ay karaniwang kilala bilang 'classical karst'. Ang rehiyong ito ay may mga natatanging anyong lupa at naglalaman ng malalaking lugar ng hubad na limestone na – kahit man lang sa bahagi – nakalantad dahil sa pagguho ng lupa kasunod ng labis na pagpapastol. Kasunod nito, ang karst ay inilapat sa buong mundo sa iba't ibang mga setting, ang ilan sa mga ito ay may maliit na pagkakatulad sa classical na karst, at para sa marami sa mga ito ay may kaunti o walang hubad na



ibabaw na bato. Nagkaroon ng maraming, at kung minsan ay nagkakasalungat, mga kahulugan ng karst, ngunit isang magandang panimulang punto ay ang sabihin na ang mga lugar ng karst ay nailalarawan sa pamamagitan ng mga natatanging anyong lupa at hydrology na nagresulta mula sa isang kumbinasyon ng mataas na rock solubility at paggalaw ng tubig sa ilalim ng lupa kasama ang mga preferential pathways (channels). Ang daloy ng tubig sa lupa sa mas maliit na channel ay laminar at hindi maaaring maghatid ng sediment. Sa paglipas ng panahon, ang mga channel ay pinalaki sa pamamagitan ng paglusaw; kapag sapat na malaki para sa magulong daloy (karaniwang nasa lapad na walang laman na  $\sim 10$  mm), kilala ang mga ito bilang mga conduit. Ang mga natatanging anyong lupa sa ibabaw sa mga lugar ng karst ay kinabibilangan ng mga nakapaloob na mga lubak tulad ng mga doline (karaniwang kilala bilang sinkholes) at ang mas malaking flat-floored polje. Ang mga lumulubog na batis, tuyong lambak at bukal ay karaniwan din. Ang United States Environmental Protection Agency ay gumawa ng isang kapaki-pakinabang na Lexicon of Cave and Karst Terminology (tingnan ang Internet Resources).



*Sa kaibahan sa Cares Gorge, karamihan sa mga karst sa mahalumigmig na New Zealand King Country ay nasa ilalim ng makapal na mantle ng abo ng bulkan. Karamihan sa katutubong kagubatan ay inalis at pinalitan ng pastulan. Larawan ni John Gunn.*

## Ano ang kuweba?

Ang kuweba ay isang likas na nabuong walang laman sa isang materyal sa lupa (bato o sediment) na sapat ang laki para makapasok ang tao. Tinutukoy ng kahulugang ito ang mga kuweba mula sa mga artipisyal na lagusan at iba pang mga itinayong mga void sa ilalim ng lupa - kung minsan ay hindi wastong tinutukoy bilang mga kuweba. Ang pinakamababang dimensyon ng void ay arbitrary, depende sa laki ng human explorer, ngunit ang diameter na 0.3 m ay isang makatwirang pagtatantya. Karaniwan ding inilalapat ang arbitrary na minimum void na haba na 5 m, bagama't ang mga kuweba na mas maikli sa 5 m ay maaaring mga labi ng minsang mas mahabang daanan, karamihan sa mga ito ay pinaikli ng pagguho. Gaya ng tinalakay sa nakaraang seksyon, ang mga karst cave ay nabubuo sa pamamagitan ng dissolution at bahagi ng spectrum ng void sizes na mula sa humigit-kumulang 1 mm hanggang sampu-sampung metro. Ang isang malawak na pagkakaiba ay karaniwang ginagawa sa pagitan ng mga epigenic at hypogenic na kuweba. Ang mga epigenic na kuweba ay nabuo kung saan ang tubig ay bumababa mula sa ibabaw sa ilalim ng grabidad at natutunaw ang mga natutunaw na bato. Sa kaso ng mga carbonate na bato, ang pagkatunaw ay sa pamamagitan ng carbonic acid na nabuo kapag ang carbon dioxide ay natunaw sa tubig. Sa kabaligtaran, ang mga hypogenic na kuweba ay nabuo sa pamamagitan ng mga pataas na dumadaloy na likido na nagre-recharge sa cavernous zone mula sa mas mababang mga yunit ng bato at hindi umaasa sa mga lokal na pinagmumulan ng ibabaw ng acidic na tubig. Ang mga likidong ito ay nagmumula sa alinman sa malalayong pinagmumulan (nalilimitahan ng mas mababang-permeability strata) o mula sa malalalim na pinagmumulan (karaniwang geothermal) at independiyente sa recharge mula sa nakapatong o kaagad na katabi ng ibabaw ng lupa. Bilang resulta, karamihan sa mga hypogenic na kuweba ay may kaunti o walang ekspresyon sa ibabaw. Ang ikatlong uri ng karst cave ay nabubuo kung saan ang mga carbonate na bato ay lumalabas sa baybayin at ang pagkatunaw

ay nangyayari sa interface ng sariwa at maalat na tubig. Ang mga ito ay tinatawag na flank margin caves.

Bilang karagdagan sa mga karst caves (nabuo sa pamamagitan ng dissolution), mayroong iba't ibang mga kweba na nabuo ng ibang mga non-chemical agent kasama ng constructional caves (tingnan ang Appendix 1). Sa marine realm, halos lahat ng hard rock coast ay naglalaman ng mga littoral cave (sea caves) na higit sa lahat ay nabuo sa pamamagitan ng mga mekanikal na proseso. Sa lupa, ang hangin ay maaaring mag-ambag sa pag-unlad ng kuweba at sa ilalim ng balat na mekanikal na pagguho ng sediment na karaniwang bumubuo ng mga tubo, ang ilan sa mga ito ay maaaring makamit ang mga sukat ng kuweba. Sa buong mundo, mayroong maraming libong mga kuweba ng bulkan (lava caves) na nabubuo sa mga yugto ng pagputok ng lava, at dahil marami sa mga ito ay nabuo malapit sa ibabaw, karaniwan ang mga collapse doline. Nabubuo din ang mga kuweba sa yelo sa ilalim ng mga glacier at maaaring pasukin, tulad ng sa Vatnajökull National Park sa Iceland. Ang mga constructional cave na nabubuo sa panahon ng deposition ay matatagpuan din sa tufa at travertine, gaya ng naobserbahan sa Huangguoshu sa Guizhou, China.



*Isang halimbawa ng aktibong epigenic na kuweba na may mga speleothem at clastic sediment. Ang Baradla Cave ay nasa Caves of Aggtelek at Slovak Karst UNESCO World Heritage Property, Hungary. Ang kuweba ay isa ring UNESCO Biosphere Reserve at isang Ramsar Site. Larawan n Csaba Egri.*

### *Protection of Kuweba and karst*

Tinukoy ng IUCN ang isang Protektadong Lugar bilang "isang malinaw na tinukoy na heograpikal na espasyo, kinikilala, inilaan at pinamamahalaan, sa pamamagitan ng legal o iba pang epektibong paraan, upang makamit ang pangmatagalang konserbasyon ng kalikasan na may nauugnay na mga serbisyo sa ekosistema at mga halagang pangkultura." Pinalawak nila ito sa pamamagitan ng pagtatakda ng anim na kategorya ng pamamahala at apat na uri ng pamamahala (tingnan ang Mga Mapagkukunan ng Internet). Ang mga anyong lupa at kweba ay partikular na binanggit sa ilalim ng Kategorya III, Natural na monumento o tampok, bilang "mga lugar na nakalaan upang protektahan ang isang partikular na natural na monumento, na maaaring isang anyong lupa, bundok ng dagat, marine cavern, heolohikal na katangian gaya ng kuweba, o isang buhay na katangian. tulad ng isang sinaunang kakahuyan". Inaasahan na ang mga surface karst landform at mga kuweba sa ganitong uri ng protektadong lugar ay maidodokumento at malinaw na mapoprotektahan. Gayunpaman, ang mga kweba at karst na lugar na naroroon sa bawat isa sa iba pang mga kategorya ay maaaring hindi makatanggap ng parehong antas ng atensyon lalo na kung

silang bumubuo lamang ng isang maliit na bahagi ng pangkalahatang Protektadong Lugar o ang layunin ay protektahan ang iba pang mga tampok ng interes. Ang problemang ito ay nangyayari sa buong hanay ng mga laki at uri ng Protektadong Lugar. Halimbawa, ang isang organisasyon ng wildlife ay maaaring bumili ng isang lugar ng lupa na may pangunahing layunin na pamahalaan ang mga flora at fauna. Kung ang mga carbonate na bato ay lumabas sa bahagi ng lugar, malamang na mayroong mga karst landform at mga kuweba na maaaring walang direktang interes sa mga may-ari. Ito ay makikita sa internasyonal na sukat, kung saan ang proteksyon ay inaalok sa pamamagitan ng apat na protektadong lugar na pagtatalaga ng United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), na naglalaman ng mga lugar ng carbonate o evaporite karst: Biosphere Reserves (23%), Ramsar Sites (5%), World Heritage Properties (7%) at UNESCO Global Geoparks (38%).

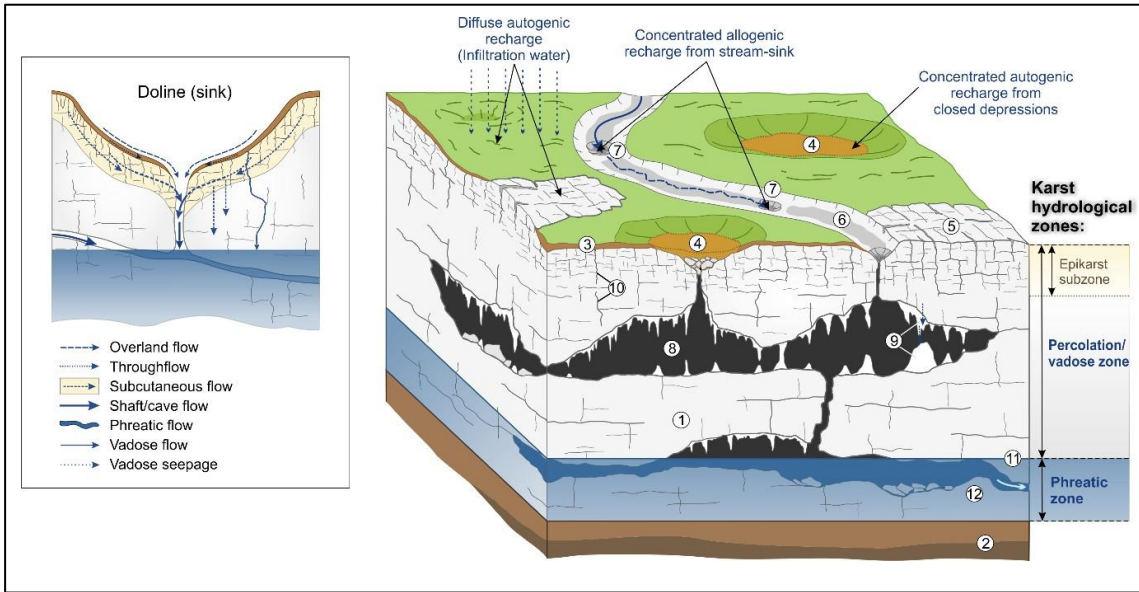
Gayunpaman, ang mga figure na ito ay nagtatakip ng malaking panloob na pagkakaiba-iba, dahil ang ilang mga site ay halos ganap na karst (hal., ang Škocjan Caves WHP sa Slovenia, na isa ring Ramsar Site at isang Biosphere Reserve), samantalang sa iba ang karamihan sa site ay maaaring maging non-karstic, na may maliit na bahagi ng limestone (hal., ang Tassili n'Ajjer WHP sa Algeria). Ang isang karagdagang isyu ay lumitaw kung saan ang isang site na naglalaman ng mga kuweba o karst ay pangunahing protektado para sa iba pang mga tampok; halimbawa, ilang WHP na naglalaman ng mga kuweba o karst ay itinalaga bilang ganoon para sa kanilang kultural na interes. Mahalaga na ang lahat ng mga protektadong lugar na naglalaman ng karst, itinalaga man ng IUCN o iba pang mga organisasyon, ay pinamamahalaan sa paraang iginagalang ang espesyal na katangian ng mga kapaligiran ng karst, tulad ng inilarawan sa mga alituntuning ito.

### **Karst at pagkatunaw ng bato**

Ang pangunahing pangkat ng mga bato na may mataas na natural na solubility ay carbonates (limestone, dolomite at marble) at evaporites (asin, dyipsium at anhydrite). Sa ilang partikular na kondisyon, ang mga silicate na bato ay sapat na natutunaw na maaaring mabuo ang mga anyong lupa sa ibabaw ng karst at mga kuweba. Ang mga kuweba ay mas karaniwan sa mga carbonate at evaporite na bato, kahit na may ilang malalawak na lugar ng karst na walang mga kuweba. Sa England, UK, mayroong mga surface karst landform tulad ng mga tuyong lambak at doline, at maging ang ilang lumulubog na sapa, sa mga lugar na nasa ilalim ng Cretaceous at Jurassic limestones. Ang pagsubaybay sa tubig sa lupa ay nagpakita ng mabilis na daloy sa kanilang mga bukal, gayunpaman, mayroon lamang isang hydrologically active cave system na higit sa 50 m ang haba.

Kung saan ang mga carbonate at evaporites ay lumubog sa ilalim ng mga non-karstic na bato ay magpapatuloy ang sirkulasyon ng tubig, at maaaring mabuo ang mga kuweba. Sa Kentucky, USA, ang limestone ay nababalutan ng mga sandstone. Sa karamihan ng haba nito, ang Mammoth Cave, Kentucky, ang pinakamahabang kuweba sa mundo at isang World Heritage Property, ay umaabot sa ilalim ng mga hindi limestone na takip na batong ito. Sa mga kaso ng interstratal karst, ang mga closed depression sa non-karstic rock (caprock dolines) sa ibabaw ay sanhi ng pagbagsak ng mga karstified na bato sa lalim. Sa ibang lugar, maaaring walang katibayan sa ibabaw ng malawak na daanan ng kuweba na nasa ibaba, na ang isa sa mga pinakamahusay na halimbawa ay ang Ogof Draenen, Wales, UK. Mas mababa sa 15% ng 70 km ng mga kilalang daanan ay nasa ilalim ng mga lugar kung saan ang mga carbonate na bato ay tumatak sa ibabaw at ang natitirang kuweba ay dumadaan sa ilalim ng mga lugar na hindi maituturing na karst batay sa mga anyong lupa sa ibabaw.

Ang mga epigenic na kuweba ay nabuo kung saan ang tubig ay bumababa mula sa ibabaw at sa kaso ng mga carbonate na bato ang pagkatunaw ay sa pamamagitan ng carbonic acid na nabuo kapag ang carbon dioxide ay natunaw sa tubig; Ang mga evaporite na bato ay hindi nangangailangan ng acid at natutunaw sa purong tubig. Sa kabaligtaran, ang mga hypogenic na kuweba ay nabuo sa pamamagitan ng acidic na thermal water na tumataas mula sa lalim. Ang mga hypogenic na kuweba ay karaniwang may kaunti o walang ekspresyon sa ibabaw. Nakahiga sa ilalim ng isang landscape na may kaunting mga surface karst feature, at naa-access lamang sa pamamagitan ng iisang shaft na nabuo sa pamamagitan ng collapse, ang



*Schematic ng isang karst hydrological system. Diagram nina Maria-Laura Tîrlă at John Gunn; inset na nilalaman na binago mula sa Gunn (1985). Key: 1 – Carbonate bedrock (e.g. limestone); 2 – Impervious bedrock; 3 – Soil cover; 4 – Doline; 5 – Karren; 6 – Dry valley; 7 – Ponor (sink); 8 – Cave; 9 – Speleothems; 10 – Joints or fractures; 11 – Groundwater level; 12 – Sump (water-filled conduit).*

Ang mga epigenic na kuweba ay nabuo kung saan ang tubig ay bumababa mula sa ibabaw at sa kaso ng mga carbonate na bato ang pagkatunaw ay sa pamamagitan ng carbonic acid na nabuo kapag ang carbon dioxide ay natunaw sa tubig; Ang mga evaporite na bato ay hindi nangangailangan ng acid at natutunaw sa purong tubig. Sa kabaligtaran, ang mga hypogenic na kuweba ay nabuo sa pamamagitan ng acidic na thermal water na tumataas mula sa lalim. Ang mga hypogenic na kuweba ay karaniwang may kaunti o walang ekspresyon sa ibabaw. Nakahiga sa ilalim ng isang landscape na may kaunting mga surface karst feature, at naa-access lamang sa pamamagitan ng iisang shaft na nabuo sa pamamagitan ng collapse, ang Lechuguilla Cave sa Carlsbad Caverns National Park, isang World Heritage Property sa New Mexico USA, ay umaabot sa mahigit 242 km ng cave passage, na may 480 m. patayong saklaw. Sa ilang mga kaso, ang mga hypogenic na proseso ay nakabuo ng malalaking silid na kasunod na gumuho upang bumuo ng mga depresyon na maaaring ilang daang metro ang lapad at lalim, gaya ng naobserbahan sa mga obruks ng Turkey, kung saan matatagpuan ang isang patag at walang tampok na limestone na talampas.



*Mga nakamamanghang gypsum speleothems sa Chandelier Ballroom, Lechuguilla Cave (Carlsbad Caverns World Heritage Property), New Mexico, USA. Lechuguilla ay isang hypogenic na kuweba kung saan mahigit 200km ng daanan ang naa-access sa pamamagitan ng isang baras. Lawaran ni Rainer Straub*

Sa buod, ang mga anyong lupa na karaniwang iniisip bilang karst ay may mga natatanging anyong lupa sa ibabaw (mga doline, tuyong lambak, karren) na may mga kuweba sa ilalim. Gayunpaman, may mga lugar na may mga karst landform sa ibabaw ngunit kulang sa mga kuweba, at iba pang mga lugar na may mga kuweba sa lalim ngunit kulang sa surface karst landform, o kung saan mayroon lamang interstratal karst landform.

Ang pinaka-halatang mga setting ng karst ay nangyayari kung saan ang carbonate at evaporite na mga bato ay tumatakip sa ibabaw sa isang malawak na lugar (open karst), ngunit sa maraming lugar ay natatakpan sila ng hindi pinagsama-samang mga sediment na naipon sa panahon ng landscape evolution. Ang mga ito ay tinatawag na mantled o covered karst; nakikilala sa mga natabunan na karst kung saan nagbago ang tanawin ngunit pagkatapos ay napuno at inilibing ng sedimentation o mas batang mga bato. Sa karamihan ng mga kaso, binabawasan ng libing na ito ang paghahatid ng mga likido at sediment at ang mga setting na ito ay maaaring ilarawan bilang fossil karst o palaeokarst. Ang mga passage na may mga hindi aktibong stream ay tinatawag na 'fossil' kahit na ang karaniwang paggamit na ito ay hindi mahigpit na tama. Ang mga sipi na ito ay 'relict' lamang, dahil sa karamihan ng mga kaso ay umuunlad pa rin ang mga ito bilang resulta ng mga pagpasok ng tubig sa percolation na nagpapakain ng mga speleothems (isang pangkalahatang termino para sa lahat ng deposito ng mineral na nabuo sa mga kuweba) o ng mekanikal na pagkasira ng bubong o mga dingding ng daanan.

## **Ilang halaga ng karst at kuweba**

*Bilang karagdagan sa kahalagahan ng pagpapanatili ng mga halimbawa ng mga karst landform at landscape bilang bahagi ng isang diskarte upang pangalagaan ang pandaigdigang biodiversity at geodiversity, ang mga lugar ng karst ay karaniwang may pang-ekonomiya, siyentipiko at kultural na halaga. Maaaring may pagkakaiba-iba ng mga kahilingan na may potensyal na magkasalungat sa isa't isa.*

Ang mga karst terrain ay naglalaman ng maraming likas na yaman at nagbibigay ng mahahalagang serbisyo sa ecosystem, tulad ng sariwang tubig para sa pagkonsumo ng tao; aquatic ecosystem at agricultural irrigation; mahusay na biodiversity kapwa sa ibabaw at sa ilalim ng lupa na kapaligiran; mga tanawin at kuweba na may mataas na halaga sa libangan at kultura; at mga lupang nagbibigay ng batayan para sa produksyon ng agrikultura. Ang mga karst terrain ay nagsisilbing natural na lababo para sa carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), kaya nakakatulong na mabawasan ang pagbabago ng klima. Ang lahat ng mga mapagkukunang ito at mga serbisyo ng ecosystem ay hindi maituturing na nakahiwalay dahil ang mga ito ay lubhang magkakaugnay. Dahil sa mga kumplikadong mekanismo ng feedback na

ito, ang mga epekto sa mga nakahiwalay na elemento ng karst ecosystem ay maaaring magkaroon ng hindi inaasahang epekto sa iba pang elemento o maging sa buong ecosystem.

Ang mga mapagkukunan ng tubig ng karst ay mahalaga sa sangkatauhan sa libu-libong taon, kabilang ang para sa pagkonsumo ng tao, sa agrikultura (irigasyon at aquaculture) at, sa paglipas ng nakaraang daang taon, sa pagbuo ng hydroelectric power. Dahil mas malaki at mas maaasahan ang mga bukal ng karst kaysa sa iba pang mga bato, kaya ang mga pattern ng paninirahan ay malakas na naiimpluwensyahan ng mga pinagmumulan ng tubig na ito. Noong 450 BCE, ang mga karst spring ay ginagamit para sa patubig sa Tsina, habang ang mga Mayan sa Central America ay malawakang gumamit ng mga kuweba at cenote (mga doline na puno ng tubig). Noong 2019, tinatantya na humigit-kumulang 10% ng populasyon ng mundo, humigit-kumulang 700 milyong tao, ang nakakuha ng kanilang maiinom na suplay ng tubig mula sa karst, alinman sa mga discrete spring o sa pamamagitan ng mga boreholes. Ang pinakamalaking mamimili ng karst water ay ang China, na may humigit-kumulang 150 milyong tao na pangunahing nakadepende sa karst groundwater. Ang Estados Unidos ang pangalawa sa pinakamalaki, na may humigit-kumulang 50 milyong tao, pangunahin sa mga rural na lugar. Ang Edwards Aquifer, Texas, USA, ay nagbibigay ng ilang milyong tao, kabilang ang malalaking lungsod tulad ng San Antonio.

Kinakailangan ang malaking imprastruktura upang maihatid ang karst na tubig sa lupa mula sa mga bukal patungo sa mga gumagamit. Mahigit 2,000 taon na ang nakararaan labing-isang mahahabang aqueduct ang naghatid ng tubig sa bukal sa lumang lungsod ng Roma sa mga distansyang mula 16 hanggang 91 km. Ang pinakamalaking sistema ng suplay ng tubig sa karst sa Europa ay yaong nagbibigay ng 1.7 milyong mamamayan sa Vienna, Austria, kung saan ang una sa dalawang pangunahing aqueduct ay pinasinayaan noong 1873. Noong ika-20 at ika-21 siglo CE, ang mga katulad na pangunahing gawaing inhinyero ay isinagawa sa maraming lugar ng karst, pinaka-kapansin-pansin sa mga Dinaric na karst ng Croatia at Bosnia-Herzegovina, at sa China. Sa itaas ng agos ng mga bukal, ang mga lugar ng karst ay nailalarawan sa kawalan ng tubig sa ibabaw na naghihigpit sa pag-unlad. Sa mga lugar kung saan ang mga limestone ay may medyo mataas na porosity at permeability, ang mga borehole ay maaaring magbigay ng isang mahusay na supply (halimbawa sa Cretaceous limestones sa England), ngunit sa maraming limestones ito ay tinatantya na mayroon lamang isang 1% - 2% na pagkakataon. ng pagiging produktibo ng isang borehole. Parehong mga pang-industriya at pang-agrikulturang pollutant ay maaaring mabilis na madala sa pamamagitan ng mga subsurface network ng karst, na ginagawang kritikal na mahalaga ang epektibong pamamahala sa paggamit ng lupa.

Ang mga lugar ng karst ay patuloy na ginagamit bilang pinagmumulan ng limestone para sa paggawa ng semento, na may tumataas na bilis ng pag-unlad ng urban na lumilikha ng malaking pangangailangan para sa mataas na kadalisan na limestone, at bilang isang pinagsama-samang. Ang apog ay ginagamit din para sa pang-agrikulturang dayap, bilang isang flux para sa produksyon ng bakal at bakal at bilang isang tagapuno sa pintura, plastik at mga industriya ng parmasyutiko. Ang pag-quarry ay may potensyal na sirain ang mga kuweba at ang mga nilalaman nito, upang alisin ang mga organismo ng kuweba at pababain ang kalidad ng tubig, gayunpaman, na may maingat na mga epekto sa pamamahala ay maaaring mabawasan. Ang pagmimina ng saltpetre (potassium nitrate) sa mga kuweba sa Americas (pangunahin sa USA at Brazil) ay mahalaga para sa produksyon ng pulbura noong ika-18 at ika-19 na siglo CE. Libu-libong kuweba ang inalis ang nilalaman ng lupa na mayaman sa nitrate at ang korona ng Portuges ay naglathala pa ng mga tagubilin kung paano muling buuin ang natunaw na lupa sa pamamagitan ng paglalagay nito pabalik sa mga kuweba.

Ang pagmimina ng mga deposito ng Kuweba guano para sa pataba ay isang pandaigdigang kababalaghan. Bago ang pagpapakilala ng mga artipisyal o kemikal na pataba, ang mga natural o organikong pataba ay malawakang ginagamit mula sa mga mapagkukunan tulad ng ibon at paniki guano. Ang ibon guano ay minahan sa mga isla ng Pasipiko, tulad ng Nauru at Christmas Island sa Indian Ocean, at ang bat guano ay mina pa rin sa ilang kuweba sa Texas, bilang pinagmumulan ng organikong pataba. Sa Niah Cave, Borneo, minahan pa rin ang cave swiftlet guano para sa fertiliser, gayundin ang mas kumikitang pugad ng swiftlet sa mga dingding. Mayroong malawakang pagkuha ng mga mineral na pinangangasiwaan ng mga karst terrain, tulad ng bauxite, lead-zinc, at coal sa China, habang sa lugar ng Chapada Diamantina, Brazil, nagkaroon ng malawak na pagmimina ng brilyante sa loob ng mga kuweba noong ika-19 at unang bahagi ng ika-20 siglo CE. Ang mga speleothems, lalo na ang mga stalagmite at stalactites, ay iligal din na kinuha para ibenta bilang mga souvenir.

Ang mga karst landscape ay karaniwang may mataas na geodiversity, na may malaking panloob na pagkakaiba-iba ng topograpiko. Ang mga ito ay nagbibigay ng mas maraming iba't ibang potensyal na tirahan kaysa sa karamihan ng mga non-karst landscape at kadalasang medyo nakahiwalay sa kanilang kapaligiran, tulad ng sa tower karst landscape. Dahil higit na protektado mula sa mga elemento, ang mga kuweba ay maaaring magbigay ng mga

natatanging 3D na tanawin ng mga geological na relasyon na hindi makikita dahil sa kakulangan ng angkop na mga outcrop o na nabura ng weathering sa ibabaw o natatakpan ng lupa at mga halaman. Mula noong huling bahagi ng ika-20 siglo CE, ginamit ang mga ito bilang madaling ma-access na mga analogue sa ibabaw ng carbonate petroleum reservoir. Sa mga tropikal na kapaligiran, madalas silang nagho-host ng mahusay na biodiversity ng mga species ng hayop at halaman, kabilang ang mga bihirang at endemic na species sa itaas at sa ilalim ng lupa. Ang ilang mga karst ay nagsilbing mga kanlungan para sa mga species na nanatili sa ilalim ng lupa sa pamamagitan ng mga pagbabago sa kapaligiran na nag-alis ng kanilang mga kamag-anak na nakatira sa ibabaw o sa ibabaw sa mga cool na damp microclimate na nabuo sa pamamagitan ng dolines at mga pasukan ng kuweba.

Ang mga paniki ay marahil ang mga nilalang na kadalasang nauugnay sa mga kuweba, ngunit marami pang iba, kadalasang endemic na vertebrate at invertebrate na mga hayop ang naninirahan sa karst, ang ilan sa mga ito ay maaaring maliit lamang ang bilang ng populasyon o lubos na inangkop sa katatagan ng kapaligiran sa ilalim ng lupa. Sa marami, ngunit hindi lahat ng mga karst, ang mga kondisyon sa kapaligiran sa ilalim ng lupa ay maaaring halos pare-pareho at ang mga species ng kuweba ay maaaring magkaroon ng kaunting tolerance sa pagbabago ng kapaligiran sa ilalim ng ibabaw. Sa Vietnam, ang Delacour's langur (*Trachypithecus delacouri*), isang endangered primate species, ay endemic sa ilang karst areas. Sa malawak na karst sa hangganan sa pagitan ng Vietnam at Laos, ang malalaking bloke ng limestone terrain ay pinaghihiwalay ng mga ilog, na nagbibigay ng mabisang mga hadlang sa dispersal ng mga species. Mayroong hindi bababa sa anim na species ng Leaf-eating langurs (*Trachypithecus* spp.), bawat isa ay endemic sa isang partikular na bloke ng limestone. Katulad nito, sa Lalawigan ng Guangxi, China, ang fragmentation ng tirahan ay naghihiwalay sa mga populasyon ng White-headed langur (*Trachypithecus leucocephalus*). Ang mga natatanging kapaligiran sa ilalim ng lupa ay maaaring mabuo ng mga hypogene cave na binuo ng sulfuric acid speleogenesis, na nagho-host ng mga pambihirang komunidad o ecosystem, kadalasang ganap na nakahiwalay at ganap na umunlad na independyente mula sa kapaligiran sa ibabaw. Ang H<sub>2</sub>S-rich Movile Cave sa Romania, ay tahanan ng hindi bababa sa 51 species, kung saan 34 ay endemic. Ang Edwards Aquifer ay host ng higit sa 60 species, kabilang ang highly adapted fish at salamanders, na may ilang species na kilala lamang mula sa mga balon ng tubig na higit sa 250 m ang lalim.

Ang sheltered depositional environment sa mga kuweba ay nagpapadali sa pangangalaga ng fossil bone material at nauugnay na DNA. Ang mga hayop ay maaaring mahulog, pumasok sa paghahanap ng tubig, o mahugasan sa mga kuweba kung saan ang kanilang mga naipon na labi ay nagbibigay ng talaan ng pagbabago ng mga fauna sa paglipas ng panahon. Ang mga kolonya ng paniki at mga kuwago sa mga kuweba ay nakakatulong sa akumulasyon ng buto at nagbibigay ng magandang sample ng mas maliit na vertebrate fauna. Ang paggamit ng mga kuweba ng mga mammal bilang mga silungan, mga lugar ng pagtulog sa panahon ng taglamig o mga lungga para sa mga kabataan, na may hindi maiiwasang pagkamatay sa lugar ng ilang mga indibidwal, ay nagbibigay-daan sa pag-aaral ng serye ng paglaki at mga relasyon ng predator-prey. Ang mga pahiwatig mula sa depositional na kapaligiran ng lahat ng mga labi na ito ay bumubuo ng isang larawan ng pangmatagalang pagbabago ng faunal laban sa klima, na makakatulong sa pagbuo ng mga tool para sa paghula kung saan maaaring umiral ang mga species sa liwanag ng mabilis na pagbabago ng klima, pagpapalawak ng tao at pagkapira-pirasong tirahan. Ang rekord ng fossil ay nagbibigay ng tanging paraan para sa pagtatasa ng mga pangmatagalang pattern ng pagbabago ng faunal laban sa klima at nagbibigay ng makabuluhang data para sa mga naturang predictive na modelo.

Ang mga pagtatantya ng mga nakaraang kundisyon ng klima ay matagal nang may interes para sa mga natural na agham, dahil nagbibigay ang mga ito ng ilang paliwanag para sa pagbabago ng mga pattern ng pamamahagi ng mga species ng halaman at hayop sa planeta, kabilang ang ating sariling mga species. Mula noong 1960s, nagkaroon ng panibagong interes sa nakaraang pagbabagong-tatag ng klima bilang isang paraan ng pagbibigay ng mga analogue para sa atmospera na malamang na magresulta mula sa global warming. Ang disiplina ng speleothem science ay binuo upang magbigay ng mahabang archive ng palaeoclimate. Sa loob ng mga kuweba, ang mga stalagmite ay binubuo ng patong-patong, kadalasan sa taunang batayan, at sa gayon ang isang pahaba na seksyon sa pamamagitan ng naturang stalagmite ay nagbibigay ng micro-stratigraphy na maaaring sumasaklaw ng libu-libo hanggang sampu-sampung libong taon. Ang uranium-serye dating ay nagbibigay ng ganap na kronolohiya na maaaring umabot mula hanggang ~650,000 taon (U-Th) at ilang milyong taon (U-Pb) ang nakalipas. Ang mga matatag na pagsusuri sa isotope ay maaaring magbigay ng mga kahalili para sa pagkakaiba-iba ng klima sa mga panahong ito. Ang mga rekord ng oxygen isotope mula sa mga kuwebang Tsino ay nagbigay ng pangmatagalang data sa mga pagbabago sa parehong lakas ng monsoon sa Silangang Asya at klima sa pangkalahatan. Ang pinalawig na tala ng Tsino ay sumasaklaw sa nakalipas na 640,000 taon mula sa ilang mga site at isa sa pinakamahabang patuloy na talaan ng klima sa planeta. Ang speleothem overgrowths sa Mediterranean coastal caves ay pambihirang detalyadong archive ng nakaraang dagat- pagbabago sa antas, babalik sa panahon sa panahon ng Pliocene. Sa rainforest ng Amazon, ang carbon isotopes mula sa stalagmites ay nagbunga ng mahalagang impormasyon tungkol

sa katatagan ng kagubatan. Ang mga deposito ng kuweba na ito ay nakapagbibigay ng mga pahiwatig sa mga hula sa klima sa hinaharap, na lubos na pinahahalagahan dahil sa hindi maiiwasang isyu tungkol sa paglaho ng mga lugar sa baybayin na may maraming populasyon, dahil sa pagtaas ng antas ng dagat sa buong mundo.

Ang karst at mga kuweba ay may napakataas na magagandang tanawin at libangan. Sa pagtatapos ng 2021, mayroong 76 World Heritage Properties sa apatnapu't apat na bansa at 68 UNESCO Global Geopark sa dalawampu't anim na bansa na may carbonate karst at mga kuweba. Kaya't ang turismo ay isang pangunahing pang-ekonomiyang aktibidad sa ilang mga karst, kabilang ang paggamit ng parehong binuo at hindi pa binuo na mga kuweba, at mga tanawin sa ibabaw, at sa gayon ay bumubuo ng lokal na trabaho. Ang paglago ng turismo sa kuweba, mula sa katamtamang simula noong huling bahagi ng ika-19 na siglo CE na may mga kandilang parol hanggang ngayon, kapag ang mga LED na ilaw at mga de-koryenteng tren ay ginagamit, ay lubhang nagpalawak ng parehong paggamit at ang saklaw ng mga epekto sa mga kuweba. Mayroong humigit-kumulang 1,600 palabas (turista) na kuweba sa buong mundo na may ilan na tumatanggap ng ilang daang libong bisita bawat taon, halimbawa Mammoth Cave World Heritage Property, USA na tumatanggap ng 500,000 bisita, at Postojna Cave, Slovenia na tumatanggap ng mahigit isang milyon. Ang mga istatistikang ito ay malamang na minamaliit ang bilang ng mga palabas na kuweba sa China, kung saan maaaring mayroong higit sa 300 na bukas sa publiko. Noong 2019, mayroong 150 milyong bisita upang magpakita ng mga kuweba, at aabot sa 70,000 katao ang maaaring magtrabaho sa buong mundo sa turismo sa kuweba. Posible rin ang malayuang pagpapahalaga sa pamamagitan ng mga online na site na may interpretasyon, mga video at mga litrato, na ang paggawa nito ay maaaring maging isang mahalagang bahagi ng ilang lokal na ekonomiya. Ang ganitong media ay nagpapatibay sa halaga ng mga kuweba at karst para sa turismo at bilang mga kapaligiran na nangangailangan ng pangangalaga.



*Ang deposition ng calcite sa speleothems mula sa dripwater ay nagbibigay ng isang mahalagang pangmatagalang archive ng mga pagbabago sa oxygen isotope chemistry at sa gayon ay isang proxy record ng mga nakaraang klima. Larawan ni Csaba Egri.*

Ang mga kuweba ay palaging ginagamit bilang mga silungan, bilang mga tirahan, at bilang mga kanlungan sa mga oras ng labanan. Ginagamit ang mga ito bilang mga dambana o templo - bilang mga sagradong espasyo na nagdudulot ng mga damdamin ng paghanga at pagsamba, at pinapadali ang mga pagdiriwang ng relihiyon sa pamamagitan ng pagiging mga lugar na bukod sa pang-araw-araw na pamumuhay. Ang mga kuweba ay madalas na



itinuturing na hindi maliwanag na mga puwang, na nag-aalok ng parehong proteksyon at kanlungan, ngunit maari ring bitag at makulong ang mga tao. Sa maraming kultura, ang isang lokasyon sa loob ng daigdig ay kinilala bilang babae, at ang mga kuweba ay natukoy na kumakatawan sa sinapupunan ng Mother Earth at nauugnay sa pagsilang at pagbabagong-buhay. May mga alamat tungkol sa mga taong pumapasok mga kuweba at nakulong, para lamang pakawalan pagkatapos ng ilang pagsubok. Bagama't maaaring ilagay ang kabanalan sa maraming iba pang likas na anyo at bagay, tulad ng mga puno, bukal at bundok, ang pinakaunang kilalang mga sagradong lugar sa prehistory ay nasa mga kuweba na natural na nabuo, tulad ng mga nasa lambak ng Dordogne ng France. Ang mga Thai Buddhist monghe ay naghahanap ng mga kuweba bilang tahimik na mga kanlungan kung saan magsanay ng pagmumuni-muni. Kung ang monghe ay naging isang sikat na meditation master, kung gayon ang kanyang mga tagasunod ay maaaring bumuo ng yungib sa isang mas magarbong dambana sa kanyang memorya.

Ang mga likas na kuweba ay matagal nang pinagtutuunan ng pagsamba at madalas na lumilitaw sa parehong mga kuwentong mitolohiya at relihiyon. Ang pilosopo na si Porphyry (234–305 CE) ay naniniwala na bago magkaroon ng mga templo, lahat ng mga ritwal sa relihiyon ay ginanap sa mga kuweba. Nagtalo siya na ang arkitektura ng mga templo ay tumulad sa kadiliman at solong pagpasok ng karamihan sa mga kuweba, at na ang pagtagos ng liwanag sa isang kuweba sa ilang mga oras ng taon ay may ritwal na kahalagahan. Ang isang sagradong kuweba ay maaaring ding maglaman ng isang sagradong bukal na naisip na nagtataglay ng mga espesyal na katangian ng pagpapagaling o panghuhula.

Sa mga bansang Katoliko tulad ng Brazil, ang mga dambana at maging ang buong simbahan sa loob ng mga kuweba ay kumakatawan sa mga sikat na lugar ng paglalakbay, kung saan ang malaking kuweba ng Bom Jesus da Lapa ay naglalaman ng dalawang simbahan na naging mga lugar ng pagsamba mula noong huling bahagi ng 1600s at binibisita bawat taon ng higit sa isang milyon mga tao. Ang Lourdes Cave, France, ay kinikilala ng simbhang Romano Katoliko bilang lugar ng pagpapakita ng Birheng Maria noong 1858, na tumatanggap ng milyun-milyong turista bawat taon, marami sa paghahanap ng pagpapagaling o espirituwal na paglago.



*Ang mga kuweba at karst ay may napakataas na magagandang tanawin at libangan. Ginalugad ng dalawang speleologist ang isang malinis na lawa sa ilalim ng lupa sa Krizna Jama, Slovenia. Larawan ni*

Maraming mga templo sa kuweba sa timog-silangang Asya, kapwa dahil ang mga ito ay maginhawang mga cavity malapit sa mga bayan at dahil mayroon silang himpapawid na misteryo na may mga nakatagong silid. Maraming kuweba sa Thailand, Laos at ilan sa Tsina ang naglalaman ng mga dambanang Budista, na may ilang mga templong Taoist at Budista sa mga kuweba malapit sa Ipoh sa hilagang Malaysia, habang sa India at Malaysia maraming kuweba ang ginagamit bilang mga templong Hindu. Ang pinakakilalang templo ng kuweba ay nasa Batu Caves complex sa labas ng Kuala Lumpur (Malaysia), na nagsisilbing pokus ng taunang Thaipusam festival ng komunidad ng Hindu. Ito ay naging isang pilgrimage site hindi lamang para sa mga Malaysian Hindu, kundi pati na rin para sa mga Hindu mula sa ibang mga bansa kabilang ang India, Australia at Singapore. Sa isla ng Okinawa ng Hapon, maraming Shinto shrine ang matatagpuan sa mga pasukan ng kuweba.



*Buddhist cave shrine, Nam Ou River, Laos. Larawan ni David Gillieson*

Ang pamantayang ginamit upang suriin ang kahalagahan ng isang indibidwal na kuweba ay maaaring kabilang ang:

- *geological considerations* – tulad ng mga partikular na tampok na nauugnay sa istruktura, stratigraphy, paleontology o mineralogy.
- *geomorphological considerations* – tulad ng passage morphology, clastic sediment sequence at speleothem, partikular na kung saan nagbibigay ang mga ito ng ebidensya ng mga nakaraang surface environment.
- *hydrological considerations* – tulad ng pagkakaroon ng mga pangunahing batis o lawa sa ilalim ng lupa, mga paglabag sa ilalim ng lupa ng mga divide ng surface drainage, o mga pangunahing elemento sa pag-unawa sa network ng conduit.
- *biological considerations* – nauugnay sa kayamanan ng mga species, ang pagkakaroon ng mga bihira at endangered species, hindi pangkaraniwang mga trophic na istruktura o mga pangunahing lugar ng panganganak ng paniki.
- *archaeological and cultural considerations* – tulad ng pagkakaroon ng malalim, well stratified deposits, ang papel ng kuweba sa rehiyonal na prehistory evolution, mga halimbawa ng makasaysayang paggamit ng kuweba, tulad ng pagmimina o pamamahala ng tubig, o ang espirituwal at relihiyosong kahalagahan nito.
- *geographical considerations* – liblib at ilang mga halaga, kalapitan sa imprastruktura ng parke, tulad ng mga kalsada at lugar ng kamping, mga pagkakataon sa libangan at accessibility mula sa mga pangunahing sentro ng populasyon.

Auler et al. (2018) ay nagbigay ng isang diskarte sa pagbibigay-prioridad ng mga kuweba para sa pangangalaga sa kapaligiran sa pamamagitan ng mahigpit na pagtatasa sa mga antas ng kahalagahan. Gumamit sila ng 70 parameter na sumasaklaw sa mga pagsasaalang-alang sa itaas sa isang sample ng 401 na kuweba, na sinuri nila ayon sa

istatistika. Ang kanilang mga resulta ay nagpahiwatig na ang mga biotic na parameter, kasama ang malawak na sukat ng haba at lugar, ay ang pinakakapaki-pakinabang. Ang diskarte na ito ay maaaring iakma at pinuhin para sa iba pang mga lugar ng karst na may kakayahang magamit ng mga nauugnay na data.

### *Mga Alituntunin*

- (1) *Ang mabisang pagpapalano para sa mga rehiyon ng karst ay nangangailangan ng ganap na pagpapahalaga sa lahat ng kanilang pang-ekonomiya, pang-agham at mga pagpapahalagang pantao, sa loob ng lokal na konteksto ng kultura at pulitika.*
- (2) *Dapat kilalanin ng mga tagapamahala na sa mga karst catchment, ang mga aksyon sa ibabaw ay nagreresulta sa direkta o hindi direktang mga epekto sa ilalim ng lupa o sa ibaba ng agos.*
- (3) *Ang isang mahusay na pag-unawa sa mga katangian ng kuweba at ang kanilang mga natatanging halaga ay mahalaga sa pinabuting pamamahala ng anumang lugar ng karst.*

### **Ang espesyal na katangian ng mga kapaligiran ng karst at mga sistema ng kuweba**

*Ang natutunaw na bato at ang pagbuo ng underground drainage sa pamamagitan ng mga conduit, na nagsasama-sama ng mga proseso sa ibabaw at ilalim ng lupa, ay nagdudulot ng pagiging kumplikado at marami sa mga espesyal na tampok ng mga karst landscape. Ang mataas na antas ng koneksyon na ito ay nangangahulugan na ang anumang pagbabago o epekto sa ibabaw ay mabilis na inililipat sa ilalim ng lupa upang maapektuhan ang kapaligiran ng kuweba at ang umaasa nitong terrestrial at aquatic na buhay.*

Ang mga kapaligiran sa ibabaw sa karst ay maaaring maging malupit. Ang mga kapaligiran ng karst ay panaka-nakang tuyo sa ibabaw, kahit na sa mga mahalumigmig na klima, dahil ang tubig-ulan ay mabilis na umaagos sa ilalim ng lupa. Maliban kung ang bedrock ay nababalutan ng mababaw na deposito, ang mga ibabaw ng karst ay malamang na mabato, na may mababaw at tagpi-tagpi na mga lupa. Ang dami ng natutunaw na mineral, tulad ng calcite at dolomite, sa carbonate bedrock ay kadalasang kasing taas ng 90% - 99%. Alinsunod dito, ang kabuuang nilalaman ng mga hindi matutunaw na mineral, na humahantong sa pagbuo ng lupa, ay 1% - 10% lamang. Kaya, ang mga halaman na matatagpuan sa carbonate karst ay may posibilidad na iangkop sa mabatong mga lupa, mataas na calcium (alkalinity) at mga tuyong kondisyon. Ang pagbubukod dito ay kung saan ang mga natutunaw na bato ay pinatungan ng mga panlabas na derived (allogenic) na mababaw na deposito tulad ng glacial till (sa hilagang Estados Unidos), loess (sa English Peak District) o volcanic ash (sa New Zealand King Country. karst). Sa mga tropikal na lugar, mas karaniwan ang karst na natatakpan ng lupa sa ilalim ng rainforest o savannah vegetation at maaaring may malalaking mantle ng lupa na nagmula sa abo ng bulkan.

Ang mga surface ecosystem sa karst ay kadalasang naiiba sa mga katabing landscape sa mga tuntunin ng topograpiya, geomorphology, hydrology, soils at vegetation. Ang mga karst landscape, kasama ang kanilang masungit na topograpiya at malupit na mga kondisyon sa kapaligiran, ay nag-aalok ng mas maraming iba't ibang mga tirahan kaysa sa mga hindi karst na landscape. Samakatuwid, pinalalakas nila ang higit na biodiversity ng mga halaman at hayop, kabilang ang mga bihirang at endemic na species. Sa Laos, mayroong 21 kilalang species ng caperbush (*Capparis spp. L.*), na karamihan ay endemic sa isang karst site. Katulad nito, humigit-kumulang 90 species ng bent-toed gecko (*Cyrtodactylus spp.*) ay endemic sa mga karst site sa kanilang hanay, mula sa India, sa buong timog-silangang Asia, hanggang sa Melanesia.

Ang mga kapaligiran sa ilalim ng lupa sa karst ay natatangi at mas ganap na nabuo kaysa sa mga non-karstic na bato. Ang lahat ng uri ng bato ay pinahihintulutan ang ilang antas ng paggalaw ng tubig sa lupa bilang daloy ng bali, ngunit sa mga karst na bato lamang na ang pagkatunaw ng tubig ay nagpapalaki sa mga bali upang bumuo ng mga conduit, o mga kuweba, na dadaan sa halos lahat o lahat ng ibabaw na paagusan sa ilalim ng lupa. Ang mga kuweba sa mga carbonate na bato ay karaniwang mas malaki, mas mahaba at mas malalim kaysa sa mga kuweba sa iba pang mga uri ng bato, tulad ng sandstone (quartzite), conglomerate, lava o evaporites. Ang Deer Cave, Sarawak, at Hang Son Doong Cave, Vietnam, ay kabilang sa pinakamalaking kuweba sa mundo ayon sa laki ng daanan, habang ang Mammoth Cave, USA, ay ang pinakamahabang kuweba, at ang Vryovkina Cave, Georgia, ang pinakamalalim (lahat mula noong Enero 2022).

Bilang karagdagan sa mga kuweba ng mga natutuklasang dimensyon, mayroong isang maliit na survey, ngunit

malamang na malawak, tirahan sa ilalim ng lupa sa loob ng karst ng mga conduit na may diameter na mas mababa sa 0.3 m, kaya hindi na-access ng mga tao. Ito ang tirahan ng mesocavern. Bagama't ito ay nakatanggap ng maliit na pag-aaral hanggang sa kasalukuyan, ito ay naisip na malamang na may malaking kahalagahan sa ilalim ng lupa na biota, at sa ilang mga karst terrain ay maaaring harbor ang populasyon na bulk ng maraming mga species na inilarawan bilang 'cave fauna'. Sa itaas ng talahanayan ng tubig, ang mga tirahan ng mesocavern na puno ng hangin ay malamang na makaranas ng mas matatag na microclimate kaysa sa mas malalaking diameter na kuweba at samakatuwid ay maaaring magbigay ng cave fauna na may mas mahusay na mga kondisyon. Karamihan sa pangkalahatang talakayan ng mga epektong anthropogenic o ang pagpapagaan ng mga epekto sa mga tirahan ng 'kuweba' o stygofauna ay maaaring ipagpalagay na makakaapekto sa mga naturang conduit na mas maliit ang diameter at sa kanilang fauna.

Ang ilang mga kuweba ay higit sa lahat ay relict, na tumatanggap lamang ng percolation water mula sa ibabaw, habang ang iba ay aktibo, na may tubig at sediment input mula sa surface stream, kabilang ang ilang pana-panahong pagbaha. Ang kawalan ng sikat ng araw para sa pangunahing produksyon ay nangangahulugan na ang karamihan sa mga organikong materyal para sa sapot ng pagkain sa kuweba ay dapat magmula sa kapaligiran sa ibabaw. Ang ilang mga cave ecosystem ay umaasa sa geochemical energy sources, gayunpaman, tulad ng sulphide oxidation.

Ang pinaka-halatang mga tampok ng kapaligiran ng kuweba ay ang pagbawas sa pangkalahatang kawalan ng mga antas ng liwanag at isang malapit na pare-parehong temperatura na malayo sa mga pasukan. Ang buhay sa ganap na kadiliman ay nangangailangan na ang ibang mga pandama - lalo na ang mga pandama at pang-amoy - ay maging nangingibabaw. Kaya, ang ganap na cave-adapted na fauna ay may lubos na pinalaki na antennae o pinahabang mga appendage, pati na rin ang mga espesyal na organo upang makita ang vibration. Ang mga mata ay maaaring lubhang nabawasan ang laki o kahit na wala. Ang mga tampok na ito ay tinatawag na troglomorphy, at ang mga terrestrial na hayop sa ganitong uri ay tinatawag na troglobionts, habang ang kanilang mga aquatic na katapat ay tinatawag na stygobionts.

Ang fauna sa ilalim ng lupa ay inuri ayon sa posisyon at tagal ng kanilang paninirahan sa mga kuweba bilang troglo- o stygobites (obligadong naninirahan sa kuweba), -philes (facultative cave dwellers), at -xenes (mga bisita sa kuweba). Ang mga blind cave fish ay nagbibigay ng magandang halimbawa ng isang cave-adapted stygobiont. Gayunpaman, may mga pagbubukod dito at may mga obligadong hayop na naninirahan sa kuweba na nagpapakita ng kaunti o walang pagbagay sa dilim.

Ang subterranean fauna, at partikular na stygofauna, ay matatagpuan sa mga hindi karst na kapaligiran, ngunit ang mga kuweba at karst groundwater system ay nag-aalok ng higit na pagkakaiba-iba ng mga tirahan at mas malalaking void. Samakatuwid, ang subterranean fauna ng karst sa pangkalahatan ay may mas mataas na biodiversity kaysa sa non-karst subterranean environment. Ang mga komunidad sa ilalim ng lupa ay madalas na nailalarawan sa pamamagitan ng isang mataas na bilang ng mga bihirang at endemic species, dahil sa kanilang mataas na antas ng paghihiwalay. Dahil hindi makaalis sa kanilang mga tirahan sa ilalim ng lupa, ang mga troglobite ay madalas na limitado sa isang karst area o sistema ng kuweba.

Ang mga lugar ng karst drainage ay hindi madaling nalilimitahan. Ang mga drainage basin at mga rutang sinusundan ng karst water ay hindi halata, dahil ang mga drainage path ay kadalasang nasa ilalim ng lupa at ang groundwater basin ay karaniwang hindi sumusunod sa surface divides. Higit pa rito, ang mga paghahati ng tubig sa lupa sa karst ay pinakamahusay na itinuturing bilang mga zone, dahil ang posisyon ng kanilang plano ay maaaring lumipat sa pagitan ng mataas at mababang kondisyon ng tubig. Karamihan sa tubig na dumadaan sa karst ay ipinapasok ng lumulubog na mga sapa. Kung ang mga batis na ito ay nagmumula sa hindi tumatagos na mga bato na nasa kabila ng hangganan ng karst area, ang mga ito ay tinatawag na allogenic stream, kumpara sa mga autogenic na batis (o tubig) na ganap na nagmula sa mga karst na bato.

Ang mga karst ecosystem ay marupok dahil ang mga kondisyon sa kapaligiran ay maaaring maging matindi, at dahil ang mataas na antas ng interconnectivity sa mga karst ecosystem ay nangangahulugan na ang mga direktang epekto sa isang elemento ng karst ecosystem ay maaaring magkaroon ng malubhang hindi direktang kahihinatnan para sa iba pang mga elemento o sa buong karst ecosystem. Ang mga kundisyong ito ay nagreresulta sa maraming karst ecosystem na may mababang resilience, ibig sabihin ay mababa ang kapasidad nilang tumugon sa mga kaguluhan sa pamamagitan ng paglaban sa pinsala o pagbawi pagkatapos. Ang mga tubig sa lupa ng karst ay partikular na madaling maapektuhan ng kontaminasyon dahil sa kanilang hydrogeological na istraktura, kung kaya't madaling makapasok ang mga contaminant sa pamamagitan ng manipis na mga lupa at sa epikarst, sa pamamagitan ng dolines o lumulubog na mga sapa. Ang terminong 'epikarst' ay tumutukoy sa itaas na ilang metro ng bedrock kung

saan ang karamihan sa pagkatunaw ay nagaganap at kung saan, samakatuwid, ay may mas maraming voids kaysa sa mas malalim na bato. Kapag nasa ilalim na ng lupa, mas mabilis na gumagalaw ang tubig sa mga conduit (kilometro bawat araw) kaysa sa karamihan sa mga hindi karst na tubig sa lupa (mga metro bawat taon), kaya maaaring kumalat ang mga contaminant sa malalayong distansya at makakaapekto sa mga species at ecosystem sa ilalim ng lupa. Ang mga pollutant ay maaaring ma-trap sa mga karst aquifer at pagkatapos ay mailabas sa paglipas ng panahon sa mga bukal.

Ang mga lupa sa karst ay madalas na marupok at madaling maapektuhan ng hindi maibabalik na pagguho, kahit man lang sa sukat ng panahon ng tao. Ang pag-aalis o pagkasira ng mga halaman (hal., sa pamamagitan ng pagtotroso, pagpapastol ng mga hayop o pagsasaka ng pananim) ay maaaring magdulot ng matinding pagguho ng lupa at humantong sa 'mabatong disyerto', isang pangunahing problema sa kapaligiran sa Dinaric Karst ng Europe at South China Karst. Ang pagkasira ng natural na mga halaman at pagguho ng lupa ay magkakaugnay, (ibig sabihin, ang pagkasira ng mga halaman ay maaaring magdulot ng pagguho at vice versa). Pagguho ng lupa at mga halaman ang pagkasira ay maaaring magresulta sa pagkawala ng tirahan at sa gayon ay pagbaba sa surface karst ecosystem biodiversity. Ang pagguho ng lupa at ang nauugnay na pagbaba ng vegetation at biological na aktibidad ay binabawasan ang kahusayan ng mga karst landscape o nagsisilbing natural na lababo para sa atmospheric CO<sub>2</sub>. Ang pagkatunaw ng karst ay bumubuo ng hanggang 29.4% ng terrestrial CO<sub>2</sub> sink o 10.4% ng kabuuang anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions.

Ang pag-iingat sa mga natural na proseso, lalo na ang hydrological system, ay mahalaga sa proteksyon at pamamahala ng mga karst landscape. Ipinahihiwatig nito ang pangangailangan para sa isang holistic na diskarte, na may maingat na pangangasiwa ng mga halaman at mga lupa ng buong lugar na pinaghuhugutan ng tubig, para sa proteksyon ng tubig sa lupa at pangangalaga ng biodiversity. Ang pangangailangan para sa kabuuang pamamahala ng catchment ay mas mahalaga para sa mga karst landscape kaysa sa maraming iba pang lithologies. Ang pamamahala ng kalidad ng tubig ng mga allogenic stream na dumadaloy sa karst at ang proteksyon ng mga doline na nagbibigay ng point-recharge ay ang mga pangunahing isyu sa pamamahala ng lahat ng mga lugar ng karst.

Mayroon na ngayong medyo ilang mga lugar kung saan umiiral ang pagkakataon upang pangalagaan ang tunay na malinis na mga karst landscape. Bilang karagdagan sa pag-iingat at pagpapanatili ng mga naturang site, dapat na ituon ang pagtuon sa pagwawasto sa mga negatibong epekto ng nakaraan at kasalukuyang pamamahala, kabilang ang pagpapanumbalik ng natural na mga halaman at faunal na tirahan sa mga nasirang karst landscape. Ang mga ganitong uri ng pagpapabuti ay maaaring makatulong sa pagpapanumbalik ng mga natural na proseso ng karst.

### *Mga Alintuntunin*

- (4) *Ang pangangalaga sa mga natural na proseso, lalo na ang hydrological system, ay mahalaga sa proteksyon at pamamahala ng mga karst landscape.*
- (5) *Ang nangunguna sa mga proseso ng karst ay ang kaskad ng carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) mula sa mababang konsentrasyon sa panlabas na atmospera sa pamamagitan ng lubhang pinahusay na konsentrasyon sa kapaligiran ng lupa hanggang sa pinababang konsentrasyon sa mga daanan ng kuweba. Ang mataas na konsentrasyon ng carbon dioxide sa lupa ay resulta ng paghinga ng ugat ng halaman, aktibidad ng microbial at malusog na invertebrate na fauna sa lupa. Ang kaskad na ito ay dapat mapanatili para sa epektibong operasyon ng mga proseso ng solusyon sa karst.*
- (6) *Ang pangangailangan para sa kabuuang pamamahala ng catchment ay mas mahalaga para sa mga karst landscape kaysa sa maraming iba pang lithologies.*
- (7) *Mayroon na ngayong medyo kakaunting malinis na karst landscape at ang mga natitira ay dapat pangalagaan at panatilihin bilang isang mataas na priyoridad. Sa ibang lugar, ang pagtuon ay dapat sa pagwawasto ng anumang negatibong epekto mula sa nakaraan at kasalukuyang mga kasanayan sa pamamahala.*

### **Mga sukat ng pamamahala sa mga lugar ng karst**

Lumalaki ang pagkaunawa na kailangang isaalang-alang ng mga reseta ng pamamahala ang natural at ipinataw na mga pagkakaiba-iba sa istraktura at paggana ng mga sistema ng karst. Ang isang solong reseta ng pamamahala na

inilapat sa isang kumplikadong karst hydrological system (o complex integrated cave system) ay malamang na hindi sapat na maprotektahan ang patuloy na geomorphological at ecological na proseso sa iba't ibang bahagi ng system, at samakatuwid ang pagpapalano ng pamamahala ay dapat isaalang-alang ang mga scale factor sa karst system. Kahit na sa mga tuyong lugar ng karst, maaaring mayroong malakas na gradient sa microclimate at mga pinagkukunan ng enerhiya na umaabot sa isang sistema ng kuweba mula sa pasukan. Samakatuwid, dapat isaalang-alang ng mga reseta ng pamamahala ang mga likas na pagkakaiba-iba sa ekolohiya ng mga kuweba.

Para sa isang di-karstic catchment, kung saan ang mga daloy ng tubig ay nakararami sa ibabaw, ang konsepto ng continuum ng ilog ay nangangatwiran na ang mga proseso ng biyolohikal at kemikal ng isang ilog ay may malapit na kaugnayan sa mga pisikal na katangian nito, lalo na ang temperatura ng tubig, rehimen ng daloy at transportasyon ng sediment. Kaya, ang mga biyolohikal na komunidad ay mahuhulaan na nagbabago sa isang direksyon sa ibaba ng agos, tulad ng ginagawa mismo ng ilog. Ito ay nagpapahiwatig na ang mga biyolohikal na komunidad ay umaangkop sa mga partikular na kondisyon ng isang maikling seksyon ng batis, o 'stream reach', kung saan may mga katulad na geomorphological at ecological na kondisyon.

Para sa naturang catchment, maaari naming i-konsepto ang spatial scale ng pamamahala bilang:

*Whole catchment > sub-catchment (defined by stream order, lithology) > **stream reach** (similar gradient, substrate, flow regime) ayon sa river continuum concept.*

Gayunpaman, para sa isang karst catchment ang aming konseptwalisasyon ay magiging:

*Contributing non-karst catchment > karst catchment > karst sub-catchments > **cave passage** (various types of connectivity and energy levels) > spring.*

Ang pag-akyat ng pagkain at enerhiya mula sa mga panlabas na mapagkukunan ay nagiging kritikal sa kaligtasan ng mga mabubuhay na populasyon ng mga organismo na binubuo ng ekolohiya ng kuweba. Ang pangunahing panlabas na pinagmumulan ay ang mga organikong labi na nahuhugasan sa kuweba sa pamamagitan ng umaagos na tubig, alinman bilang percolation o bilang discrete cave streams. Ang materyal na ito ay maaaring pinong humus, madaling gamitin ng cave biota, o mas magaspang na mga labi (mga sanga, dahon, at sanga), na dapat munang masira ng bakterya at fungi upang magamit. Kaya ang kuweba ay katumbas ng itaas na bahagi ng isang batis sa ibabaw. Ang mga site sa loob ng bihirang bahain na kuweba ay maaaring, samakatuwid, ay inaasahang mawawalan ng buhay sa fauna, habang ang mga site sa kahabaan ng mga pangunahing batis na may direktang panlabas na koneksyon ay maaaring mayaman sa mga species at may mataas na kabuuang bilang ng mga organismo. Bagama't ang mga species at organismo na ito ay maaaring hugasan ng malalaking baha, ang mga populasyon ay maaaring mag-recolonize mula sa mga siwang ng bato o meso-cavity. Ang isa pang makabuluhang mapagkukunan ng panlabas na materyal ay mula sa mga proseso ng air-fall sa ibaba ng mga doline, shaft o mga sistema ng bali na bukas sa ibabaw. Ito ay lalong mahalaga para sa mas mataas na antas ng mga tuyong daanan na malayo sa mga pinagmumulan ng tubig o para sa mga kuweba sa mga tuyong klima. Ang pagpasok ng ugat ng puno sa mga daanan ng kuweba ay nagbibigay ng napakahalagang mapagkukunan ng enerhiya sa karamihan sa mga tropikal at ilang mapagtimpi na kuweba. Ang mga paniki at ibon ay maaaring maging isang mahalagang panlabas na mapagkukunan ng enerhiya, sa anyo ng mga guano at mga bangkay, at sa ilang mga ecosystem ay ang pangunahing o tanging pinagmumulan ng enerhiya.

Ang dalas at laki ng mga input ng enerhiya sa ecosystem ng kuweba ay nagiging napakahalaga para sa pagpapanatili ng mga populasyon ng mga organismo. Sa mga lugar na may malamig na klima na limitado ang paggalaw ng tubig hanggang sa pagtunaw ng tagsibol, ang biyolohikal na aktibidad ay unti-unti upang sundin ang malaking pag-agos ng tubig at organikong bagay, habang sa ibang mga pagkakataon ay maaaring halos hindi natutulong. Sa mga lugar na may malakas na pana-panahong pag-ulan, maaaring kailanganin ng mga organismo na umangkop upang makaligtas sa pagkatuyo nang hanggang anim na buwan; marahil mas mahaba kung ang pagkakaiba-iba ng klima ay mataas. Ang mga Cave fauna sa mga tropikal na lugar ay hindi gaanong pinaghihigpitan at maaaring maging aktibo sa buong taon, kahit na ang pagpaparami ay maaaring unti-unti gaya ng upang mabawasan ang kumpetisyon sa mapagkukunan. Mahalagang kilalanin na ang kayamanan ng mga species na nauugnay sa organikong bagay ay hindi palaging nagpapakita ng kayamanan ng troglobitic fauna kung saan naroroon ang organikong bagay. Ang mga troglobite ay madalas na nangyayari sa mga lugar na may mahinang pagkain at mas madalas na matatagpuan sa mga tropikal na kuweba kung saan ang organikong materyal ay mas malawak na nakakalat. Ang mga malalaking pagbabago sa magnitude at dalas ng mga pagpasok ng tubig ay maaaring magkaroon ng malubhang kahihinatnan para sa cave biology, at karaniwan sa mga rural na lugar kung

saan ang tubig ng karst ay inililihis o labis na ginagamit, o kung ang mga pagbabago sa ibabaw tulad ng vegetation clearance ay nagbabago sa dami at kalidad ng tubig sa percolation.

Ang daanan ng kuweba o conduit ay nagiging katumbas ng abot ng batis, gayundin ang pangunahing yunit ng pamamahala. Ang isang daanan na may umaagos na batis ay kailangang pangasiwaan nang iba mula sa isang mas mataas na antas na daanan na bihira, kung sakaling may umaagos na tubig dito. Ang koneksyon ng iba't ibang uri ng daanan na ito ay nagiging napakahalaga para sa pag-unawa sa mga daloy ng masa at enerhiya sa anumang sistema ng kuweba. Ang mga sipi ng kuweba na relict, ay hypogene origin o sa palaeokarst ay may mababa o zero connectivity at may kaunti o walang kapasidad para sa pagbawi pagkatapos ng kaguluhan. Ang mga daanan na pana-panahong bumabaha ay may ilang kapasidad para sa pagbawi, depende sa dalas ng kaguluhan. Ang mga aktibong stream passage na may makabuluhang flux ng sediments, organic carbon at ilang particulate ay maaaring makayanan ang kaguluhan at suportahan ang nababananat na ecosystem.

Maaaring may mga cavity na puno ng tubig sa lalim ng karst na may hypogene na pinanggalingan (nabuo ng pataas na tubig sa lupa). Sa Edwards Aquifer, Texas, maraming lokasyon sa aquifer na maaaring higit sa 1,000 m sa ibaba ng water table at palaging napupuno ng tubig. Sa pinakamaraming kilalang bilang ng mga aquifer-adapted species, mayroon silang natatanging fauna na hindi nagmula sa mga input sa ibabaw. Ang mga ito ay madaling kapitan sa pagkuha ng balon ng tubig, at sa mga potensyal na epekto ng hindi maayos na pagpapanatili at inabandunang mga balon ng tubig. Mahigit sa animnapung iba pang aquatic species ay kilala lamang mula sa umaagos na artesian well, kabilang ang dalawang bulag na hito.

Ang isang indibidwal na karst hydrological system (o cave system) ay maaaring maglaman ng ilang bahagi o uri ng daanan, mula sa mga aktibong stream passage hanggang sa hindi aktibo, mas mataas na antas, pati na rin ang mga hindi magandang konektadong relict passage. Ang bawat isa ay nangangailangan ng iba't ibang reseta ng pamamahala, ngunit dapat na isama sa antas ng catchment o sub-catchment kung saan ang mga pagsasaalang-alang sa mga daanan ng daloy, mga mapagkukunan ng enerhiya, mga uri ng kaguluhan at mga rehimen, at mga diskarte sa pagpapagaan ay maaaring bigkasin. Sa pinakamalawak na antas ng buong nag-aambag na catchment,

Ang parehong mga bahagi ng karst at hindi karst ay dapat na suriin sa mga tuntunin ng mga daloy ng bagay at enerhiya, at malamang na pagkagambala at/o mga pinagmumulan ng polusyon.

*Scheme ng koneksyon at mga antas ng enerhiya para sa mga bahagi ng mga sistema ng karst*

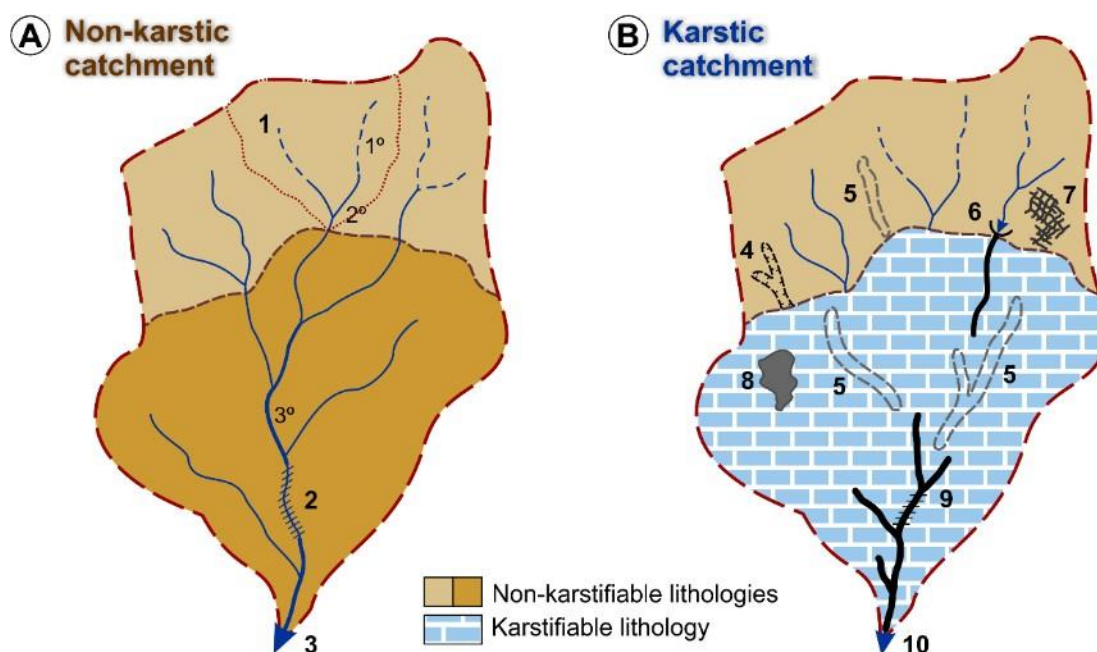
<b>Bahagi ng Sistema ng karst</b>	<b>Pagkakakonekta sa ibabaw</b>	<b>Mga antas ng enerhiya at pagkilos ng bagay</b>
Aktibong stream sink	Mataas	Mataas, regular na pagbaha na nagdadala ng magaspang na makahoy na mga labi, particulate at dissolved organic carbon (DOC)
Iba pang pinagmumulan ng puro recharge, pangunahin ang mga closed depression	Mataas	Mataas, ang dami ng tubig ay karaniwang mas mababa kaysa sa mga lumulubog na sapa ngunit nagdadala ng mga vegetal debris, particulates at DOC
Aktibong stream passage	Mataas	Mataas, regular na pagbaha na nagdadala ng ilang particulate at DOC
Spring	Mataas	Mataas, regular na output ng DOC at mga karaniwang particulate
Hindi aktibong stream passage (mas mataas na antas)	Katamtaman	Katamtaman, panaka-nakang pagbaha na nagdadala ng natunaw na organikong carbon
Relict cave (sinaunang stream passage)	Katamtaman	Ang percolation water ay nagdadala ng DOC sa mga lugar na mahalumigmig; ang carbon flux ay limitado sa mga tuyong lugar na may limitadong percolation. Maaaring makabuluhan ang Guano
Meso-cavities o mababaw na tirahan sa ilalim ng lupa	Katamtaman	Pagkakakonekta sa mga daanan ng batis, mahalagang kanlungan

Hypogene cave	Mababa	Sulfur at Iron based na ecosystem, localized carbon flux
Palaeokarst	Mababa	Napakababa, wala ang flux

Ang isang paraan ng pagkamit ng pag-scale ng pamamahala na ito ay sa pamamagitan ng paggamit ng mga spatial na modelo. Ang Karst Disturbance Index, na unang binuo ni van Beynen at Townsend (2005), ay isang paraan para sa pagsusuri ng mga epekto ng tao sa mga karst landscape. Gumagamit ito ng limang katagorya ng mga indeks sa kapaligiran – geomorphology, hydrology, atmospera, biota at kultura – kung saan maaaring tukuyin ang mga antas o saklaw ng kaguluhan. Sa prinsipyo, ang mga tagapagpahiwatig sa bawat katagorya ay dapat na mura upang makuha, madaling muling gawin, at tumutugon sa mga pagbabago sa kondisyon ng kapaligiran. Kasama sa mga pinagmumulan ng data ang mga field survey, spatial data, topographic na mapa, aerial photography, at mga opinyon ng eksperto mula sa mga lokal na kuweba at opisyal ng gobyerno. Ang pagmamarka ng mga indicator ay maaaring semi-quantitative (ranked data, nakatagorya na lugar o percentage cover) o qualitative (uri ng panirahan o uri ng pagpapaunlad ng kuweba). Maaaring itapon ang indicator kung hindi nauugnay sa lugar na pinag-uusapan. Ang Total Disturbance Index ay kinakalkula sa pamamagitan ng pagkuha ng kabuuan ng lahat ng nakuhang mga marka at paghahati sa kabuuang posibleng pinakamataas na marka, upang makagawa ng isang fraction. Ang bentahe ng isang index ay maaaring suriin ng mga stakeholder ang bawat tagapagpahiwatig at makita kung paano ito hinango, habang ang pangkalahatang kalagayan ng kapaligiran ng karst ay nabawasan sa isang madaling maihahambing na katagorya para sa mga tagapamahala ng kapaligiran at mga gumagawa ng patakaran.

Ang mga sistemang hydrological ng Karst ay partikular na madaling maapektuhan ng kontaminasyon dahil sa mabilis na koneksyon sa pagitan ng ibabaw at aquifer. Ang intrinsic na kahinaan ay tinutukoy ng mga katangian ng kapaligiran ng karst na nakakaimpluwensya sa antas ng kahinaan. Ang mga ito ay nauugnay sa 'pagtutubero' ng karst sa mga tuntunin ng kapal ng lupa at mga rate ng paglusot, ang density ng bali ng epikarst zone, ang pamamahagi ng mga doline at ang mga pagkakaiba-iba sa hydraulic conductivity. Sa kumbinasyon, tinutukoy ng mga ito ang potensyal na kahinaan, habang ang pagdaragdag ng paggamit ng lupa at imprastruktura (mga kalsada, supply ng tubig, mga landfill o pinagmumulan ng polusyon sa punto) ay lumilikha ng partikular na kahinaan. Ang mga diskarteng ito sa pagtatasa ng kahinaan ay spatially na isinama sa groundwater vulnerability models (GVM), na naglalayong i-quantify ang aquifer vulnerability sa human-induced contamination. Isa sa mga mas tinatanggap na GVM, ang EPIK ay partikular na idinisenyo para sa mga karst aquifer.

Ang sinumang user ng GVM ay kailangang magkaroon ng kumpiyansa sa validity ng mga parameter ng input na ginagamit, dahil ang ilan ay napakahirap mabilang.



Paghahambing ng spatial na organisasyon ng mga di-karst at karst catchment. Key: 1 – sub-catchment; 2 – stream reach; 3 – drainage basin outlet; 4 – unroofed cave; 5 – relict cave; 6 – active sink; 7 – hypogene cave; 8 – palaeokarst; 9 – cave passage; 10 – karst spring. Diagram ni Maria-Laura Tirlă.



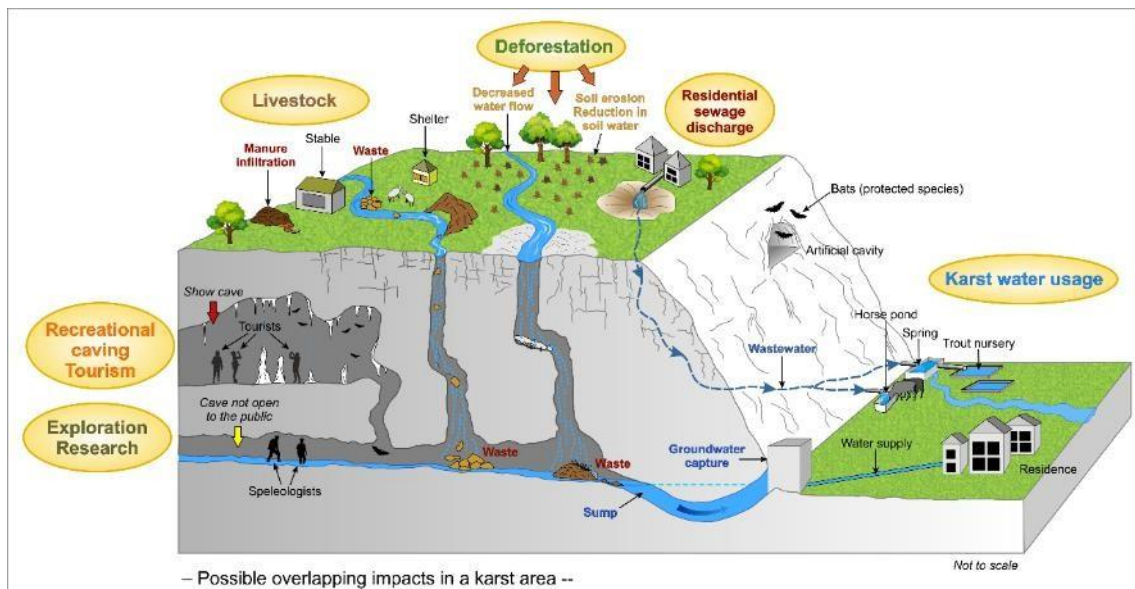
## *Mga Alintutunin*

- (8) Ang isang solong reseta ng pamamahala na inilapat sa isang kumplikadong karst hydrological system (o complex integrated cave system) ay malamang na hindi sapat na maprotektahan ang patuloy na geomorphological at ecological na proseso sa iba't ibang bahagi ng system. Samakatuwid, ang pagpapalano ng pamamahala ay dapat isaalang-alang ang mga salik ng sukat sa sistema ng karst.*
- (9) Ang biology ng karamihan sa mga kuweba ay higit na nakadepende sa mga pinagmumulan ng pagkain na dinala mula sa kapaligiran sa ibabaw. Ang pag-access ng pagkain at enerhiya mula sa mga panlabas na mapagkukunan ay kritikal sa kaligtasan ng mga mabubuhay na populasyon ng mga organismo, at ang dalas at laki ng mga input ng enerhiya sa ekosistema ng kuweba ay mahalaga sa pagpapanatili ng mga populasyon ng organismo.*
- (10) Ang isang indibidwal na karst hydrological system (o cave system) ay maaaring maglamang ng ilang bahagi o uri ng daanan, mula sa mga aktibong stream passage hanggang sa hindi aktibo, mas mataas na antas, pati na rin ang mga hindi magandang konektadong relict passage. Ang bawat isa ay mangangailangan ng ibang reseta sa pamamahala.*
- (11) Sa loob ng isang lugar ng karst, ang ilang mga seksyon ay maaaring masyadong sensitibo sa mga kontaminant ng tubig sa lupa, habang ang ibang mga lugar ay maaaring hindi gaanong sensitibo. Samakatuwid, kailangan ang komprehensibong pagpapalano sa paggamit ng lupa upang maprotektahan ang mga yamang tubig sa lupa ng karst.*



*Isang napakaaktibong seksyon ng daanan ng kuweba na nakakaranas ng regular na pagbaha sa Škocjanske Jame, Slovenia. Ang ilog Reka na dumadaloy sa kuweba ay maaaring tumaas ng higit sa 50m, na umaabot sa antas ng landas ng turista na makikita sa kaliwang sulok sa itaas. Ang Škocjanske Jame ay isang Ramsar Site na nasa loob ng Škocjan Caves World Heritage Property at The Karst UNESCO Biosphere Reserve. Larawan ni Csaba Egri.*

# Mga Aktibidad ng Tao sa Karst: Mga Epekto at Pagbabawas



*Ilan sa mga epekto ng mga aktibidad ng tao sa isang karst area. Diagram nina Maria-Laura Tîrlă at Bogdan Bădescu.*

## Paglibang at pakikipagsapalaran caving

### Panimula

Ang mga tao ay bumisita sa mga kuweba mula noong pinagmulan ng ating mga species, bilang ebidensya ng sining at mga artifact na naiwan. Ang mga pasukan ay pinakamalawak na ginagamit dahil nagbibigay sila ng magandang tirahan ngunit mayroon ding mga pagbisita sa madilim na lugar sa kabila ng pasukan, malamang para sa mga layunin ng ritwal o sa paghahanap ng tubig, tulad ng ginawa ng mga Maya sa Central America. Bagama't ang mga tao ay patuloy na naninirahan sa mga pasukan ng mga kweba hanggang sa kasalukuyan, ang maagang yugto na ito ay sinundan ng isa kung saan ang mga kuweba ay naging paksa ng mga alamat at karaniwang kinatatakutan bilang tahanan ng mga naisip na halimaw at masasamang espiritu o nagbibigay ng mga pintuan patungo sa Impiyerno. Sa Europa, ang panahong ito na pinangungunahan ng kamangmangan at pamahiin ay nagpatuloy hanggang sa ika-16 na siglo CE, na isang panahon ng paglalakbay, pagsisiyasat at simula ng mga natural na agham, hindi bababa sa para sa mga may sapat na kayamanan at mga mapagkukunan para sa mga gawaing ito.

Ang mga makasaysayang pagbisita sa kuweba para sa mga layunin ng pagsisiyasat ay pangunahing naidokumento sa Europe, ngunit naganap din sa China, kung saan si Xu Xiake (1587–1641 CE) ang unang karst scientist at speleologist sa rehiyon. Unti-unti, nagsimulang makita ng mga tao ang underworld bilang isang lugar na dapat tuklasin at tangkilikin sa halip na isang lugar na dapat katakutan. Ang mga kuweba ay unang pinag-aralan ng mga siyentipiko tulad ng mga arkeologo, biologist, geologist at geographer na pangunahing nagtatrabaho sa labas ng mga kuweba. Noong ika-19 na siglo CE, ang ilang indibiduwal ay nagsimulang tumuon sa mga kuweba at tinutukoy ang kanilang sarili bilang mga speleologist. Sa paligid ng parehong oras nagkaroon ng paglago sa 'paggalugad', na may mga pagbisita sa 'mga dayuhang lupain', pag-akyat sa bundok at, hindi maiiwasang, pagbaba ng kuweba. Noong ika-21 siglo CE, may nananatiling ilang madaling mapupuntahan na mga lugar sa mundo na hindi nakatanggap ng pagbisita mula sa mga tao, at ilang mga bundok na hindi pa nakakaakyat, ngunit taun-taon ang mga kweba ay nagsasaliksik at nagsusuri ng maraming sampu-sampung kilometro ng hindi pa napasok na mga kuweba. Sa likod ng mga unang explorer ay dumating ang iba na ang mga pagbisita ay para lamang sa libangan at kasiyahan, na kung saan ay ang kaso para sa mga kuweba at para sa karamihan ng ibabaw ng lupa. May isang kasabihan, na sinasabing mula sa ika-15 siglo CE; "Sa lalong madaling panahon ang isang tao ay makakahanap ng isang paraan ng kasiyahan sa kanyang sarili kaysa sa isa pa ay nakahanap ng isang paraan upang kumita ng pera mula dito", at ang isang industriya ay lumago kung saan ang mga gabay ay nag-aalok ng kanilang mga serbisyo sa mga taong gustong makilahok sa panlabas (kabilang ang mga underground) na pakikipagsapalaran. Ang pinakalumang kilalang palabas

na kuweba sa mundo ay pinaniniwalaang ang Reed Flute Cave sa China, na naglalaman ng mga inskripsiyon mula 792 CE, noong panahon ng Dinastiyang Tang.

Ang unang naitalang cave tour sa Europe ay sa Postojna Cave, Slovenia noong 1213 CE. Ang Vilenica Cave, na nasa Slovenia din, ay nangolekta ng mga entrance fee mula sa mga bisita mula noong 1633 CE.

Sa pag-iisip ng kasaysayang ito, sa ika-21 siglo CE, matutukoy natin ang ilang malawak na grupo ng mga indibidwal na pumapasok sa mga kuweba:

- ang pangkalahatang publiko alinman sa pagbisita sa mga palabas na kuweba o pagbisita para sa mga layuning panrelihiyon.
- mga speleologist na nakikibahagi sa paggalugad at dokumentasyon ng kuweba.
- mga recreational caver (libreng access).
- mga adventure cavers (pinamumunuan ng guro) na mga biyahe.
- mga siyentipiko na nagsasagawa ng underground na pananaliksik o gumagamit ng materyal mula sa mga kuweba sa kanilang pananaliksik.
- 'nagkataon' na gumagamit ng mga kuweba kung saan ang kuweba ay hindi ang pangunahing layunin ng kanilang pagbisita, halimbawa ang mga nakikibahagi sa mga kaganapang tumatakbo na kinabibilangan ng isang seksyon ng daanan ng kuweba.

Ang mga palabas na kuweba at kweba na ginagamit para sa mga layuning pangrelihiyon ay karaniwang may artipisyal na ilaw at mga daanan na ginagawang angkop ang mga ito para bisitahin ng sinumang miyembro ng publiko na may sapat na mobile, na ang ilan ay nagpapatuloy at nagbibigay ng access na may kapansanan. Sa kabaligtaran, ang mga nasa adventure, recreational at exploratory caving na mga pagbisita ay kadalasang nagsusuot ng naka-helmet na indibidwal na pinagmumulan ng ilaw at may iba't ibang dami ng proteksiyon na damit at kagamitan. Ang recreational caving ay kinabibilangan ng mga pagbisita sa mga site na na-explore at na-survey na, habang ang mga explorer ng kuweba ay naglalayon na makakuha ng access sa mga dating hindi kilalang mga sipi at upang suriin at idokumento ang kanilang mga natuklasan. Ito ay maaaring makamit sa iba't ibang paraan, kabilang ang pag-mount ng isang ekspedisyon sa isang lugar na hindi pa ginalugad, pag-alis ng mga bara sa dulo ng mga kilalang daanan, panloob na pag-akyat o pagsisid. Ang mga categoryang ito ng mga gumagamit ng kuweba ay maaaring maging kapaki-pakinabang sa pagsusuri sa mga epekto at mga pangangailangan sa pamamahala. Dapat itong kilalanin na ang isang indibidwal ay maaaring makibahagi sa higit sa isa sa mga aktibidad. Halimbawa, ang isang caver ay maaaring gumugol ng bahagi ng kanilang oras sa paggalugad ngunit masiyahan din sa mga recreational caving na pagbisita, pati na rin ang pakikilahok sa (o pagsali sa mga nangungunang) adventure caving trip, at malamang na mag-enjoy sa mga pagbisita upang ipakita ang mga kuweba.

Mula sa pananaw ng pamamahala, ang anumang lugar ng karst ay malamang na may ilang uri ng paggamit ng kuweba. Una ay ang mga palabas na kuweba at kuweba na may kahalagahang panrelihiyon. Pangalawa ay ang mga adventure caving site, na marami sa mga ito ay nakatanggap ng ilang antas ng pagbabago upang mapahusay ang kaligtasan ng bisita. Panghuli, ang karamihan sa mga site ay ang mga nakalaan para sa recreational caving at exploration. Ang mga show cave na may kahalagahan sa relihiyon ay isinasaalang-alang sa ibang lugar, kaya ang seksyong ito ay nakatuon sa adventure caving, recreational caving at exploration. Para sa maraming hindi pa nabubuon mga kweba o 'wild caves', ang aktibidad ng caving ay ang pinaka-kagyat na kadahilanan ng panganib na dapat isaalang-alang kapag tinutugunan ang kanilang konserbasyon, lalo na kung saan ang katayuan ng protektadong lugar ay nagbibigay para sa nakikiramay na pangangasiwa ng catchment.

### *Paggalugad sa kuweba at dokumentasyon*

Kabaligtaran sa ibang mga anyong lupa, ang lawak ng dokumentadong daanan ng kuweba ay lumalaki ng maraming kilometro bawat taon bilang resulta ng mga pagsisikap ng mga explorer ng kuweba. Ang mga pagsisikap na ito ay maaaring hatiin sa dalawang malawak na grupo, 1) paggalugad sa pamamagitan ng isang bukas na pasukan o isang bukas na daanan sa isang kilalang kweba, at 2) paggalugad na nangangailangan ng pagbabago sa mga pasukan at daanan ng kuweba. Sa karamihan ng mga bansang may mahabang kasaysayan ng mga aktibidad sa pag-caving,

kakaunti lamang, kung mayroon man, ang mga bukas na pasukan sa kweba na hindi pa na-explore at naidokumento. Sa ibang lugar, pinaka-kapansin-pansin sa tropiko at sa matataas na latitude, ang mga caving expedition ay nagagawa pa ring magdokumento ng mga hindi kilalang sistema ng kuweba. Sa mga tropikal na lugar, ang mga kuweba ay malamang na pinasok ng mga lokal na tao, maliban kung ang pag-access ay partikular na mahirap, halimbawa sa malalalim na shaft o pasukan sa ilalim ng matarik na gilid na dolines. Ang mga explorer ng mga kuwebang ito ay may pananagutan na parehong idokumento ang kanilang mga natuklasan, kabilang ang impormasyon sa mga tampok ng partikular na interes sa siyensya, at gumawa ng mga hakbang upang matiyak na ang kuweba, kung bagong natuklasan, ay mapangalagaan (tingnan ang UIS Code of Ethics). Sa partikular, ito ay mahalaga na ang mga lokal na tao ay ganap na nakikibahagi, upang malaman ang tungkol sa mga lokasyon ng kuweba mula sa kanila, gayundin ang anumang sagrado o iba pang mga halaga na maaaring mayroon sila, upang magbigay ng impormasyon sa mga halaga ng kuweba para sa mga explorer at sa mas malawak na komunidad, at upang ipaalam sa kanila kung paano mapoprotektahan ang mga pinagsamang halagang ito.

Sa loob ng mga kilalang kweba, maaaring may mga daanan pa rin na hindi napasok ng mga orihinal na explorer, ang pinakakaraniwang dahilan ay hindi madaling maabot ang daanan, kadalasan dahil mataas ito sa kilalang daanan, o napuno ito ng sediment o tubig. Ang matataas na antas ng mga daanan ay naa-access ng mga umaakyat sa kuweba na karaniwang kailangang maglagay ng mga bolts o iba pang nakapirming tulong upang matiyak ang ligtas na pag-akyat. Ito ay hindi maiiwasang magresulta sa maliit na pagkakatapos ng mga pader ng daanan. Ang paggalugad sa daanang puno ng tubig ay isinasagawa ng mga maninisd ng kuweba na maaaring magkaroon ng access sa mga daanan na puno ng hangin. Kung saan malawak ang mga sipi na ito, maaaring magkaroon ng pressure mula sa mga hindi maninisd para sa pagbuo ng mga alternatibong pasukan na hindi nagsasangkot ng diving, na maaaring maging problema kung ang mga bagong sipi ay may mataas na aesthetic o siyentipikong halaga.

Maraming 'bagong' mga daanan ng kuweba ang matatagpuan sa pamamagitan ng pagbabago ng daanan, karaniwang kilala bilang 'paghuhukay'. Ang mga pamamaraan na ginagamit ay maaaring kabilang ang pag-alis ng sediment, engineering upang patatagin ang mga ruta sa mga lugar ng pagbagsak, ang diversion ng mga sapa, ang pagpapatuyo ng mga static na sump (mga sipi na puno ng tubig) at ang paggamit ng mga pampasabog upang palakihin ang makitid na mga daanan. Ang nasabing mga gawa ay dapat na limitado sa pinakamababang pagbabago na kinakailangan upang makakuha ng access at pagkatapos lamang magkaroon ng ganap na pagsasaalang-alang sa mga potensyal na epekto sa parehong maikli at mahabang panahon, at kung ang kahalagahan ng pagtuklas ay hihigit sa mga epekto na dulot ng mga pagbabago.



*Paggalugad sa isang malalim na baras sa Abisso Michelle Gortani, Canin plateau, Italy. Larawan ni Csaba Egri.*

Sa mga protektadong lugar, mahalaga para sa mga tagapamahala na humiling ng pahintulot para sa lahat ng mga aktibidad sa paghuhukay at, sa ilang bansa, ang mga partikular na alituntunin ay binuo. Isang dokumentong ginawa ng Derbyshire Caving Association katuwang ang Natural England – ang tagapayo ng Pamahalaan ng UK sa pangangalaga ng kalikasan – partikular na tumutugon sa paghuhukay sa Sites of Special Scientific Interest (tingnan ang Internet Resources). Sa pagsasaalang-alang ng mga aplikasyon, dapat itong kilalanin na ang matagumpay na paghuhukay ay nagpapahusay sa siyentipikong interes ng isang site sa pamamagitan ng pagbibigay ng access sa mga bagong daanan at mga tampok ng interes. Gayunpaman, ang mga gumagawa ng mga aplikasyon para sa mga paghuhukay ay dapat magpakita ng isang pangako sa pagliit ng mga epekto, halimbawa, sa pamamagitan ng maingat na pag-tren sa pamamagitan ng isang sediment-filled passage kaysa sa kabuuang pag-alis ng sediment. Kung matagumpay ang paghuhukay, dapat mayroong kinakailangan upang ganap na idokumento at ilarawan ang mga natuklasan, kabilang ang isang mapa at mga litrato. Ang impormasyong ito ay dapat ipadala sa protected area manager, na maaaring magpasya kung kinakailangan ang follow-up na siyentipikong pagsisiyasat. Sa oras na pasukin ang isang bagong kweba o seksyon ng kweba, dapat bigyan ng konsiderasyon

kung paano ito pinakamahusay na mapangalagaan. Kung saan ang pagtuklas ay naglalaman ng mga sensitibong lugar, dapat isaalang-alang ng mga explorer ang pinakamagandang ruta sa mga lugar na iyon at tiyaking malinaw na minarkahan ito para sa mga sumusunod. Dapat mayroong isang kinakailangan upang alisin ang lahat ng kalabisan na kagamitan sa pagkumpleto ng isang paghuhukay, lalo na kung ang paghuhukay ay hindi matagumpay. Maliban sa mga malalayong lugar, ang mga bagong tuklas na kuweba at mga daanan ay maaaring makaakit ng matinding interes sa loob ng komunidad ng caving at ang window ng pagkakataon na protektahan ang site bago ito maapektuhan ay maaaring maikli.



*Ang paggalugad ng kuweba kung minsan ay nangangailangan ng pag-alis ng sediment upang ma-access ang daanan sa kabila. Ang parehong mga imahe ay nagpapakita ng mga shaft na lumulubog sa sediment at ang paggamit ng mga scaffolding bar at mga tabla upang maiwasan ang pagbagsak. Sa kaliwang larawan, ang baras ay nahukay sa lalim na 4 m hanggang sa isang bukas na lamat na humahantong sa 50 m ng daanan na may magagandang speleothems. Sa kanang imahe, ang pipe sa kaliwa ng figure ay na-install upang mapabuti ang bentilasyon. Walang naalis na sediment mula sa kuweba ngunit sa halip ay inilagay sa sako at isinalansan sa magagamit na espasyo. Pagkaraan ng humigit-kumulang 5 m, ang paghuhukay ay bumagsak sa bukas na daanan na may mataas na halagang pang-agham. Ang parehong mga paghuhukay ay nasa Sites of Special Scientific Interest at isinagawa nang may pahintulot mula sa mga awtoridad na ayon sa batas. Ang paghuhukay sa kanan ay nasa dulo ng isang palabas na kuweba at isinagawa nang may paghihikayat mula sa may-ari. Mga larawan ni Rob Eavis.*



*Ang upstream na pasukan ng Xe Bang Fai Cave, Hin Nam No National Park, Laos. Ang kuweba ay bukas para sa mga adventure tour mula noong 2012. Larawan ni John Spies.*

Ang karamihan sa mga kasangkot sa paggalugad ng kuweba ay naglalathala ng mga detalye ng kanilang mga natuklasan sa mga journal, newsletter o, lalong, online. Ang mga ulat na ito ay karaniwang naglalaman ng mga detalyadong mapa at paglalarawan na nagbibigay ng mahahalagang mapagkukunan ng impormasyon tungkol sa mga mapagkukunan ng kuweba. Sa maraming lugar ng karst, halos lahat ng nalalaman tungkol sa mga kuweba ay resulta ng mga pagsisikap ng grupo sa pag-caving. Bagama't ang ilang protektadong lugar ay umaasa sa komunidad ng caving para sa impormasyon sa kuweba at sa ilang mga kaso ay nakikipagtulungan sa kanila sa mga aspeto ng pamamahala, posible ang isang hindi gaanong reaktibong istilo ng pamamahala kung saan ang mga ahensya ng estado ay bumuo ng in-house na speleological na kadalubhasaan. Magagawa ito sa pamamagitan ng pag-employo ng mga dalubhasang siyentipikong kawani upang magpayo sa mga bagay na may kinalaman sa kuweba at sa pamamagitan ng pagpapaunlad ng kapasidad ng caving sa antas ng pagpapatakbo sa pamamagitan ng pagsasanay ng mga tauhan.

### *Recreational caving*

Ang recreational caving (kung minsan ay tinutukoy bilang sport caving) ay mahalagang 'pagpunta sa caving para lamang sa kasiyahan ng pagpunta sa caving' at kinabibilangan ng mga pagbisita sa mga kilalang kuweba. Dahil dito, ito ay katulad ng iba pang panlabas na paglilibang tulad ng paglalakad o pag-akyat. Sa maraming bansa sa Amerika at Europa, nagsimula ang recreational caving (kumpara sa paggalugad) noong unang bahagi ng ika-20 siglo CE at isinagawa sa mga club o grupo mula sa ilang magkakatulad na indibidwal hanggang sa malalaking organisadong katawan. Sa pagtaas ng kakayahang magamit ng mga personal na kagamitan, at partikular na kasunod ng paggamit ng mga static rope technique, naging posible para sa maliliit na bilang ng mga indibidwal na magsagawa ng mga pagbisita sa malalim at kumplikadong mga kuweba nang hindi umaasa sa isang club para sa suporta. Gayunpaman, sa ika-21 siglo CE, karamihan sa mga recreational caver sa buong mundo ay nananatiling miyembro ng kahit isang caving club. Ang pag-access sa mga kuweba ay isang pangunahing kinakailangan para sa recreational caving at sa maraming bansa ang mga caving club ay nagsama-sama upang bumuo ng mga rehiyonal o pambansang mga katawan na may pangunahing layunin ng pagpapanatili at paghangad na mapabuti ang pag-access sa kuweba, na karamihan ay nakakakita ng konserbasyon ng kuweba na may pantay na kahalagahan. Ang mga pambansang katawan ay karaniwang nagbibigay din sa mga miyembro ng insurance cover, gayundin para sa mga may-ari ng lupa na may mga kuweba sa kanilang ari-arian. Noong 1965, nabuo ang Union Internationale de Spéléologie (UIS) bilang internasyonal na katawan para sa caving at speleology, at noong Enero 2022, mayroong 57 miyembrong bansa. Sa loob ng UIS, mayroong Karst and Cave Protection Commission, ang mga miyembro nito ay nag-ambag sa Mga

alituntuning ito.



*Mga pinong straw speleothem sa Castle Grotto, Hollow Hill Cave, Waitomo, New Zealand. Ang mga ito ay protektado ng isang maingat na patakaran sa pag-access at minimal na epekto sa mga alituntunin sa caving. Larawan ni John Gunn.*

Bagama't karamihan sa mga recreational caver ngayon ay pinahahalagahan ang kagandahan, hina at siyentipikong kahalagahan ng kapaligiran sa ilalim ng lupa, hindi ito palaging nangyayari at maraming mga kuweba ang nagdusa ng matinding pinsala kapwa sinadya at sa pamamagitan ng kamangmangan. Ang isang partikular na problema noong ika-21 siglo CE ay isang pagtaas sa kung ano ang maaaring tawaging 'speed-caving', kung saan ang layunin ay maabot ang isang partikular na punto sa isang kuweba at bumalik sa ibabaw sa pinakamaikling posibleng panahon, na may kaunting pagsasaalang-alang ng mga potensyal na epekto sa yungib. Ang sinadyang paninira ay karaniwang kinasasangkutan ng pag-alis ng mga speleothem bilang mga souvenir, pagsira ng mga pagkakasunud-sunod ng clastic sediment sa panahon ng mga labanan sa putik o upang lumikha ng mga eskultura at slide, at ang inskripsiyon ng graffiti. Kung saan ang isang kuweba ay protektado, o matatagpuan sa isang protektadong lugar, kung minsan ay maaaring magsagawa ng legal na aksyon kung ang mga may kasalanan ay matukoy (nagkaroon ng matagumpay na pag-uusig sa USA), ngunit hindi nito kayang bayaran ang pagkawala. Sa timescale ng tao, ang mga speleothem at clastic sediment sequence ay hindi mapapalitan. Ang hindi sinasadyang pinsala ay nagreresulta mula sa hindi pag-unawa at paggalang sa kapaligiran ng kuweba. Sa partikular, maraming mga caver na agad na kumikilala sa halaga ng mga speleothems at ang pangangailangang protektahan ang mga ito sa pangkalahatan ay hindi nakakaunawa sa kahalagahang pang-aghamsa ng mga clastic sediment, sa halip ay tinatrato ang mga ito bilang 'putik'.

Mula sa kalagitnaan ng dekada 1990, ang pag-aalala sa mga epekto ng mga kuweba sa mga kuweba ay humantong sa pag-unlad sa maraming bansa ng Codes of Ethics, Cave Conservation Codes at Minimal Impact Caving Codes. Ang layunin ng mga code na ito ay hikayatin ang mga caver na pag-isipan ang bawat biyahe na kanilang gagawin sa mga tuntunin ng konserbasyon, pati na rin ang kaligtasan, na itinatampok ang mahalagang papel sa pag-iingat ng maraming pambansa at lokal na caving body. Sa isang bansang may itinatag na code, ang mga caver ay kailangang maging pamilyar at sundin ang code na iyon. Sa mga protektadong lugar, ang pagsunod sa code ay dapat na sapilitan. Sa mga bansang iyon kung saan walang itinatag na code, ang mga protected area manager ay dapat magtatag ng code para sa mga kuweba sa kanilang lugar na kumukuha ng nauugnay na materyal mula sa mga nai-publish na code. Ang mga halimbawa nito ay ibinigay sa ibaba.



## EXAMPLES OF CAVING CODES

**Ang International Union of Speleology (UIS)** ay mayroong 'Code of Ethics for Cave Exploration, and Science in Foreign Countries' [<https://uis-speleo.org/wp-content/uploads/2020/03/Code-of-Ethics-of-the-UIS-English-Language.pdf>]. Ang pamagat ay medyo nakaliligaw dahil ito ay isang mahalagang dokumento na sumasaklaw sa 'Caving Expeditions to Foreign Countries' pati na rin ang 'Adventure, Geo- and Eco- Tourism' at 'General caving in your own country'. Mayroon ding mga alituntunin para sa 'Development of Show Caves' at para sa 'Scientific Sampling', na parehong magkahiwalay na paksa sa dokumento ng UIS.

**Ang Australian Speleological Federation** ay gumawa ng isa sa pinakamaagang 'Minimal Impact Caving Codes' noong 1995 at ang pinakabagong bersyon (2010) ay nasa <https://www.caves.org.au/administration/codes-and-standards>. Ang code na ito ay nahahati sa dalawang seksyon: ang isa ay may kaugnayan sa mga pangkalahatang pagbisita sa kuweba at ang isa ay may kaugnayan sa paggalugad ng isang bagong tuklas na kuweba o seksyon ng kuweba.

**Ang British Caving Association (UK)** ay gumawa ng 'Minimal Impact Caving Guidelines' sa pakikipagtulungan sa Natural England, ang tagapayo ng UK Government para sa natural na kapaligiran sa England [<https://british-caving.org.uk/our-work/cave-conservation/>]. Ang mga alituntunin ay naglalayong bawasan ang epekto, ngunit kasama rin ang mga rekomendasyon para sa konserbasyon at pagpapanumbalik sa mga kuweba at sa ibabaw.

**Ang New Zealand Department of Conservation** ay may 'Caving care code' <https://www.doc.govt.nz/parks-and-recreation/things-to-do/caving/caving-guidelines/> na nagtataguyod ng caving sa paraang pinapaliit ang epekto sa kapaligiran at sa ibang tao.

**Ang National Speleological Society (USA)** ay may set ng 'Minimum-Impact Caving Guidelines' na regular na ina-update, pinakamakailan noong Pebrero, 2021, upang isaalang-alang ang Covid pandemic [<https://caves.org/conservation/cavingcode.shtml>]. Ang mga may-akda ay gumawa ng mahalagang punto na ang mga alituntunin ay dapat na i-update habang mas marami ang natutunan tungkol sa mga kapaligiran ng kuweba at sinusuri at muling tinukoy ng mga kuweba ang kanilang pag-uugali sa pag-caving.

Noong unang bahagi ng kalagitnaan ng ika-20 siglo, karaniwan na ang impormasyon sa kuweba, kabilang ang mga lokasyon ng pasukan, ay limitado sa mga miyembro ng mga caving club, na nagbigay ng antas ng proteksyon. Ito ay nangyayari pa rin sa ilang mga bansa, lalo na para sa mga marupok na kuweba o mga kuweba na sumasailalim sa paggalugad. Sa USA, ang 1988 Federal Cave Resources Protection Act ay sumasaklaw sa mga kuweba sa mga pederal na lupain, na nagsasaad na ang lokasyon ng mga mahahalagang kuweba ay maaaring hindi magagamit sa publiko. Gayunpaman, sa ibang lugar, ang paglaki ng interes sa recreational caving ay humantong sa paglalathala ng mga guidebook na nagbibigay ng basic at, sa ilang mga kaso, medyo detalyadong impormasyon sa lokasyon. Ang internet ay nakakita ng malaking pagtaas sa pagkakaroon ng impormasyon sa kuweba, kabilang ang mga eksaktong lokasyon ng pasukan na nagbibigay-daan sa sinumang may GPS na madaling mahanap ang mga ito. Kasabay nito, nagkaroon ng napakalaking paglago sa paggamit ng social media at kasama nito ang paglaki ng bilang ng mga indibidwal at grupo na kulang sa pagsasanay o karanasan, ngunit nagpasya na bumisita sa mga kuweba at mag-post ng mga video ng kanilang mga pagbisita online. Ang isang hindi maiiwasang kahihinatnan ay ang pagdami ng mga aksidente at pinsala sa mga kuweba na parehong sinadya, tulad ng graffiti at ang pag-alis ng mga 'souvenir', at hindi sinasadya kabilang ang hindi pagsunod sa mga ruta sa paligid ng mga clastic sediment o mga lugar na may masaganang speleothems, pati na rin ang mga pagtatangka na itala ang ruta palabas ng kuweba gamit ang mga cairn o pagmamarka ng mga pader ng kuweba. Ang ganitong uri ng aktibidad ay nagbibigay ng partikular na hamon para sa mga protected area manager dahil ang mga indibidwal ay hindi bahagi ng caving community at samakatuwid ay walang alam sa mga cave conservation code. Maaaring makatulong ang signage sa mga pasukan ng kuweba o sa loob ng mga kuweba, ngunit ang tanging paraan upang magbigay ng ganap na proteksyon ay ang pag-secure ng pasukan sa kuweba o pag-access sa (mga) sensitibong lugar sa loob ng kuweba (tingnan ang klasipikasyon ng Cave bilang isang tool sa pamamahala). Ang disenyo ng mga gate ng kuweba ay nangangailangan ng maingat na pagsasaalang-alang upang matiyak na ang mga ito ay ligtas, at hindi kinakailangang makabawas sa estetika ng site, makahahadlang sa paggalaw ng fauna, hangin o tubig, o hadlangan ang pagkuha ng isang nasugatan na tao.

Ang diving sa kuweba ay kadalasang isang tool sa paggalugad at, dahil dito, tinatalakay sa paggalugad at dokumentasyon ng Cave, ngunit sa ilang mga bansa, ay ginagawa bilang isang libangan sa sarili nitong karapatan.

Sa kaibahan sa exploratory cave diving, na kadalasang ginagawa ng mga indibidwal na may karanasan sa caving, ang recreational cave diving ay kadalasang ginagawa ng mga open-water diver na maaaring hindi lubos na nauunawaan ang mga panganib na idinudulot ng kweba sa kanila o ang mga panganib na idinudulot nila sa kapaligiran sa ilalim ng tubig na kuweba.



*Lake Chandelar, Lechuguilla Cave, Carlsbad Caverns National Park World Heritage Property, New Mexico, USA. Dahil ang kuweba ay may mataas na pang-aham na halaga at madaling mapinsala ng mga explorer, ang access ay limitado sa mga aprubadong siyentipikong mananaliksik, survey at exploration team, at mga biyaheng nauugnay sa pamamahala ng National Parks Service. Na-publish ang isang plano sa pamamahala (tingnan ang Mga Mapagkukunan ng Internet). Larawan ni Rainer Straub.*

Ang mga recreational caver na kasangkot sa sport sa loob ng higit sa ilang taon ay kadalasang dalubhasa sa mga aspeto ng speleology, tulad ng underground photography, cave mapping, cave rescue, cave science o cave exploration. Ito ay may mas malawak na mga benepisyo, dahil ang cave photography ay maaaring makatulong sa pagpapaunlad ng kamalayan ng komunidad sa mga halaga ng kuweba, pagsuporta sa mga pagsisikap sa konserbasyon; Ang mga mapa ng kuweba ay mahahalagang kasangkapan para sa mga tagapamahala, siyentipiko at mga tauhan ng pagsagip; Ang paghahanda sa pagsagip ay may mga benepisyo sa kaligtasan at pangangalaga; at ang mga pakikipagtulungan sa pagitan ng mga caver at scientist ay nagdaragdag sa aming kaalaman sa mga sistemang ito at binabawasan ang panganib ng mga kuweba na maapektuhan ng mga mananaliksik. Ang mga grupo ng caving ay kilala rin na nagpapasimula ng mga proyekto ng 'karstcare' upang linisin ang mga basura sa kweba o ibalik ang mga nasirang tampok. Bagama't iba-iba ang mga saloobin ng mga caver, maraming mga halimbawa ng lubos na nakabubuo na mga ugnayan sa pagitan ng pamamahala at mga lokal na grupo ng caving. Ang pagbuo ng mga ugnayang ito ay may malinaw na mga benepisyo, hindi ang pinakamaliit na hinihikayat nito ang pagsunod sa mga kundisyon sa pag-access. Ang ilang mga protektadong lugar ay nilalapitan ito sa isang nakaayos na paraan sa pamamagitan ng pagsali sa mga stakeholder sa mga komite sa pamamahala ng kuweba o mga nagtatrabahong grupo. Lumilikha ito ng mga pagkakataon para sa pag-uusap tungkol sa mga pinagtatalunang isyu kabilang ang susi para sa maraming caver, mga paghihigpit sa pag-access sa kuweba. Ang anumang pagpapataw ng mga bagong paghihigpit sa pag-access ay malamang na negatibong matatanggap, at maaaring hindi masunod kung ang katwiran ay hindi naiintindihan ng komunidad ng caving.

### *Adventure caving*

Ang adventure caving (tinukoy din bilang 'instructed caving' o 'wild caving') ay sumasaklaw sa isang malawak na hanay ng napakababang susi sa lubos na organisadong komersyal na mga karanasan sa ilalim ng lupa. Marami sa

mga nag-aalok ng karanasan sa adventure caving ay mga freelance (self-employed) na instruktur na gumaganap ng katulad na tungkulin sa mga gabay sa bundok at trail, at iba pang nauugnay na trabaho sa ibabaw. Ang mga miyembro ng publiko na gustong magkaroon ng karanasan sa caving at, mas karaniwan, ang mga recreational caver na gusto ng gabay sa isang kumplikadong sistema ng kuweba, ay gumagamit ng mga instruktur na nagbibigay ng lahat ng kinakailangang kagamitan para sa napiling kuweba. Ang mga caving instructor ay nagtatrabaho din sa mga panlabas na sentro ng edukasyon na higit na tumutugon sa mga grupo ng paaralan, bagama't mayroon ding mga sentro at grupo na nagbibigay ng corporate 'team-building' at 'management' na mga karanasan sa mga nasa hustong gulang. Bilang karagdagan, nag-aalok ang ilang show cave ng adventure caving bilang pandagdag sa (mga) tour na available sa pangkalahatang publiko. Bagama't ang karamihan sa mga cave instructor ay tumatanggap ng bayad para sa kanilang mga serbisyo, may ilan na nagbibigay ng adventure caving experience sa isang boluntaryong kapasidad, lalo na para sa mga organisasyon tulad ng Scout Movement.



*Ang Brejões Cave, sa semi-arid na Brazil, ay madalas na ginagamit para sa adventure turismo. Mayroon itong malalaking sipi at napakalaking speleothem. Larawan ni Philippe Crochet.*

Sa mga binuo na bansa, ang mataas na antas ng pagsasanay sa kaligtasan para sa mga instruktur ay kadalasang isang pambatasan o kinakailangan sa seguro. Sa Australia at New Zealand, ang mga instruktur ay kinakailangang magsagawa ng partikular na pagsasanay, kadalasan sa pamamagitan ng isang taong full-time na kurso na sumasaklaw sa lahat ng aspeto ng paggabay sa pakikipagsapalaran, kabilang ang first aid, rescue at interpretasyon. Bagama't ang kaligtasan ng mga ginagabayan ay pinakamahalaga, mahalaga na bigyan ng pantay na bigat ang kaligtasan ng kuweba, na binibigyang-diin ang kahalagahan ng pag-iingat ng geoheritage at ecosystem. Sa kasamaang palad, ang ilang mga kuweba ay nagtataglay pa rin ng mga marka ng nakaraang masamang kasanayan, noong karaniwan na para sa mga instruktur na hikayatin ang kanilang grupo na lumahok sa mga labanan sa putik, upang 'pahusayin' ang karanasan sa ilalim ng lupa. Nagresulta ito sa pinsala sa mahahalagang clastic sediment at putik na nakadikit sa speleothems at mga pader ng kuweba.

Kung saan mayroong pambansang caving body, ang organisasyong ito ay malamang na pinakamahusay na nakalagay upang magbigay ng sertipikasyon ng magtuturo at upang matiyak na ang kaligtasan at konserbasyon ay binibigyan ng pantay na atensyon. Ang British Caving Association (BCA) ay nag-aalok ng dalawang pambansang kinikilalang certification para sa mga caving instructor at mga gabay na namumuno sa mga tao sa ilalim ng lupa – ang Local Cave and Mine Leader Assessment Scheme (LCMLA) at ang Cave Instructor Certificate (CIC). Ang LCMLA Scheme "ay nagbibigay ng parangal na kumikilala sa kakayahan ng mga nagnanais na kumuha ng responsibilidad para sa iba sa ilalim ng lupa, para sa kapakinabangan ng mga employer o iba pang may awtoridad. Ang mga

pangunahing pagsasaalang-alang ay ang kaligtasan ng grupo at ang pangangalaga ng isang marupok na kapaligiran". Mayroon ding mga lokal na grupo ng mga instruktur sa United Kingdom, tulad ng Peak Instructed Caving Affiliation (PICA), na sumasaklaw sa English Peak District caving area at kaakibat sa Derbyshire Caving Association, isa sa mga regional council ng BCA. Bahagi ng PICA remit ay "Upang ipalaganap ang impormasyon sa kaligtasan at konserbasyon tungkol sa mga kuweba at minahan na magagamit para sa LCMLA at CIC led trip sa ating rehiyon".



*Kasama na ngayon sa adventure caving ang mga pagbisita sa mga ice cave na may sariling espesyal na hanay ng mga hamon. Eiskogelhöhle, Austria. Larawan ni Csaba Egri.*

Napakahalaga ng pagtukoy sa mga site na maaaring gamitin para sa mga biyaheng pinangungunahan ng instructor dahil tahasan nitong kinikilala na may mga site na maaaring hindi angkop para sa adventure caving dahil may mga hindi katanggap-tanggap na panganib sa kaligtasan para sa mga hindi nakaranas ng mga caver o dahil may panganib ng pinsala sa kapaligiran sa ilalim ng lupa. Ang isang komplementaryong diskarte sa mas malawak na mga kuweba ay ang pagsasagawa ng pagsusuri sa kahinaan at gamitin ito upang hatiin ang mga kuweba sa mga sona. Ang mga passage na iyon na itinuturing na matatag, na may kaunting mga kagiliw-giliw na tampok na madaling masira, ay maaaring i-zone para sa uri ng adventure caving na kinasasangkutan ng mga indibidwal na may kaunti o walang dating karanasan sa ilalim ng lupa. Ang mga passage na may katamtamang halaga ay malamang na angkop lamang para sa adventure caving kung ang mga kalahok ay may ilang karanasan o kung ang ratio ng (mga) instruktur sa mga kalahok ay tulad na ang panganib ng pinsala ay maaaring mabawasan. Magkakaroon ng ilang kweba, at ilang lugar ng kweba, kung saan ang panganib ng pinsala sa geoheritage o ecosystem ay napakataas na hindi angkop para sa adventure caving. Sa pagsasagawa ng mga pagsusuri sa kahinaan, mahalagang isaalang-alang ang kapasidad ng pagdadala ng isang kuweba, dahil ang pagbisita ng tao ay tiyak na may pinagsama-samang epekto sa parehong pisikal at biyolohikal na mga halaga ng isang kuweba o seksyon ng kuweba.

Bagama't ang mga maliliit na aktibidad ay tumutukoy sa karamihan ng adventure caving sa buong mundo, dumarami ang bilang ng mga komersyal na negosyo na nag-aalok ng maaaring tawaging 'high-end' na mga karanasan sa adventure caving, halimbawa, ang mga nag-aalok ng 'blackwater rafting' at mga katulad na karanasan sa ang Waitomo area ng New Zealand. Ang isa sa pinakamahaba, at pinakamahal, guided cave tour ay ang apat na araw na karanasang inaalok ng Oxalis Adventure Company sa Hang Son Doong, Vietnam, na may isa sa pinakamalaking daanan ng kweba sa mundo ayon sa dami at nasa loob ng Phong Nha-Ke. Bang National Park at World Heritage Property. Ang mga komersyal na negosyong ito ay may higit na pagkakatulad sa mga palabas na kuweba kaysa sa

iba pang mga anyo ng pakikipagsapalaran caving, dahil nangangailangan sila ng malaking pamumuhunan sa imprastruktura, mataas ang bilang ng mga bisita at kadalasan ay mayroong makabuluhang pagbabago sa imprastruktura ng kuweba upang mapabuti ang kaligtasan o magdagdag sa karanasan ng bisita. Kasama sa mga halimbawa ang pag-install ng mga fixed climbing aid at ng mga zipline sa loob ng kuweba.

### *Cave classification as a management tool*

Upang mapamahalaan ang mga kuweba, kinakailangan na 1) magkaroon ng imbentaryo ng mga kuweba at ang mga nilalaman nito at 2) magkaroon ng sistema ng pag-uuri upang matukoy ang pagiging angkop para sa iba't ibang gamit. Para sa mga kuweba kung saan may pinaghihigpitang hanay ng mga tampok o limitadong pahalang o patayong lawak, ang buong kuweba ay ang lohikal na yunit ng pamamahala para sa maraming layunin. Gayunpaman, para sa mas mahahabang kuweba, at partikular sa mga may markang panloob na pagkakaiba-iba sa kanilang mga halaga at pagiging sensitibo sa mga epekto ng bisita, malamang na maging mas naaangkop ang isang diskarte sa pag-zoning. Halimbawa, ang isang aktibong stream na daanan na napapailalim sa regular na pagbaha, ay malamang na maging mas matatag sa mga epekto ng bisita kaysa sa isang tuyong itaas na antas ng daanan. Kung isasaalang-alang ang buong antas ng kuweba, dapat isaalang-alang ang site na may kaugnayan sa agarang lugar na nakapaligid dito, sa natitirang bahagi ng karst area kung saan ito matatagpuan, at sa pambansa at pandaigdigang konteksto nito. Sa loob ng kuweba, ang sumusunod na diskarte ay inirerekomenda para sa mga kuweba at mga protektadong lugar kung saan walang sistema sa kasalukuyan:

1. Magsagawa ng imbentaryo ng (mga) kuweba at markahan ang mga tampok ng partikular na interes sa isang survey.
2. Suriin ang kahinaan ng bawat uri ng tampok, ibig sabihin, ang morphology ng cave passage ay karaniwang matatag, samantalang ang speleothems at clastic sediment ay mas malamang na madaling masira.
3. Tukuyin ang mga potensyal na gamit ng kuweba, gaya ng para sa Recreational Caving, Guided Adventure Caving, Exploration at Research.
4. Batay sa mga puntos 1 hanggang 3, tukuyin ang mga sona sa loob ng kuweba na angkop para sa mga partikular na gamit. Ang isang simpleng pamamaraan na maaaring gamitin upang umangkop sa mga lokal na salik ay ang pagbibigay ng marka sa mga sipi o mga lugar ng kuweba bilang:
  - *A – Mababang sensitivity.* Mga lugar ng kuweba na itinuturing na matatag at kayang tiisin ang lahat maliban sa sadyang pagkasira. Ang mga ito ay angkop para sa lahat ng gamit.
  - *B – Katamtamang sensitivity.* Mga lugar kung saan may mga kagiliw-giliw na tampok na madaling masira maliban kung ginagamit ang mga pangunahing pag-iingat at pangangalaga. Ang mga lugar na ito ay angkop para sa mga recreational caver na nakakaalam, at sumusunod sa, isang minimal na epekto ng caving code. Hindi angkop ang mga ito para sa panimulang adventure caving ngunit maaaring tumanggap ng maliliit na grupo ng adventure caver na may angkop na kwalipikadong pinuno. Ang paggalugad na may layuning maghanap ng bagong daanan at siyentipikong pananaliksik ay maaaring payagan, napapailalim sa isang panukala sa proyekto at pagtatasa ng epekto.
  - *C – Mataas na sensitivity.* Mga lugar na may mataas na halaga, madaling masira ang mga tampok. Ang paggamit ng mga lugar na ito ay dapat mabawasan at dapat mayroong mga kontrol upang mabawasan ang mga epekto. Maaaring kailanganin ng mga recreational caver na magbigay ng magandang dahilan para sa paghiling ng access (i.e., photography) at maaaring kailanganin na bisitahin ang isang pinuno na may partikular na kaalaman sa kuweba o sa mga kawili-wiling tampok nito. Ang paggalugad na may layuning maghanap ng mga bagong sipi at para sa siyentipikong pananaliksik ay dapat lamang pahintulutan pagkatapos ng isang paraan ng pagsusuri sa 'cost-benefit' na tinatasa ang panganib ng pinsala laban sa posibilidad ng isang matagumpay na resulta at ang halaga ng mga natuklasan.
  - *X – Sobrang Sensitibo.* Isang seksyon ng kuweba na may napakataas na halaga kung saan may mataas na peligro ng pinsala. Dapat na walang limitasyon ang mga seksyong ito maliban sa mga pambahirang pagkakataon, ibig sabihin, pananaliksik na naglalayong maunawaan ang isang partikular na feature sa sensitibong lugar.

## *Pagsagip sa Kuweba*

Tulad ng lahat ng anyo ng panlabas na libangan, may panganib na mangyari ang isang insidente sa isang kuweba na naglalagay sa isang indibidwal o indibidwal sa isang posisyon kung saan kailangan silang igitas. Mayroong apat na pangunahing layunin na panganib sa mga kuweba: hypothermia, pagbagsak ng materyal, tubig-baha at mga mapanganib na gas. Ang lahat ng iba pang mga panganib ay subjective at konektado sa mga bisita. Kasama sa mga halimbawa ang mga medikal na emerhensiya, tulad ng atake sa puso, na maaaring mangyari sa ibang lugar ngunit nangyayari habang nasa ilalim ng lupa ang indibidwal, isang indibidwal o grupo na pumapasok sa isang kuweba at hindi mahanap ang kanilang daan pabalik sa pasukan o nakulong ng tubig baha, at mga aksidente. na nagreresulta sa pagiging incapacitated ng isang tao. Sa karamihan ng mga bansa kung saan may mahabang kasaysayan ng caving, may mga pambansa o lokal na organisasyon ng pagliligtas sa kuweba na direktang nagsasagawa ng pagliligtas sa ilalim ng lupa o tumutulong sa mga serbisyong pang-emerhensiya ng estado sa pagsasagawa ng pagliligtas. Ang mga pagliligtas sa kuweba ay karaniwang mahirap, lalo na kung ang mga ito ay nagsasangkot ng transportasyon ng isang nasugatan na tao, at may potensyal na maapektuhan ang kuweba. Ang unang priyoridad sa anumang pagsagip ay ang kaligtasan at kagalingan ng mga rescuer at ng mga nasagip ngunit, hangga't ito ay magagawa, ang pagliligtas ay dapat na may kaunting epekto sa kapaligiran ng kuweba. Kung saan ang rescue team ay karamihan o ganap na binubuo ng mga may karanasan na mga caver, gugustuhin nilang bawasan ang kanilang mga epekto sa kuweba at mayroong kahit isang 'Minimal Impact Cave Rescue Code', na ginawa noong 2006 ng Australian Cave Rescue Commission na may isang malaking rebisyon sa 2019 (tingnan ang Mga Mapagkukunan ng Internet).

## *Biological na epekto ng pagbisita sa kuweba*

Ang mga kuweba ay nagbibigay ng tirahan para sa iba't ibang mga hayop. Ang mga paniki ay ang pinakakilala at pinakalaganap sa buong mundo. Ang iba pang kapansin-pansing vertebrates ay ang cave fish at salamanders, habang ang mga specialized na cave-adapted invertebrate ay ang pinakakaraniwan. Marami sa mga hayop na ito ay may lubos na pinaghihigpitang pamamahagi. Ang aktibidad ng caving ay maaaring direktang makaapekto sa mga hayop sa kuweba, tulad ng sa kaso ng maliliit na invertebrate na nasugatan o inilipat ng mga taong lumilipat sa isang kuweba, o hindi direkta, tulad ng sa kaso ng pagpapakilala ng mga pathogen, nutrients o sa pamamagitan ng mga pagbabago sa tirahan. Ang mga kahihinatnan para sa biodiversity ng mga epektong ito ay malamang na hindi lubos na pahalagahan nang walang sapat na pananaliksik. Kabilang sa mga potensyal na estratehiya sa konserbasyon ang mga plano sa konserbasyon ng mga species; mga produkto ng impormasyon upang itaas ang kamalayan ng minimal na epekto sa mga kasanayan sa caving para sa proteksyon ng fauna; pagpapanumbalik ng tirahan; at mga paghihigpit sa pag-access sa mga kritikal na tirahan sa pamamagitan ng zoning. Ang ilang mga kuweba ay katamtaman o mababang-enerhiya na kapaligiran, na may kaunting input ng enerhiya sa timescale ng tao. Ang pagpasok ng isang kuweba sa mga kuwebang ito ay maaaring magbago ng balanse ng enerhiya sa pamamagitan ng pag-apekto sa init, liwanag, at mga sustansya dito. Ang isang kadahilanan na naging maliwanag lamang mula noong 1990s ay ang potensyal na pagpapakilala ng microflora at microfauna ng mga caver. Ang mga epekto ng mga bisita sa mga kuweba sa pangkalahatan ay pinagsama-sama at medyo posibleng synergistic.

Sa kaibahan sa mga kaguluhan sa mga surface site, ang mga bakas o epekto ng mga aktibidad ng tao sa medium o low-energy na underground na kapaligiran ay maaaring tumagal ng daan-daan o kahit libu-libong taon. Halimbawa, ang pinaniniwalaan na isang Cro-Magnon footprint, hanggang 48,000 taong gulang, ay natuklasan sa ibabaw ng isang deposito ng sediment sa Chauvet Cave, France. Ang partikular na alalahanin ay ang White-nose Syndrome (WNS), isang napaka-nakakahawang fungal disease na pumatay ng milyun-milyong paniki na naninirahan sa kuweba sa North America at sa iba pang lugar mula noong unang lumitaw noong 2006. Ito ay sanhi ng fungus na *Pseudogymnoascus destructans*, na naging nakilala sa mga paniki sa parehong Europa at China nang hindi nagdudulot ng pagbaba ng populasyon. Mas pinipili ang mataas na halumigmig, lumalaki ito at negatibong nakakaapekto sa mga paniki na naninirahan sa kuweba habang sila ay nasa torpor. Ang mga nakikitang sintomas ay kinabibilangan ng malabong puting mga patch sa ilong ng paniki at puting mga patch sa katawan at mga pakpak. Madalas itong nakamamatay. Ang fungus ay unang natagpuan sa isang North American show cave, na nagmumungkahi na maaaring ito ay ipinakilala sa mga sapatos

ng isang turista mula sa ibang bansa. Maaaring maikalat ng mga tao ang fungus mula sa isang hibernation cave patungo sa isa pa sa pamamagitan ng aksidenteng pagdadala ng fungus sa sapatos, damit o caving gear. Ang mga turistang bumibisita sa mga kuweba ng palabas ay maaari ring kumalat nang malawakan ng sakit. Ang mga pamamaraan tulad ng mga istasyon ng paglilinis ng kasuotan sa paa ay naitatag na ngayon sa mga palabas na kuweba tulad ng Mammoth Cave sa Kentucky, at malawak na pinagtibay ng mga recreational caver sa buong

Estados Unidos at ilang iba pang mga bansa. Ang mga pamamaraan sa pag-decontaminate ng caving gear at kagamitan ay iminungkahi ng WNS Decontamination Team (tingnan ang Internet Resources). Bagama't ang mga pamamaraang ito ay tugon sa isang partikular na problema, inirerekomenda ang mga ito para sa lahat ng mga kuweba, lalo na sa mga bumibisita sa Mga Protektadong Lugar. Gayunpaman, ang pangunahing paghahatid ng WNS ay mula sa paniki patungo sa paniki. Maraming mga paniki ang mga sosyal na mammal at lumilipat mula sa mga lugar ng pagpapakain sa tag-araw patungo sa mga kweba ng nursery, pagkatapos ay sa mga lugar ng taglamig sa hibernation. Ang fungus ay matatagpuan kapwa sa mga paniki gayundin sa mga sediment sa loob ng kapaligiran ng kuweba.

Bilang karagdagan sa potensyal para sa mga caver na hindi sinasadyang makaapekto sa microbiology ng kuweba, sa ilang bahagi ng mundo ang pagpasok sa mga kuweba ay nagdudulot ng potensyal na panganib sa kalusugan ng tao. Ang pinakalaganap at kilalang panganib ay mula sa histoplasmosis, isang impeksiyon na dulot ng paghinga sa mga spore ng fungus na kadalasang matatagpuan sa mga dumi ng ibon at paniki. Ang mga paniki ay maaari ding mga vector ng iba pang mga sakit at dapat lamang pangasiwaan ng mga may karanasang indibidwal na nagsasagawa ng aprubadong pananaliksik. Ang mga panganib sa kalusugan ay dapat maging bahagi ng anumang pagtatasa ng panganib para sa isang kuweba.

### *Mga pamamaraan sa pag-decontaminate ng caving gear at kagamitan*

Para sa mga bagay na nalulubog sa tubig:

- Linisin nang husto ang caving gear sa pamamagitan ng pag-alis ng lahat ng dumi at dumi.
- Ilubog sa mainit na tubig, pinapanatili ang temperatura na higit sa 55 °C sa loob ng hindi bababa sa 20 minuto.

Para sa mga bagay na hindi nalulubog sa tubig:

- Disimpektahin gamit ang 6% hydrogen peroxide spray o isopropanol disinfectant wipes.
- Ang mga bota ay dapat na kuskusin upang alisin ang lahat ng putik at dumi, pagkatapos ay isterilizado tulad ng nasa itaas.

Anumang gear na dinala sa mga kweba na posibleng nahawahan, at hindi maaaring gamutin gamit ang naaangkop na mga pamamaraan ng pag-decontamination, ay HINDI dapat dalhin sa ibang mga lugar ng kuweba o kuweba sa ibang mga bansa. Hindi papayagan ng ilang protektadong lugar ang mga kagamitan na nasa mga kweba na posibleng nahawahan, kahit na na-decontaminate.

### *Mga hindi sinasadyang gumagamit ng mga kuweba*

Noong ika-21 siglo CE, ang patuloy na tumataas na pangangailangan para sa 'mga karanasan sa pakikipagsapalaran' ay humantong sa ilang mga kuweba na ginagamit bilang bahagi ng mga kaganapan sa pagtakbo, at may mga pagkakataon kung saan ang mga de-motor na sasakyan ay ginagamit sa mga kuweba. Ang mga tumatakpong event na nagaganap sa mga show cave at gumagamit ng kasalukuyang imprastruktura ay malamang na hindi magkaroon ng malaking karagdagang epekto na higit pa sa mga naranasan na. Ang parehong naaangkop sa pagtakbo sa mga walkway na dumadaan sa mga relict cave na bumubuo ng mga natural na arko. Gayunpaman, ang paggamit ng mga ligaw na kuweba para sa ganitong uri ng kaganapan, o para sa iba pang mapagkumpitensya o palakasan na mga kaganapan, ay hindi dapat pahintulutan dahil imposibleng maiwasan ang pinsala sa geoheritage at ecosystem. Ang mga katulad na pagsasaalang-alang ay nalalapat sa paggamit ng mga de-kuryenteng sasakyan sa ilalim ng lupa dahil bagama't may mahabang kasaysayan ng paggamit ng mga ito sa ilang palabas na kuweba, ganap na hindi naaangkop na payagan ang anumang uri ng de-motor na sasakyan sa mga ligaw na kuweba dahil sa pinsalang tiyak na magrerresulta.

### *Mga Alituntunin*

*(12) Ang isang imbentaryo ng mga kuweba ay kanais-nais bilang batayan para sa pamamahala. Ang mga tampok ng partikular na interes sa bawat kuweba ay dapat na matukoy sa isang mapa.*

- (13) *Ang pagtatasa ng panganib ay kanais-nais at dapat sumaklaw sa mga grupo ng mga kuweba, mga indibidwal na kuweba, o mga seksyon sa loob ng isang kuweba na naaangkop sa lugar. Dapat saklawin ng pagtatasa ang parehong panganib sa mga taong explorer at ang panganib na dulot ng mga taong explorer sa kuweba. Ang kahinaan ng bawat uri ng tampok ay dapat masuri upang mapadali ang pagkilala sa mga kuweba, o mga zone sa loob ng mga kuweba na angkop para sa mga partikular na gamit.*
- (14) *Ang pamamahala sa mga epekto ng caving ay pinakamainam na lapitan sa pamamagitan ng proseso ng estratehikong pagpapalano na may pakikilahok sa stakeholder. Ang isang naaangkop na diskarte ay malamang na nangangailangan ng isang kumbinasyon ng mga inisyatiba, kung saan ang patakaran sa pag-access ay palaging gaganap ng isang mahalagang papel.*
- (15) *Ang sinumang instruktur na nag-aalok ng adventure caving ay dapat makapagbigay ng katibayan na nakatanggap sila ng sapat na pagsasanay sa mga aspeto ng kaligtasan at sa konserbasyon ng kuweba.*
- (16) *Ang lahat ng mga caver ay dapat na inaasahan na pamilyar sa, at sundin, ang isang minimal na epekto ng caving code (MICC). Kung saan walang pambansa o panrehiyong MICC na nalalapat sa isang protektadong lugar, isang partikular na code ang dapat na malikha batay sa mga nai-publish na code.*
- (17) *Ang paghuhukay, orihinal na pagsaliksik at pagsasaliksik sa mga kuweba sa loob ng mga protektadong lugar ay dapat kontrolin alinman sa pamamagitan ng mga partikular na kasunduan o sa pamamagitan ng pag-aatas ng mga permit.*
- (18) *Ang mga protektadong tagapamahala ng lugar ay inirerekumenda na gumawa ng isang plano na maaaring ipatupad sakaling magkaroon ng aksidente sa pag-caving sa lugar. Ang plano ay dapat na iguhit na may paglahok mula sa rehiyonal o pambansang katawan ng caving at ng mga katawan ng estado na responsable para sa aksidente at mga sitwasyong pang-emerhensiya, at dapat magsama ng mga alituntunin upang mabawasan ang epekto ng pagsagip sa kuweba at sa ibabaw.*
- (19) *Ganap na hindi naaangkop na payagan ang anumang anyo ng de-motor na transportasyon sa mga ligaw na kuweba at ang mga ligaw na kuweba ay hindi dapat gamitin para sa mga running event o para sa iba pang uri ng sporting event.*

## Show caves

### Panimula

Sa dokumentong ito ginagamit namin ang mga terminong nagpapakita ng kuweba at yungib ng turista nang magkapalit upang ilarawan ang isang kuweba kung saan maaaring makakuha ng access ang publiko sa pagbabayad ng bayad. Ang ilan sa mga kuwebang ito ay pagmamay-ari at/o pinamamahalaan ng mga awtoridad ng pederal, estado o lokal na pamahalaan. Ang ilang show cave na pag-aari ng gobyerno ay pinamamahalaan ng mga concessionaires habang marami pang ibang show cave ang pribadong pag-aari at pinamamahalaan. Sa karamihan ng mga protektadong lugar, magkakaroon lamang ng ilang show cave, na ang karamihan sa mga site ay ginagamit para sa adventure o recreational caving (tingnan ang Recreational at adventure caving). Ang mga kuweba na ginagamit para sa mga layuning panrelihiyon, tulad ng mga dambana o simbahan ay maaaring ituring na isang espesyal na uri ng palabas na kuweba. Ang pagsasama-sama ng mga kuweba at mga gawaing panrelihiyon (kabilang ang shamanismo) ay karaniwan sa maraming relihiyon at ang ilang mga kuweba ay ginawang mga lugar ng pagsamba. Ang mga kuwebang ito ay lalo na madalas sa mga bansang Katoliko at Budista at tumatanggap ng malaking bilang ng mga bisita, kabilang ang parehong mga turista at mga taong gustong magdasal o sumamba (tingnan ang Ilang mga halaga ng karst at mga kuweba). Ang antas ng pagbabago ay malawak na nag-iiba, mula sa mga simpleng silungan o grotto na may mga relihiyosong imahe hanggang sa malalaking kapilya. Ang ilang mga kuweba ay ginagamit bilang mga simbahan, na may mga seating area, mga altar at mga dambana at may mga regular na misa at isang itinalagang pari. Ang mga kuweba na ginagamit para sa mga gawaing panrelihiyon ay karaniwang kinokontrol ng mga awtoridad ng relihiyon at ang mga epekto ng paggamit nito sa kapaligiran ng kuweba ay bihirang



isinasaalang-alang. Samakatuwid, ang natitira sa kabanatang ito ay tumatalakay lamang sa hindi relihiyosong paggamit ng kuweba, bagama't ang mga prinsipyo ay pantay na naaangkop sa mga kuweba na ginagamit para sa mga layuning pangrelihiyon.

Ang International Show Caves Association (ISCA) ay bumuo ng 'Recommended International Guidelines for the Development and Management of Show Caves' kaugnay ng IUCN at UIS (tingnan ang Internet Resources). Ang layunin ng mga rekomendasyong iyon ay magbigay ng gabay sa pinakamahuhusay na kagawian para sa pagbuo at pamamahala ng mga show cave, saanman sila matatagpuan sa mundo. Hindi layunin ng Inirerekumendang Internasyonal na Mga Alituntunin na lumikha ng mga mahigpit na panuntunan, o ang mga ito ay ipakahulugan bilang mga batas. Ang mga ito ay mga patnubay para sa isang propesyonal na diskarte sa pagpapaulad at pamamahala ng kuweba. Maraming palabas

Ang mga kuweba ay tumatakbo nang mga dekada at ang ilan ay daan-daang taon na. Sa kanilang mga alituntunin, kinikilala ng ISCA na ang mga kasalukuyang show cave ay maaaring mahirapan, at sa ilang mga kaso imposible, na sumunod sa lahat ng Inirerekumendang Internasyonal na Mga Alituntunin. Sa mga kasong ito, ang Mga Alituntunin ng ISCA ay nagbibigay ng mga halimbawa ng pinakamahuhusay na kasanayan at mga pamantayan na maaaring gawin sa paglipas ng panahon.

Ang Inirerekumendang Internasyonal na Mga Alituntunin ay dapat ituring na tiyak na pinagmumulan para sa pagpapaulad ng show cave at pinakamahuhusay na kagawian sa pamamahala at nilayon na panatilihin sa isang na-update na format upang isaalang-alang ang mga bagong impormasyon at natuklasan. Ito ay partikular na mahalaga sa mga protektadong lugar kung saan dapat pangasiwaan ang mga show cave sa pinakamataas na posibleng pamantayan at magbigay ng mga halimbawa sa mga show cave na iyon na tumatakbo sa labas ng mga protektadong lugar. Kung saan kinakailangan na palitan ang imprastruktura, halimbawa, dapat itong gawin pagkatapos masuri ang pinakamahuhusay na opsyon para sa kapaligiran ng kuweba sa halip na simpleng palitan ng 'like for like'.



*Ang Malaking Kwarto sa landas ng turista sa Carlsbad Cavern, New Mexico, USA. Ito ang tanging palabas na kuweba sa Carlsbad Caverns National Park World Heritage Property. Mayroong maraming iba pang mga kuweba na ang ilan ay bukas para sa adventure caving, habang ang iba ay maaari lamang ma-access ng mga siyentipiko at iba pang nagtatrabaho sa ilalim ng sistema ng permit. Larawan ni Csaba Egri.*

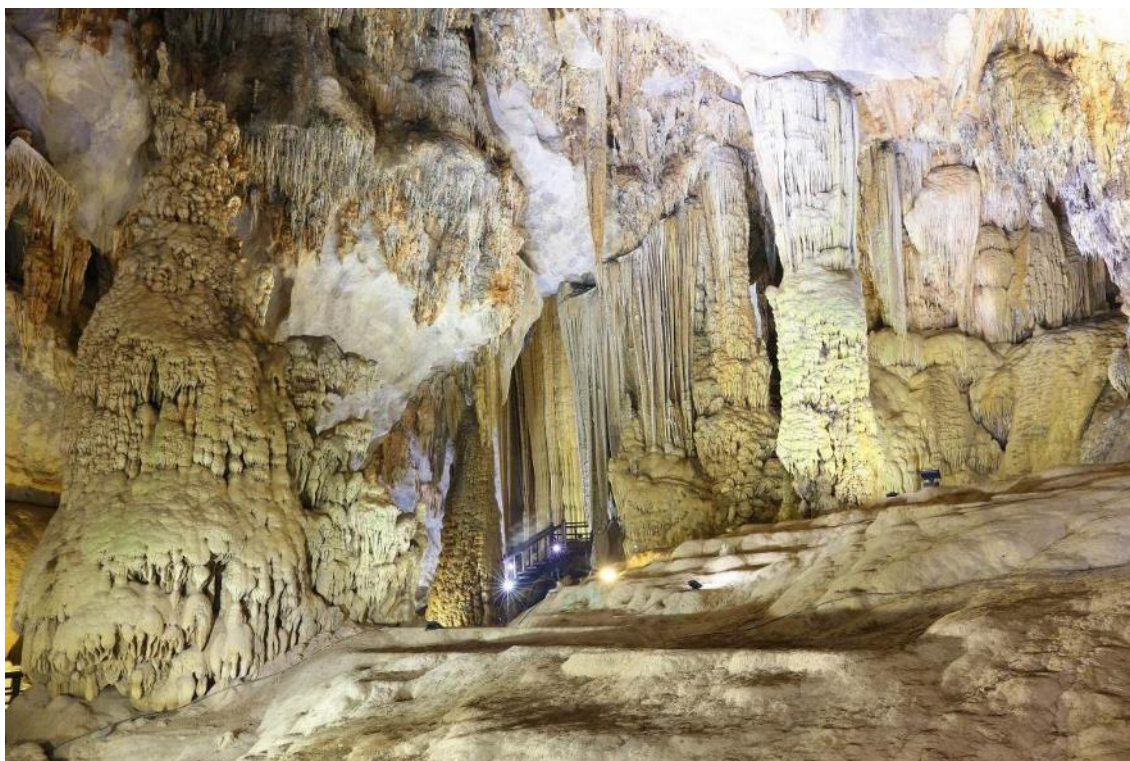
Ito ay isang katotohanan na ang mga pangkalahatang tuntunin ay hindi kailanman maaaring ganap na naaangkop sa lahat ng mga sitwasyon. Maaaring may mga hindi pangkaraniwang parameter sa ilang kuweba sa buong mundo kung saan, para sa mga katanggap-tanggap na dahilan, ang ilang bahagi ng mga alituntuning ito ay hindi mailalapat

nang walang malaking kahirapan. Ang Mga Alituntuning ito at ang Mga Inirerekomendang Internasyonal na Alituntunin ng ISCA ay ibinibigay bilang mga layunin na nagpapakita na ang mga kuweba ay maaaring gumana tungo sa itinatadhana ng kanilang mga kalagayan at kakayahan sa ekonomiya. Bilang karagdagan, mayroong maraming mga pambansang asosasyon sa pamamahala ng kuweba ng palabas, tulad ng ABIS (ang Association of British and Irish Show Caves), ACKMA (ang Australasian Cave at Karst Management Association Inc.), ANECAT (ang French National Association of Operators of Caves na Binuo para sa Turismo) at NCA (ang USA National Caves Association) na nagbabahagi ng pinakamahuhusay na kagawian para sa pagpapaunlad at pamamahala ng show cave sa mga miyembro at kapantay. Ang mga alituntunin na ibinibigay namin ay umaakma sa mga ibinigay ng ISCA.

### *Mga pagsasaalang-alang para sa pagbuo ng isang kuweba upang maging isang show cave*

Kung saan nabuo na ang mga show cave, ang bayad sa pagpasok at kita mula sa iba pang amenities, tulad ng retail souvenirs, café food and beverages at iba pang ancillary attractions, ay karaniwang isang mahalagang income-stream at ang mga kuweba ay nagbibigay ng mahalagang mapagkukunan ng lokal na trabaho. Maaari rin silang magbigay ng proteksyon sa kapaligiran ng kuweba kung ang mga isyu, tulad ng paninira, ay nagbabanta. Nagbibigay ito ng insentibo upang magbukas ng mga bagong kuweba, lalo na sa mga umuunlad na bansa. Gayunpaman, bago mangyari ang anumang naturang pag-unlad, dapat magkaroon ng masusing pag-aaral ng epekto sa ekonomiya at posibilidad na mabuhay ng iminungkahing proyekto, gayundin ang pagtatasa ng epekto sa kapaligiran na kinabibilangan ng pagsasaalang-alang sa mga epekto ng pag-unlad sa interes ng biyolohikal at pang-aghambansa sa lupa sa kuweba. . Ang pag-unlad ay dapat lamang magpatuloy kung ito ay maipapakita 1) na ang mga epekto ay maaaring matagumpay na mapamahalaan at na mayroong sapat na pondo para sa pagtatayo na sumusunod sa mga kinakailangan sa kaligtasan sa kapaligiran at publiko, at 2) na ang malamang na daloy ng kita ay magbibigay-daan sa kuweba na maging pinamamahalaan sa isang kapaligirang responsable at napapanatiling paraan. Sa partikular, mahalagang pigilan ang pagsisimula ng pag-unlad ngunit hindi natapos, sa gayon ay iniwan ang kuweba sa isang mas mahinang estado, o isang palabas na kuweba na binuksan ngunit hindi nakakaakit ng sapat na mga turista upang magbigay ng kita na kinakailangan para sa patuloy na sustainable at responsableng operasyon. Bilang karagdagan, maaari itong maging katanggap-tanggap na magbukas ng mga kuweba para bisitahin ng publiko kapag ang planong pang-ekonomiya ay hindi positibo, ngunit ang tagumpay sa ekonomiya ay ginagarantiyahan ng Estado o kahit ng isang lokal na club ng mga boluntaryo. Ang isang well-managed show cave ay karaniwang nagbibigay ng proteksyon para sa kuweba, gayundin ang pagbibigay ng pinagkukunan ng kita at edukasyon para sa lokal na ekonomiya.

Ang mga palabas na kuweba ay ang daluyan kung saan nararanasan ng karamihan ng publiko ang kapaligiran sa ilalim ng lupa. Dahil dito, nagbibigay sila ng magandang pagkakataon upang ipaliwanag ang kahalagahan ng kultura, kasaysayan at siyentipiko at ang hina ng mga kapaligiran ng kuweba. Ito ay partikular na mahalaga sa mga protektadong lugar kung saan ang mga kuweba ay karaniwang pangunahing dahilan para sa pagtatalaga.



*Ang Paradise Cave ay isang show cave sa Phong Nha-Ke Bang National Park, isang UNESCO World Heritage Property sa Vietnam. Larawan ni Steven Bourne.*

### *Kaligtasan*

Ang kaligtasan ng bisita at mga empleyado ay dapat na isang pangunahing layunin ng anumang palabas na kuweba. Kabilang dito ang itaas at ibaba ng lupa at kasama ang lahat ng bahagi ng ari-arian. Trapiko sa pagpasok at paglabas ng property dapat ay sa pamamagitan ng naaangkop na mga kalsada at paradahan. Ang mabuting organisasyon ay mahalaga. Hindi laging posible na sumunod sa mga pamantayan ng code ng gusali sa ibaba ng lupa. Sa pagpapalano ng mga landas sa kuweba, ang kaligtasan ng bisita ang dapat na pangunahing konsiderasyon. Ang headroom ay lalong mahalaga sa ilalim ng lupa - kung saan ang sapat na headroom ay hindi makakamit, ang mga babala ay dapat ibigay upang maiwasan ang potensyal na pinsala. Ang mga handrail ay dapat ibigay kung kinakailangan.

Kasama sa pagpapalano ng kaligtasan ang pagtiyak na ang mga serbisyong pang-emerhensiya ay makakakuha ng access sa kuweba sa pinakamahasag na posibleng paraan. Ang isang relasyon ay dapat na maitatag sa mga lokal na serbisyong pang-emerhensiya, upang malaman ng lahat ang mga hadlang at kahirapan na makakaharap sa pagsagip sa kuweba, na kadalasang nagsasangkot ng maraming pisikal na pagsisikap, at maaaring magkaroon ng matinding epekto sa kapaligiran ng kuweba mismo, maliban kung ang mga plano ay nasa lugar. Ang angkop na pagsasanay para sa pagsagip at pangunang lunas ay dapat ding ibigay sa mga tauhan ng show cave.

### *Visitor carrying capacity*

Ang 'visitor carrying capacity' ng isang show cave ay isang tool sa pagpapalano at pamamahala para sa pagtatatag ng maximum na bilang ng mga bisita na maaaring tanggapin ng kuweba sa isang paglilibot o sa isang takdang panahon. Ang pagtukoy sa kapasidad ng pagdala ng bisita ng show cave ay nakakahanap ng balanse sa pagitan ng pagbibigay ng ligtas, nagbibigay-kaalaman at kasiya-siyang karanasan sa paglilibot sa cavern para sa mga bisita at pagliit ng epekto sa kapaligiran ng kuweba habang nakakamit ang mga layuning pang-ekonomiya. Ang lahat ng mga salik na ito ay dapat isaalang-alang kapag tinutukoy kung ang naaangkop na kapasidad ng pagdala ng bisita para sa isang show cave ay dapat na tunay na napapanatiling.

Ang pokus ng sumusunod na impormasyon ay magiging sa kadahilanan ng pagliit ng mga epekto sa kapaligiran. Ang pagbisita sa turismo sa mga palabas na kuweba ay magkakaroon ng ilang antas ng epekto, ngunit maaaring mabawasan ang mga negatibong epekto at mapahusay ang kasiyahan ng bisita sa pamamagitan ng mahusay na mga pamamaraan at kasanayan sa pamamahala ng bisita. Ang unang hakbang ay isinasaalang-alang ang mga pisikal

na parameter. Ang mga daloy ng bisita ay dapat na iruta papasok, palabas at palabas ng kuweba sa isang mahusay na paraan na nagpapaliit ng epekto. Kabilang sa mga salik na dapat isaalang-alang ang laki ng mga daanan, distansya mula sa speleothems, imprastraktura (tulad ng mga rehas), at kung ang mga bisita ay papasok at lalabas sa kuweba sa iba't ibang lokasyon na nagbibigay ng linear na daloy ng bisita o kung sila ay papasok at lalabas sa parehong lokasyon. Kung ang mga bisita ay dumadaan sa kweba, ang mga lokasyong ito ay dapat isaalang-alang upang matiyak ang sapat na espasyo.

Ang ikalawang hakbang ay isinasaalang-alang ang mga parameter ng kapaligiran, tulad ng daloy ng hangin, kalidad ng hangin, temperatura, halumigmig at palahayupan ng kuweba. Malaking bilang ng mga bisita sa ilang mga kuweba ay maaaring makabuluhang taasan ang temperatura ng hangin at ang konsentrasyon ng carbon dioxide. Ang isang solong tao ay naglalabas ng enerhiya ng init sa 80–120 W, halos kapareho ng isang bombilya na maliwanag na maliwanag. Kaya, ang isang partido ng 50 o 60 katao sa isang cave tour ay maaaring lokal na magtaas ng temperatura ng 1–2 °C. Dapat tiyakin ng pamamahala ng kweba ng palabas na ang mga pagbabagong ito ay nasa saklaw ng natural na pagkakaiba-iba para sa kuweba, at bumalik ang mga ito sa normal na antas sa loob ng maikling panahon sa ilalim ng normal na mga pangyayari. Ang mga pagtaas sa konsentrasyon ng CO<sub>2</sub> dahil sa paghinga ng bisita ay maaaring mula 1,500 – 5,000 ppm, kung saan maaaring magsimulang mabalisa ang ilang tao. Ang pamamahala sa mga antas ng carbon dioxide, sa ilang mga kuweba, ay maaaring mangailangan ng epektibong pagsubaybay alinsunod sa naaangkop na mga pamantayan sa kalusugan. Ang mga ventilation shaft o pagbabago ng mga pinto upang mapabuti ang sirkulasyon ng hangin ay maaaring mapabuti ang kalidad ng hangin sa ilang mga kuweba, gayunpaman ang mga hakbang na tulad nito ay dapat na maingat na isaalang-alang at ilapat upang hindi lumikha ng mga problema, tulad ng pagbabago sa natural na kapaligiran ng kuweba.

Ang pagkakaroon ng cave fauna, tulad ng mga paniki o cave adapted species, ay dapat ding isaalang-alang, na may layuning mabawasan ang mga epekto sa mga nilalang na nakahanap ng kanilang tahanan sa kweba. Kung saan ang mga paniki ay naninirahan sa isang palabas na kuweba, dapat gawin ang espesyal na pangangalaga upang matiyak na hindi sila maiistorbo ng mga bisita, lalo na kapag ang mga paniki ay hibernate o dumarami.

Dahil ang mga pisikal na katangian at mga parameter sa kapaligiran ng bawat kuweba ay partikular sa mga kweba na dala ng mga kapasidad ng bisita sa kweba ay hindi maaaring ilapat nang pantay-pantay ngunit dapat isa-isang matukoy para sa bawat partikular na show cave at show cave tour experience. Maraming mga palabas na kuweba ang gumagamit ng ekonomiya bilang isang tool upang mapakinabangan ang karanasan ng bisita at mabawasan ang epekto sa kapaligiran. Ang isang halimbawa ay ang pagtaas ng bayad sa pagpasok sa pana-panahon o sa panahon ng abalang panahon – tinatawag na 'variable pricing' - upang mabawasan ang pagsisikip sa mga abalang yugto ng panahon, na maaaring mapabuti ang karanasan ng bisita habang sa parehong oras ay pinapaliit ang mga epekto sa kapaligiran ng pagsisikip. Ang isa pang halimbawa ng mga show cave na isinasaalang-alang ang lahat ng mga salik kapag gumagawa ng mga pagpapasya sa kapasidad ng pagdala ng bisita ay maaaring isang abalang holiday weekend kung saan maaaring matukoy ng pamamahala ang mga benepisyong pang-ekonomiya lumalampas sa epekto sa kapaligiran ng mas malaki kaysa sa normal na bilang ng mga bisita, at sa gayo'y nagiging sanhi ng pagtaas ng temperatura sa kuweba nang mas mataas kaysa sa normal sa loob ng limitadong bilang ng mga araw.

Responsibilidad ng pamamahala ng show cave na isalang-alang ang bawat isa sa mga epektong ito sa kapaligiran at timbangin ang mga ito kasama ng karanasan ng bisita at mga salik sa ekonomiya upang maitaguyod ang maximum na kapasidad ng pagdala ng bisita sa kuweba para sa kanilang partikular na show cave.



*Mga bisita sa isang guided tour sa Baradla Dómica Cave na unang binuksan bilang isang show cave noong 1806. Ang cave system ay tumatawid sa ilalim ng hangganan sa pagitan ng Hungary at Slovakia at nasa Caves of Aggtelek at Slovak Karst World Heritage Property. Ang kuweba ay nasa dalawang magkahiwalay na UNESCO Biosphere Reserves - Aggtelek, Hungary at Slovensky Kras (Slovakia) - at dalawang magkahiwalay na Ramsar Sites (Baradla Cave system at kaugnay na wetlands, Hungary at Dómica, Slovakia). Larawan ni Csaba Egri.*

### *Show cave access*

Ang isa sa mga una at pinaka-halatang epekto ng pagbuo ng isang kuweba para sa turismo ay ang pagbabago sa kasalukuyang pasukan (isang aktibidad na kung minsan ay ginagawa upang kontrolin ang pag-access sa isang ligaw na kuweba), o pagtatayo ng isang bagong pasukan. Sa maraming mga show cave, kinakailangan na magbigay ng ibang access sa show cave para sa mga bisita, kaysa sa access sa natural cave na ginamit bago ang conversion ng cave sa isang show cave. Ang ganitong artipisyal na pag-access ay maaaring sa pamamagitan ng isang lagusan, o isang bagong pasukan, na nahukay sa yungib. Kapag nilikha ang isang artipisyal na pasukan, maaari nitong baguhin ang sirkulasyon ng hangin sa kuweba at magdulot ng pagkagambala sa ekosistema ng kuweba. Upang maiwasan ang anumang pagkagambala sa sirkulasyon ng hangin sa kuweba, dapat na maglagay ng airlock sa anumang artipisyal na pasukan sa isang kuweba. Ang isang desisyon na huwag mag-install ng air lock ay dapat lamang gawin pagkatapos maisagawa ang isang espesyal na pag-aaral. Ang mas mainam na paraan ng pag-install ng isang mahusay na air lock system ay sa pamamagitan ng paggamit ng isang double set ng mga pinto.

Kapag ang mga palabas na kuweba ay may natural na pasukan na angkop para sa mga bisita, dapat maglagay ng naaangkop na paraan ng kontrol sa pag-access. Noong nakaraan, karaniwan nang mag-infill o mag-install ng mga gate sa anumang pasukan na magbibigay-daan sa mga bisita na lampasan ang gustong pangunahing punto ng pagpasok, kung saan sinisingil ang bayad. Ito ay nagkaroon ng masamang epekto ng paghihigpit o kahit na ganap na pagpigil sa pagpasok ng mga sustansya at paggalaw ng mga palahayupan sa kuweba, lalo na ang mga paniki. Kung ang mga gate ay naka-install sa mga pasukan at daanan na ginagamit ng mga paniki, ipinapayong ang tuktok

Ang seksyon ay may mga pahalang na bar na may air gap na 15 cm ang taas, at 45-75 cm ang lapad. Ang mga air gaps na ito ay magbibigay-daan sa mga paniki na magkaroon ng libreng daanan. Ang lahat ng bagong gate ng kuweba

ay dapat na idinisenyo tulad ng pagbibigay ng libreng daanan para sa mga paniki, at ang mga lumang gate ay dapat mapalitan ng mga disenyong madaling gamitin sa paniki. Ang ilang mga species ay maiiwasan ang anumang gate, gayunpaman, kung saan ang isang alternatibong solusyon tulad ng fencing ay dapat matagpuan (tingnan ang Internet Resources: cave gates).

### *Sa itaas ng antas ng lupa ay gumagana*

Upang maiugnay ang topograpiya ng site sa underground void ng kweba, kinakailangan na magkaroon ng site plan na naglalarawan sa detalye sa ibabaw at detalye sa ilalim ng lupa ng kuweba. Ang impormasyong ito ay kasing kritikal sa isang umiiral na kuweba ng palabas, tulad ng sa kaso ng isa na pinaplano. Kapag nalaman na ang ugnayan sa pagitan ng mga katangian ng lupa sa itaas at ang detalye sa ilalim ng lupa, maaaring masuri ang mga salik na nauugnay sa tubig. Sa maraming mga kaso, ang tanging kadahilanan ay maaaring ang pagtagos ng tubig sa ibabaw pababa sa bato sa itaas ng kuweba, na hindi dapat mabalisa. Bilang karagdagan, ang panganib ng pagkakaroon ng tubig sa ibabaw ng kweba bilang tubig baha, ay kailangang maingat na suriin.

Mahalaga na ang mga hard surfaced na lugar, tulad ng mga gusali at parking area, ay hindi nakaposisyon sa itaas ng agarang cave catchment (ang nakapasok na kweba at ang mga conduit na umaagos dito) kung saan nangyayari ang natural na pag-agos ng tubig-ulan mula sa ibabaw patungo sa kweba. Kung may potensyal na magambala ang natural na percolation, dapat maghanap ng iba pang solusyon. Ang mga solusyong ito ay maaaring kasing simple ng pag-convert sa ibabaw ng isang hindi tinatagusan ng tubig na parking area sa isang anyo ng surfacing na nagpapahintulot sa pagdaan ng tubig-ulan sa pamamagitan nito. Kung saan matatagpuan ang mga gusali sa itaas ng kuweba, mas mabuting ilipat ang mga ito o, kung hindi pinahihintulutan ng pananalapi ang paglipat, ilipat kapag natapos na ang buhay ng gusali. Ang umaagos na tubig mula sa mga bubong at iba pang matigas na ibabaw ay hindi dapat pahintulutang tumutok at dapat na magkalat nang malawak. Mahalaga rin na matiyak na ang anumang effluent na nabuo sa site ay itinatapon nang maayos at hindi pinapayagang mahawahan ang mundo sa ilalim ng lupa.

May likas na posibilidad na subukan at ilagay ang mga gusaling iyon na kinakailangan para sa pagpapatakbo ng isang palabas na kuweba nang mas malapit hangga't maaari sa pasukan ng kuweba at sa ilang mga kaso ang pasukan sa, o paglabas mula sa, isang palabas na kuweba ay nasa loob ng isang gusali na may iba pang gamit, karaniwang bilang isang museo, sentro ng interpretasyon o tindahan ng regalo. Gayunpaman, maraming mga kuweba ang may natural na mataas na konsentrasyon ng radon, isang radioactive gas, at kung ito ay pinapayagang tumagas mula sa kuweba patungo sa mga lugar kung saan nagtatrabaho ang mga tauhan, sila ay makakaipon ng isang dosis ng radiation. Kaya naman, magandang kasanayan na tiyaking may maaliwalas na lugar sa pagitan ng pasukan at/o labasan sa kweba, at anumang gusali kung saan nagtatrabaho ang mga tauhan.

### *Imprastruktura sa loob ng isang show cave*

Ang pagbuo ng mga kuweba para sa turismo ay karaniwang nangangailangan ng pisikal na pagbabago ng mga natural na daanan, gayundin ang pag-install ng mga ilaw, mga daanan, mga plataporma at nauugnay na imprastruktura. Sa lahat ng bagong pag-unlad, maging sa mga kasalukuyang show cave o mga bagong site, ang mga pangangailangan sa imprastruktura ay dapat na maingat na tasahin, idinisenyo at i-install. Maliwanag, may pangangailangan na magbigay ng kasiyahan at kaligtasan ng bisita, ngunit ang layunin ay dapat na mabawasan ang pagbabago o kaguluhan sa natural na kapaligiran ng kuweba. Dapat na layunin ng pag-unlad na mabawasan ang mga pagbabago sa morpolohiya ng daanan at pinsala sa mga sediment at speleothem. Ang mga isyung nauugnay sa mga daanan ng kuweba at pag-iilaw ng kuweba ay isinasaalang-alang nang mas detalyado, sa ibaba. Sa ilang malalaking palabas na kuweba ay ginagamit ang mekanikal na transportasyon upang mapadali ang pag-access at payagan ang mas malaking bilang ng mga turista, kabilang ang mga elevator, bus at tren. Ang mga uri ng transportasyong ito, habang magiliw sa mga bisitang may mga problema sa kadaliang kumilos, ay maaaring may kasamang malalaking pagbabago sa kapaligiran ng kuweba at dahil dito ay dapat na maingat na planuhin.

### *Ipakita ang mga daanan ng kuweba*

Ang mga daanan ay isang mahalagang bahagi sa pagbibigay ng matibay at ligtas na ibabaw ng paglalakad at tiyak na mga hangganan para manatili ang mga bisita sa loob. Ang mga ruta ng turista sa kweba ay dapat na idinisenyo upang magkaroon ng pinakamababang epekto sa mga biyolohikal na tirahan sa loob ng kuweba at sa mga speleothem. Ang pagkakanayan ng daanan ng kuweba ay dapat na humahantong sa bisita nang sapat na malapit sa

mga pangunahing punto ng interes upang makita nila at makuhanan ng larawan ang mga ito, ngunit hindi masyadong malapit na maaari nilang mahawakan o maistorbo sila. Ang mga sahig ng sediment ng kuweba ay dapat protektahan ng mga nakataas na walkway hangga't maaari upang mapanatili ang halaga ng kanilang tirahan, talaan ng fossil at kasaysayan ng sediment.

Ang mga daanan sa isang kuweba ay hindi kailangang masyadong malawak. Halimbawa, hindi kinakailangan - kahit na kanais-nais - para sa dalawang tao na maglakad nang magkatabi. Ang isang solong landas ng file ay sapat ngunit ipinapayong lumikha ng ilang paminsan-minsang mas malawak na mga lugar kung saan maaaring tipunin ang isang tour group upang makinig sa gabay. Ang mga pathway sa isang show cave ay maaaring gamitin para sa paglalagay ng mga utility pipe, conduit at cable, alinman sa ilalim ng ibabaw ng pathway, o sa tabi nito. Mas mainam na ang mga kagamitang ito ay hindi nakakulong sa kongkreto. Ang mga control switch ng lighting system ay dapat na madaling ma-access mula sa pathway.

Ang pathway ay dapat na binubuo ng tatlong pangunahing bahagi, na binubuo ng walking surface, side kerbing at handrails. Ito ay kanais-nais na ang mga materyales na ginamit sa pag-install ng mga pathway ay dapat magkaroon ng hindi bababa sa posibleng epekto sa parehong aesthetics ng kuweba at sa ilalim ng lupa na kapaligiran.

### Mga ibabaw ng paglalakad

Ang mga materyales na ginagamit para sa paglalakad sa ibabaw ay dapat na hindi nakakalason sa kapaligiran ng kuweba. Ayon sa kaugalian, at partikular sa mga limestone cave, ang pinapaboran na materyal para sa ibabaw ng paglalakad ay kongkreto, na sa pangkalahatan ay ang pinakamalapit na sangkap sa bato kung saan nabuo ang kuweba. Ang kongkreto ay malawak ding ginagamit kung saan ang mga walkway ay hindi maaaring iangat. Ang kongkreto ay may natatanging mga pakinabang, kabilang ang aesthetically blending sa kuweba, at tibay, gayunpaman ang mga disadvantages nito ay kinabibilangan ng timbang nito, ang potensyal na gulo kapag ito ay pinaghalo at ibinuhos, at ang kahirapan ng pag-alis nito kapag ito ay nasa lugar na. Mayroon ding ilang katibayan na ang mga leachate mula sa kongkreto ay maaaring magkaroon ng masamang epekto sa biologic. Maaaring gawin ang low-density concrete gamit ang perlite, pumice, o volcanic scoria, at nag-aalok ng ilang mga pakinabang sa mga tuntunin ng pinababang timbang, habang pinapanatili ang sapat na lakas ng walkway. Ang hindi kinakalawang na bakal na rehas na bakal ay naging mas popular din bilang isang materyal para sa paggawa ng mga walkway. Ang hindi kinakalawang na asero ay may natatanging kawalan na ito ay mahal at nangangailangan ng mga espesyal na diskarte sa pag-assemble at pag-install. Ang fiberglass reinforced plastic (FRP) grating na may stainless fasteners ay isa pang sikat na materyal para sa mga daanan ng kuweba na may mas mababang halaga at timbang kaysa sa hindi kinakalawang na asero.



*Isang nakataas na walkway sa Gouffre d'Esparros show cave, France. Ang arrow ay nagpapahiwatig ng isang lambat na ginamit upang magbigay ng karagdagang proteksyon at maiwasan ang sediment na bumagsak sa mga speleothem sa ibaba. Larawan ni John Gunn.*

Ang mga matataas na walking surface na gawa sa hindi kinakalawang na asero, FRP o iba pang angkop na mga grating na materyales ay may kalamangan na tumagal ng mahabang panahon, nangangailangan ng napakakaunting maintenance, na may pinababang epekto sa sahig ng kuweba at medyo madaling alisin, upang kung kinakailangan, ang kuweba halos maibabalik sa natural nitong kalagayan. Gayunpaman, ang grating (grids) ng lahat ng uri ay nagpapahintulot sa lint, basura, dumi, putik at maliliit na bagay na bumagsak sa sahig ng kuweba at, maliban kung isasaalang-alang ito ng disenyo, maaaring napakahirap alisin ang rehas at linisin ang sahig ng kuweba sa ilalim.

### Kerbs

Ang mga curbs o kickplate ay may ilang natatanging layunin. Ang isa ay naglalaman ng mga paa ng mga bisita, na nagpoprotekta sa mga tampok ng kuweba sa kabila ng walkway. Ang isa pa ay ang labas ng mga kurbada, na nakaharap sa malayo sa walkway, ay nagbibigay ng isang maginhawang lugar para sa mga utility conduits, mga tubo at mga cable. Makakatulong din ang mga curbs na maglaman ng lint, at iba pang nalalabi, mula sa mga bisita.

### Handrails

Ang mga handrail (o mga guardrail) ay nagbibigay ng katatagan o suporta para sa mga bisita, habang pinipigilan silang umalis sa landas kung saan ito ay maaaring maselan o mapanganib. Ang pinapaboran na materyal para sa pagtatayo ng mga handrail sa mga palabas na kuweba ay hindi kinakalawang na asero. Ang materyal na ito ay may mga kalamangan na nangangailangan ng kaunti, hanggang sa hindi, pagpapanatili, pagiging magagawang tipunin at hinangin sa kuweba at pagkakaroon ng potensyal na magamit bilang tubo ng tubig upang magdala ng sariwang tubig sa kuweba. Ang mga disadvantages ng materyal na ito ay ang gastos at liwanag nito - dahil hindi ito aesthetically kasiya-siya. Ang paggamit ng stainless-steel wire rope, sa halip na solid intermediate uprights o solid rail na naka-install sa ibaba mismo ng mismong handrail, ay maaaring makabuluhang bawasan ang visual na epekto ng solid steel. Tumutulong din ang mga kurba sa halip na matinding anggulo. Ang fiberglass reinforced plastic (FRP) rails na may stainless steel fasteners ay nagiging mas sikat na ngayon at nagbibigay ng epektibo at mas murang solusyon.

Bagama't ang imprastruktura, gaya ng mga pathway, ay nilayon na magbigay ng ligtas na pag-access para sa mga bisita at protektahan ang kuweba mula sa epekto nito, ang pag-install mismo ng imprastruktura ay maaaring magdulot ng malalaking epekto kung hindi maingat na gagawin. Ang pagtatasa ng epekto sa kapaligiran ay dapat



na isagawa at ang isang environmental mitigation and management plan (EMMP) ay dapat na gumuhit bago magsimula ang gawaing pagtatayo. Ang EMMP ay dapat ipatupad at subaybayan upang mabawasan ang pinsala sa mga mapagkukunan ng kuweba sa panahon ng pagtatayo.

### *Cave lighting*

Ang balanse ng enerhiya ng isang show cave ay dapat na nasa loob ng saklaw ng natural (pre-development) na mga pagkakaiba-iba. Ang electric lighting ay naglalabas ng parehong liwanag at init, kaya ang anumang mga ilaw ay dapat na may mataas na kahusayan, na gumagawa ng pinakamababang dami ng init hangga't maaari. Pinalitan ng maraming show cave ang mga lumang sistema ng pag-iilaw ng moderno, mataas na kahusayan, light-emitting diode (LED) na pag-iilaw na pinalakas ng isang mababang boltahe na power supply, at ang mga ito ay dapat gamitin sa lahat ng bagong pag-unlad at pag-upgrade sa pag-iilaw ng kuweba.

Sa mga palabas na kuweba kung saan ang mga bisita ay lumilipat sa mga grupo, ito ay kapaki-pakinabang na hatiin ang ruta ng paglilibot sa mga zone kung saan ang mga ilaw ay inililipat o pinapatay ng gabay. Ito ay nagbibigay-daan lamang sa bahagi o bahagi ng kuweba na inookupahan ng mga bisita ang masisindi. Ito ay mahalaga para sa pagbabawas ng pag-init ng kapaligiran ng kuweba at pagpigil sa paglaki ng lampenflora, pati na rin ang pagbabawas ng dami ng enerhiya na kinakailangan at ang gastos nito sa pananalapi. Sa mga palabas na kuweba kung saan ang mga bisita ay gumagalaw nang hiwalay, ang pag-iilaw ay maaaring maiugnay sa mga sensor ng paggalaw at mga timer. Ang electrical system ay dapat na naka-install sa ligtas, well-balanced na mga circuit.

Mahalaga na ang ilang uri ng pang-emerhensiyang pag-iilaw ay dapat palaging magagamit sa kaganapan ng pagkabigo sa pangunahing supply ng kuryente. Ang pang-emerhensiyang pag-iilaw ay dapat palaging magagamit kung ito ay isang kumpletong non-interruptible power supply o isang emergency lighting system na may independiyenteng power supply. Maaaring naaangkop ang mga lokal na code at maaaring pinahihintulutan ng mga ito ang mga lamp ng baterya o mga katulad na device.

Ang isang mahalagang pagsasaalang-alang sa anumang scheme ng pag-iilaw ay kung paano iposisyon ang mga light fixture, mga wiring at power cabinet upang mabawasan ang parehong visual impact at pinsala sa kuweba. Ang Lampenflora ay isang karaniwang resulta ng pagpasok ng isang artipisyal na supply ng ilaw sa isang kuweba. Maraming uri ng algae, at iba pang nakatataas na halaman, ang maaaring umunlad bilang resulta ng pagpapakilala ng artipisyal na liwanag. Ang pag-iilaw ay dapat magkaroon ng emission spectrum na may pinakamababang posibleng kontribusyon sa absorption spectrum ng chlorophyll upang mabawasan ang paglaki ng lampenflora. Ang isa pang paraan upang maiwasan ang paglaki ng lampenflora ay ang pagbabawas ng antas ng enerhiya na umaabot sa ibabaw kung saan maaaring mabuhay ang mga halaman. Ang ligtas na distansya sa pagitan ng lampara at ng ibabaw ng kuweba ay depende sa intensity ng lampara. Bilang isang magaspang na indikasyon, ang layo na isang metro ay maaaring ligtas. Ang liwanag ay dapat na maingat na nakadirekta sa tampok na iluminado at ang ilaw ay dumaloy sa mga nakapaligid na lugar o sa mga mata ng mga bisita ay dapat naiwasan - ang shielding ng light fixtures ay lubhang kapaki-pakinabang sa bagay na ito. Sa nakaraan, ang mga maiinit na ilaw na matatagpuan masyadong malapit sa mga speleothem o cave art ay nagdulot ng malaking pinsala, kahit na ito ay hindi gaanong isyu kapag ginamit ang cool na LED lighting.

Ang disenyo ng ilaw na umiiwas sa sobrang pag-iilaw ay hindi lamang nagpapaliit sa mga epekto sa kapaligiran sa kuweba, ngunit maaari ring mapahusay ang karanasan ng mga bisita sa sinasadyang paggamit ng kadiliman at pagkakasunud-sunod ng pag-iilaw sa mga piling tampok ng kuweba. Mayroong dalawang mahalagang prinsipyo na dapat tandaan kapag nagdidisenyo ng ilaw para sa isang show cave: access at atmosphere. Ang pag-iilaw para sa pag-access ay dapat nasa pinakamababang antas na pare-pareho sa ligtas na paggalaw ng lahat ng mga bisita sa kuweba. Maaaring gamitin ang epektibong pag-iilaw upang lumikha ng ligtas na pag-access sa pamamagitan ng isang hindi pamilyar na kapaligiran, isang zone ng pamilyar na nakakareleks sa mga bisita. Ang paggamit ng mga LED strip light, 12 V downlight, at iba pang low-energy na teknolohiya ay maaaring makamit ang layuning ito. Ang mga ito ay maaaring ikabit sa mga rehas o mga gilid ng daanan, na may mga kinakailangang inverters o baterya na nakatago nang maayos sa ibaba. Sa pangkalahatan, ang lahat ng mga fixture at paglalagay ng kable ay dapat na maitago nang mabuti mula sa mga bisita, ngunit mananatiling naa-access para sa pagpapanatili nang walang karagdagang pinsala sa kuweba at mga nilalaman nito. Ang pinababang pagkonsumo ng kuryente ay may mga benepisyo na lampas sa pagbabawas ng mga emisyon ng CO<sub>2</sub>, dahil ang mas mababang mga kinakailangan sa kuryente ay nagpapadali sa paggamit ng isang lokal na hindi maaabala na suplay ng kuryente kapag may pagkawala ng kuryente sa mains. Mas kaunting init din ang nagagawa. Mayroon na ngayong maraming mga teknolohiyang magagamit, ngunit dapat itong gamitin bilang mga tool upang makamit ang isang layunin, hindi bilang isang wakas

sa kanilang sarili.

Ang pag-iilaw para sa aesthetics ay dapat na nakabatay sa isang pinagbabatayan na pilosopiya, halimbawa upang ilarawan ang mga aspeto ng kuweba, paggalugad, pag-unlad o kasaysayan. Kung saan maaari, ang pag-iilaw ay dapat na sunud-sunod, na ang mga bisita ay humantong mula sa isang eksena patungo sa susunod, na posibleng magtatapos sa pag-iilaw ng isang buong silid. Ang anumang liwanag sa isang madilim na kapaligiran ay magkakaroon ng isang dramatikong epekto, at ang isang napakalayo na liwanag kung minsan ay maaaring magpahusay ng isang ilusyon ng lalim at misteryo. Ang pag-iilaw ng mga anyong tubig ay maaaring maging napaka-epektibo at aesthetically nakalulugod sa mga bisita. Ang ilan ay nagpapakita ng mga disenyo ng pag-iilaw ng kuweba na gumagamit ng may kulay na pag-iilaw upang pagandahin ang ilang partikular na tampok habang ang iba ay gumagamit ng neutral at malamig na liwanag upang ipakita ang mga natural na kulay ng kuweba, na alinman sa mga ito ay walang malaking epekto sa kapaligiran ng kuweba. Ang ilang mga palabas na kuweba ay may mga palabas sa pag-iilaw na naka-synchronize sa mga komposisyon ng musika upang mapahusay ang karanasan ng mga bisita, na walang alam na masamang epekto sa kapaligiran ng kuweba.

### *Cave cleaning*

Sa maraming mga palabas na kuweba, ang mga daanan at kung minsan ang mga speleothem ay regular na nililinis dahil sa mga akumulasyon ng alikabok, lint, inwashed sediments, fungus at algae (lampenflora). Ang ilang mga diskarte ay sinubukan, na ang mga high-pressure na water jet ang pinakakaraniwang paraan na ginagamit, kahit na sa ilang mga kaso, ang pagkayod, paggamit ng mga surfactant at paglilinis ng singaw ay sinubukan din. Ang lahat ng mga pamamaraang ito ay maaaring asahan na may kaunting epekto sa mga ibabaw ng speleothem na nililinis. Kapag ginamit ang mga high pressure water jet, dapat subukan ng mga operator na limitahan ang bilang at dalas ng paghuhugas at gamitin ang pinakamababang bilang ng mga nozzle na dumadaan sa ibabaw ng calcite surface.

Ang Lampenflora ay ang kasumpa-sumpa na salot ng mga palabas na kuweba - isang patuloy na problema. Ang paggamit ng mga malakas na ahente sa paglilinis, tulad ng chlorine bleach, ay umaakit sa pagnanais na alisin ang mga nakakahawa na organismo tulad ng algae. Sa kasamaang palad, ang paggamit ng kemikal, kabilang ang chlorine bleach, ay hindi gumagana nang maayos sa mahabang panahon dahil ang lampenflora ay mabilis na lumalaki sa ilalim ng tamang mga kondisyon. Ang tanging paraan upang mabawasan ang paglaki ng algae ay ang kontrolin ang pag-unlad ng lampenflora sa pamamagitan ng pagbabawas ng liwanag at init, sa halip na isang pana-panahong paggamot sa kemikal, na pumapatay lamang sa paglaki sa maikling panahon.

Gayunpaman, kapag dumami ang lampenflora, kailangan itong sirain gamit ang mga kemikal na compound. Ang mga herbicide, gayunpaman, ay hindi dapat gamitin sa isang kuweba, dahil ang mga ito ay masyadong nakakalason para sa kapaligiran ng kuweba. Madalas na ginagamit sa agrikultura, ang mga herbicide ay dapat iwasan dahil ang pagkasira ng mga ito ay mabagal, at ang kanilang toxicity ay maaaring seryosong makaapekto sa cave fauna. Ang paggamit ng mga malakas na kemikal sa pagpapaputi para sa pagbabawas o pagtanggap ng lampenflora ay sinisiyasat ng Cigna (2011). Ang dalawang pinakakaraniwang ginagamit na kemikal ay sodium hypochlorite (chlorine bleach sa 5% by vol) at hydrogen peroxide (sa 15% by vol). Ang sodium hypochlorite ay naglalabas ng chlorine sa kapaligiran ng kuweba at, bagama't isang epektibong ahente ng paglilinis, ay nakakalason sa buhay ng kuweba, bagaman maaari itong mabilis na kumalat. Ang hydrogen peroxide ay maaari ding magkaroon ng hindi sinasadyang biological effect kung saan naroroon ang mga sediment na mayaman sa bakal. Ang isang bagong pag-aaral sa USA (Kieft et al., 2021) ay nagpapakita na ang bleach at hydrogen peroxide ay hindi dapat gamitin dahil sa toxicity ng bleach at ang hydrogen peroxide ay nagpapababa ng speleothems. Ang Benzalkonium chloride ay isang epektibong non-toxic biocide na nag-aalis ng lampenflora kapag ginamit sa mga konsentrasyon ng 1% -10%. Inirerekomenda din ng mga may-akda ang paggamit ng germicidal UV light (UV-C). Anuman ang ginagamit na ahente, ang masusing paghuhugas ng mga ibabaw pagkatapos ng paglilinis ay inirerekomenda, mas mainam na gumamit ng tubig sa kuweba kaysa sa chlorinated na tubig mula sa isang pampublikong supply. Ang taunang paglilinis ay marahil ang pinakaangkop na dalas, ngunit ang ilang mga site ay maaaring makinabang mula sa mas madalas na paglilinis gamit ang tubig sa kuweba lamang.

### *New materials*

Ang mga bagong materyales ay patuloy na ginagawa at ang ilan ay lumilitaw na may mahusay, at kahit na mahusay, potensyal para magamit sa mga kuweba. Gayunpaman, habang ang ilang mga bagong materyales ay napatunayang mahusay, ang iba, tulad ng pinagsama-samang tabla, ay hindi, na nagdudulot ng masamang epekto sa yungib. Ang

isang aspeto ng problema ay mayroong maraming uri ng composite material at ang mga naglalaman ng wood fiber ay dapat na iwasan dahil maaari nilang suportahan ang bacterial growth, algae at amag. Ang mga sheet ng detalye ng lahat ng pinagsama-samang materyal ay dapat na maingat na suriin upang matiyak na ang materyal ay walang mga produktong gawa sa kahoy o papel. Kung binalak na gumamit ng composite material sa isang kuweba, dapat lamang itong gamitin pagkatapos na ang uri ng composite material na iminumungkahi ay naging paksa ng malawakang pagsubok sa kapaligiran ng kuweba kung saan ito iminumungkahi na gamitin. Ang hindi kinakalawang na asero ay napatunayang isang mahusay na materyal para sa paggamit sa isang kuweba. Gayunpaman, ang hindi kinakalawang na asero ay may iba't ibang iba't ibang grado at katangian. Karamihan sa gastos ng paggamit ng hindi kinakalawang na asero ay sa paghahanap ng tamang uri para sa nilalayon na paggamit. Inirerekomenda na gumamit ng mas mataas na grado ng hindi kinakalawang na asero kapag ang materyal na ito ay binalak na gamitin sa isang kuweba. Ang mga bagong plastik ay binuo na may malaking potensyal para magamit sa mga kuweba. Ang isang mahusay na bentahe ng mga bagong plastik na ito ay ang mga ito ay magaan, may mga mekanikal na katangian na malapit sa bakal at madaling gamitin gamit ang mga simpleng tool. Ang mga plastic na bahagi ay pinagsama ng mga hindi kinakalawang na asero na bolts, na nagpapadali sa pag-update ng disenyo sa hinaharap. Ang mga daanan ay maaaring gawin sa pamamagitan ng mga pultrusions - na isang plastik na nilikha sa pamamagitan ng pagguhit ng resin-coated glass fibers sa pamamagitan ng isang heated die. Ang mga ito ay madalas na pinahiran ng grit upang magbigay ng mas mahusay na traksyon, ngunit maaari silang magsuot ng napakabilis kung maraming mga bisita. Ang mga handrail ay maaari ding gawin gamit ang fiberglass reinforced plastic.

### *Mga materyales nga karaniwang hindi kasama sa isang show cave*

Sa pagsasaalang-alang sa usapin ng kung anong mga materyales ang hindi kabilang sa isang palabas na kuweba, dapat itong kilalanin na marami sa mga materyales na nakalista sa seksyong ito ay, sa ilang panahon sa nakaraan, ay itinuturing na angkop para sa paggamit. Bilang kinahinatnan, malamang na mahirap makahanap ng isang umiiral na show cave na hindi naglalaman ng isa o higit pa sa mga materyales na ngayon ay itinuturing na hindi kanais-nais. Ang mga kuweba na nasa proseso ng pagbuo bilang isang palabas na kuweba ay dapat na iwasan ang paggamit ng lahat ng mga materyales na ngayon ay kilala bilang hindi kanais-nais tulad ng inilarawan sa ibaba.

### *Galvanised metals*

Sa mga nakaraang dekada, ang galvanized steel piping ang napiling materyal para gamitin bilang show cave handrails, hagdan at platform. Gayunpaman, ang zinc sa galvanized na materyal ay madaling ma-oxidized at tumutulo sa kapaligiran ng kuweba. Ang pag-leaching ng galvanized coatings ay maaaring magkaroon ng masamang epekto lalo na sa mga sensitibong invertebrate cave fauna at calcite deposition. Kung saan ang galvanized steel ay ginagamit sa isang umiiral na show cave, isang programa ay dapat na binuo para sa pagpapalit nito sa isa pang materyal.

### *Dissimilar metals*

Ang paggamit ng magkakaibang mga metal tulad ng iba't ibang mga grado ng aluminyo, ay palaging magbubunsod ng kaagnasan kapag nakikipag-ugnayan sa isa't isa sa isang basang kapaligiran. Ang una at pinakamahusay na solusyon ay hindi gumamit ng magkakaibang mga metal sa pakikipag-ugnay sa bawat isa. Ang susunod na pinakamahusay na solusyon ay ang paghiwalayin ang mga materyales sa isa't isa, gamit ang mga device tulad ng neoprene o nylon washers, ngunit maaari lamang itong maantala ang hindi maiiwasan kung ang isang film ng tubig ay umaabot sa hadlang. Inirerekomenda din na huwag gumamit ng mga anode ng pagsasakripisyo, dahil ang mga ito ay magbubunga ng ilang uri ng kemikal na tambalan, na maaaring magkaroon ng masamang epekto sa kuweba.

### *Non-ferrous metals*

Maraming mga non-ferrous na metal ang dati nang ginamit sa mga kuweba. Marahil ang pinakakaraniwan sa mga ito ay ang tanso, at ang mga nauugnay na haluang metal nito, na naging pinagmulan ng maraming berdeng mantsa sa mga kuweba.

## Iron and steel

Ang hindi ginagamot na bakal at bakal ay madaling kapitan ng kalawang. Kahit na ang mga anyo ng banayad na bakal na naglalaman ng isang maliit na porsiyento ng carbon ay madaling kapitan ng oksihenasyon (rusting). Dahil dito, ang hilaw na bakal at bakal ay hindi dapat gamitin sa mga palabas na kuweba dahil ang mga mantsa ng kalawang ay tiyak na magreresulta.

## Bitumen (asphalt)

Ang bitumen (asfalto) ay isang itim na malapot na halo ng mga hydrocarbon na nakuha mula sa petrolyo. Ang bitumen ay may kakayahang mag-leach ng mga produkto, na nakakalason sa biota, at maaaring makagambala sa calcite deposition. Kung ang bitumen ay matatagpuan sa isang umiiral na show cave, dapat na bumuo ng mga plano upang alisin ito sa lalong madaling panahon. Ang bitumen ay hindi dapat gamitin sa loob ng isang kuweba na ginagawa bilang isang show cave.

## Wood

Sa loob ng maraming siglo, ang kahoy ay naging isang paboritong materyal para sa pagtatayo at paggawa ng mga bagay, tulad ng mga kasangkapan. Samakatuwid natural na ang kahoy ay gagamitin sa mga unang araw ng pag-unlad ng show cave. Sa kasamaang palad, ang kahoy ay may medyo maikling buhay bago ito magsimulang mabulok. Kabilang dito ang creosoted at pressure-treated na kahoy. Sa pangkalahatan, ang kapaligiran ng isang kuweba ay nakahiwalay at ang pagpapakilala ng enerhiya mula sa labas ay magbabago sa ekwilibriyo ng kuweba. Ang mga pagbubukod dito ay nangyayari kung saan ang isang ilog o sapa ay dumadaloy sa isang kuweba o kung saan maaaring mayroong mataas na organic na nilalaman sa ilang kadahilanan.

Kapag ang kahoy ay nasira at nabubulok sa kapaligiran ng kuweba, ang nabubulok na kahoy ay maaaring maging bahagi ng food chain. Maaaring suportahan ng nabubulok na kahoy ang paglaki ng fungal o bacterial at kahit na nagpapakita ng panganib ng pagsalakay ng mga kakaibang species na maaaring palitan ang mga katutubong species ng kuweba. Kung ang anumang anyo ng kahoy ay ginagamit para sa formwork, plantsa at mga katulad na pansamantalang layunin, hindi ito dapat gawin sa isang kuweba, kung posible. Dapat itong alisin sa pagtatapos ng trabaho, nang may pag-iingat na alisin ang anumang mga scrap o splinters na nagreresulta mula sa trabaho o ang pagbuwag ng isang istraktura. Kung ang nabubulok na kahoy ay kailangang alisin mula sa isang kuweba, dapat gawin ang pag-iingat upang matiyak na hindi ito nabubulok sa panahon ng transportasyon, at sa gayon ay nagbibigay ng hindi natural na sustansiyang windfall. Kahit na ang maliliit na bakas ng nabubulok na kahoy ay maaaring magdulot ng pagsabog ng populasyon sa mga species na naninirahan sa kuweba, na dapat alisin sa kahoy bago alisin ang kahoy mula sa kuweba.

Kung saan matatagpuan ang kahoy sa isang umiiral na kuweba ng palabas, dapat na bumuo ng isang plano upang palitan ito ng iba pang mga materyales, bilang pinahihintulutan ng ekonomiya at kung saan ang pagpapakilala ng kahoy ay magdulot ng makabuluhang pagbabago sa natural na kapaligiran. Ang tagal ng panahon na sakop ng naturang plano ay dapat na limitado ng inaasahang tagal ng buhay ng in situ na kahoy. Sa panahon ng pagbuo ng isang show cave, dapat pumili ng iba pang mga materyales kaysa sa kahoy. Sa mga kuweba ng yelo lamang ang mga katangiang pangkapaligiran ay tugma sa kahoy, na kadalasang ginagamit para sa pagtatayo ng mga daanan at mga handrail dahil hindi ito madulas at madaling magawa sa nagyeyelong mga kondisyon.

## Pagsubaybay

Ang pangunahing pagsubaybay sa klima ng kuweba ay dapat na isagawa nang regular at pinagtibay ang isang pormal na iskedyul ng pagsubaybay. Ang temperatura ng hangin, halumigmig, radon (kung ang konsentrasyon nito ay malapit o mas mataas sa antas na itinakda ng batas) at temperatura ng tubig (kung naaangkop) ay maaaring subaybayan. Ang pagsubaybay sa carbon dioxide ay dapat isama kung ang mga konsentrasyon nito ay nasa labas ng saklaw ng natural na mga pagkakaiba-iba. Maaari ding masubaybayan ang daloy ng hangin sa loob at labas ng kuweba. Kapag pumipili ng mga siyentipiko na magsagawa ng mga pag-aaral sa isang kuweba, napakahalaga na ang mga siyentipiko lamang na may mahusay na karanasan sa mga kapaligiran ng kuweba ang makikibahagi para sa mga bagay na nauugnay sa kuweba. Marami, kung hindi man may kakayahan na mga siyentipiko, ay maaaring hindi lubos na nakakaalam ng mga kapaligiran sa kuweba. Kung ang maling payo ay ibinigay sa pamamahala ng kuweba,

maaaring magresulta ito sa panganib ng kapaligiran ng kuweba. Ang agham ng kuweba ay isang napaka-espesyal na larangan.

### *Show cave managers*

Ang mga tagapamahala ng show cave ay dapat na may kakayahan sa parehong pamamahala ng negosyo ng show cave at sa pangangalaga sa kapaligiran nito. Ang mga tagapamahala ng isang palabas na kuweba ay hindi dapat kalimutan na ang kuweba ay 'ang gansa na nangingitlog ng mga gintong itlog', at ang kuweba ay dapat na mapangalagaan nang may matinding pag-iingat.

### *Show cave guides*

Ang mga gabay sa isang palabas na kuweba ay may napakahalagang papel dahil sila ang ugnayan sa pagitan ng kuweba at ng bisita. Napakahalaga na ang mga gabay ay wastong sinanay. Ang pamamahala ng isang palabas na kuweba ay dapat gumawa ng manwal ng gabay, partikular na isinulat tungkol sa paggabay sa kanilang partikular na kuweba. Ang mga gabay ay dapat na sanayin sa mga dinamika ng grupo, gayundin ang mga katangian ng kuweba kabilang ang geology, biology, paleontology, kultural at historikal na kahalagahan, at ang mga epektibong paraan upang maibigay ang interpretasyong iyon sa mga bisita sa paraang nagbibigay-kaalaman at nakakaaliw. Ang mga show cave guide ay may magandang pagkakataon na magbigay ng inspirasyon sa mga bisita na maging mga tagapagtaguyod para sa ating mga kuweba at karst landscape. Responsable din sila para sa kaligtasan ng bisita at proteksyon sa kuweba.

### *Interpretasyon*

Ang layunin ng interpretasyon ay magbigay ng impormasyon tungkol sa kuweba at ang mga likas at kultural na pamana nito sa mga bisita, upang mapahusay ang kanilang pagpapahalaga at pag-unawa sa karanasan sa kuweba. Kasama sa isa pang aspeto ng interpretasyon ang epektibong pakikipag-usap sa mga tuntunin at regulasyon para sa proteksyon ng mga mapagkukunan ng kuweba at para sa kaligtasan ng mga bisita at kawani ng kuweba. Ang mga 'dapat at hindi dapat gawin' na ito ay dapat na binuo, ipakita at pasalitang ipaalam sa mga bisita sa paraang makatutulong sa kanila na maunawaan at sana ay pahalagahan ang kanilang kahalagahan, at upang makakuha ng boluntaryong pagsunod. Sa mga kuweba kung saan pumapasok ang mga bisita sa mga grupo ng paglilibot na sinamahan ng isang gabay sa kuweba, o isa-isa habang sinusubaybayan ng mga gabay na nakatalaga sa buong kuweba, ang gabay sa kuweba ay dapat na angkop na sanayin upang matiyak ang pagsunod sa mga tuntunin at regulasyon para sa proteksyon ng kuweba at kaligtasan ng mga bisita.

Ang karanasan ng isang bisita sa kuweba ay hinubog ng ilang mga kadahilanan na gumagana bago, habang at pagkatapos ng aktwal na pagbisita. Sa mga salik na ito, ang kamalayan, pag-asam, pagtanggap (pagdating) at pag-alala ay maaaring mas mahalaga kaysa sa aktwal na karanasan sa kuweba mismo, at sa katagalan, ang paggunita ay malamang na pinakamahalaga sa indibidwal. Ang anumang pagsubaybay sa karanasan ng bisita ay dapat na idinisenyo upang masuri ang mga salik na ito.



*Isa sa apat na interactive na istasyon na nagbibigay ng multimedia na impormasyon sa German at English, Wendelstein Cave, Germany. Larawan ni Peter Hofmann.*

Ang ilang mga pangunahing prinsipyo sa pagdidisenyo ng karanasan ng bisita ay:

- Ang impormasyong ginawang available sa publiko, online man o sa site, ay dapat na tumpak at hindi nagbibigay ng mapanlinlang na impresyon. Ang paggawa ng impormasyong ito bago ang pagbisita ay maaaring mabawasan ang hindi kanais-nais na pag-uugali at mapahusay ang pag-asa.
- Tiyakin na ang pinakamahusay na posibleng hitsura ay ibinibigay sa pasukan sa lugar ng kuweba.
- Sa mga kwebang iyon na may mga guided tour, ang bawat tour ay dapat na iayon para sa isang naaangkop na bilang ng mga bisita, para sa isang naaangkop na tagal ng oras at pangunahan ng isang matalinong gabay na sumusubok na bumuo ng isang relasyon o kaugnayan sa mga bisita.
- Ang bawat pagsusumikap ay dapat gawin upang matukoy ang mga partikular na pangkulturang pangangailangan at interes ng lahat ng bisita at ibigay ang mga ito.

Inirerekomenda na ang bawat palabas na kuweba ay bumuo ng isang partikular na tema o mga tema para magamit kapwa sa mga paglilibot at sa materyal na pang-promosyon sa internet, at na madaling maging batayan para sa isang programang pang-edukasyon. Bagama't ang pagbuo ng mga temang ito ay nagpapakita ng ilang hamon para sa mga gabay at tagapamahala, maaari silang magresulta sa mas makabuluhang mga karanasan sa kuweba para sa mga bisita at isang mas kumpleto na manggagawa. Noong nakaraan, karamihan sa mga paglilibot sa kuweba ay pinangungunahan ng gabay, ngunit noong ika-21 siglo CE, nagkaroon ng hakbang patungo sa mga self-guided na paglilibot na nagpapahintulot sa mga bisita na lumipat sa kweba sa kanilang sariling bilis. Ang paglipat sa self-guided cave tours, sa ilang mga kaso, ay hinihimok ng pagnanais na bawasan ang mga gastos sa pamamagitan ng paggamit ng mas kaunting mga gabay, ngunit posible rin na gumamit ng isang modelo kung saan ang mga gabay ay ipinakalat sa mga partikular na lokasyon sa pamamagitan ng kuweba upang matiyak ang kaligtasan, maiwasan makapinsala at magbigay ng karagdagang interpretasyon kung kinakailangan. Ang huling modelo ay partikular na angkop kung saan ang mga lokal na komunidad sa kanayunan ay kasangkot sa turismo sa kuweba at ang paggabay ay nagbibigay ng makabuluhang lokal na trabaho. Gagamitin ng ilang show cave ang bawat isa sa mga modelo o hybrid na ito sa panapanahon habang nagbabago ang pagbisita.

Ang mga self-guided tour ay nangangailangan ng ibang diskarte sa interpretasyon at ang mga sumusunod na

diskarte ay kasalukuyang ginagamit:

*Mga diskarte sa interpretasyon na ginagamit sa self-guided show caves*

<b>Uri ng interpretasyon</b>	<b>Ginamit sa mga kuwebang ito:</b>	
Signage lang	Maraming mga kuweba, kabilang ang mga nasa mga sumusunod na bansa:	
	Australia	Fig Tree Cave, New South Wales
		Mammoth Cave, Western Australia
	Austria	Lamprechtsofen Cave
	China	Furong Cave, Chongqing
		Tenglong Cave, Hubei Province
	Malaysia	Deer Cave, Sarawak
		Niah Great Cave, Sarawak
Slovenia	Škocjan Caves	
USA	Mammoth Cave, Kentucky	
Handset na may mga mensahe sa maraming wika	Laos	Vieng Xai Caves
	Spain	Cueva de Nerja
	USA	Carlsbad Cavern
Mga inayos na istasyon na may mga audio message	Mexico	Balankanche Cave
	UK	Dan yr Ogof
Available ang app para sa mga smart phone ng mga bisita	UK	Treak Cliff Cavern

Alinmang uri ang ginamit, ang mahusay na interpretasyon ay kritikal, kabilang ang paggamit ng pampakay na interpretasyon at pagsasama ng isang malakas na mensahe ng konserbasyon. Ang mga explanation board ay dapat nasa lokal na wika, gayundin sa anumang internasyonal na wika na umiiral.

**Mga Alituntunin**

- (20) *Ang mga kasalukuyang show cave ay dapat pangasiwaan sa pinakamataas na posibleng mga pamantayan at dapat magtrabaho tungo sa pagsunod sa ISCA Recommended Guidelines, gayundin sa mga alituntuning ibinigay dito.*
- (21) *Dapat magsagawa ng masusing pag-aaral upang matukoy ang kapaligiran at pang-ekonomiyang pananatili bago bumuo ng isang kuweba upang maging isang palabas na kuweba.*
- (22) *Ang kaligtasan ay dapat ang numero unong priyoridad para sa bawat palabas na kuweba.*
- (23) *Ang pagtukoy sa kapasidad na dala ng bisita ng isang partikular na show cave ay ang balanse sa pagitan ng pagbibigay ng ligtas, nagbibigay-kaalaman at kasiya-siyang karanasan sa paglilibot sa cavern para sa mga bisita at pagliit ng epekto sa kapaligiran ng kuweba, habang nakakamit ang mga layuning pang-ekonomiya. Lahat ng tatlo - karanasan ng bisita, epekto sa kapaligiran at mga layunin sa ekonomiya - ng mga salik na ito ay dapat isaalang-alang.*
- (24) *Kinakailangang magkaroon ng site plan na naglalarawan sa detalye sa ibabaw at detalye sa ilalim ng lupa ng isang kweba upang masuri ang potensyal na epekto ng mga gawa sa ibabaw sa isang kuweba.*
- (25) *Ang angkop na imprastraktura sa pasukan ng isang palabas na kuweba ay mahalaga para sa pagpapanatili ng likas na kapaligiran ng kuweba.*

(26) Sa lahat ng bagong pag-unlad, maging sa mga kasalukuyang show cave o sa mga bagong site, ang mga pangangailangan sa imprastraktura ay dapat maingat na tasahin, idinisenyo at i-install, na isinasaalang-alang ang kasalukuyang pinakamahuhusay na kagawian.



Maaaring maranasan ng mga bisita ang kagandahan at texture ng yelo sa Eisriesenwelt cave, Austria. Larawan ni Csaba Egri.

(27) Ang network ng electric lighting sa isang kweba ay mas mainam na hatiin sa mga zone, kaya ang mga bahagi lamang ng kweba na kasalukuyang inookupahan ng mga bisita ang mabisang masisindi. Ang paggamit ng liwanag ay dapat na i-minimize upang maipaliwanag lamang ang ilang mga tampok at lumikha ng isang kapaligiran na nagpapahusay sa karanasan ng bisita.

(28) Ang mabisang pamamahala ng show cave ay sinusuportahan ng pagsubaybay upang payagan ang adaptive na pamamahala sa site. Sa pinakamababa, ang pangunahing pagsubaybay sa kweba, fauna, klima at mga konsentrasyon ng carbon dioxide ay dapat isagawa ayon sa iskedyul ng pagsubaybay.

(29) Ang mga tagapamahala ng show cave ay dapat na may kakayahan sa parehong pamamahala ng negosyo ng show cave at pangangalaga sa kapaligiran nito.

(30) Ang mga gabay sa anumang palabas na kuweba ay gumaganap ng napakahalagang papel bilang ugnayan sa pagitan ng kuweba at ng bisita. Mahalaga na ang mga gabay ay wastong sinanay sa mga halaga ng partikular na kuweba at sa kanilang interpretasyon para sa mga bisita.

(31) Ang lahat ng palabas na kuweba ay dapat bumuo ng mataas na kalidad na interpretive na impormasyon upang matulungan ang publiko na mas maunawaan at pahalagahan ang kapaligiran ng kuweba.



## Mga aktibidad sa pakikipagsapalaran at turismo sa surface karst

Noong ika-21 siglo CE, dumami ang mga aktibidad sa pakikipagsapalaran at turismo sa hubad na ibabaw na karst, kabilang ang mga lugar ng limestone pavement, pinnacle karst, cliff at canyon. Ang mga masungit at kung minsan ay malalayong tirahan na ito ay maaaring may hindi nakikilalang mga halaga ng biodiversity at geodiversity na dapat pangalagaan, lalo na sa mga protektadong lugar. Samakatuwid, mahalagang suriin ang mga lugar na ito para sa mga bihirang o endemic na species ng mga halaman (hal., orchid) o hayop (hal., langurs), o para sa mga marupok na karst feature (hal., pinnacles), bilang bahagi ng proseso ng paggawa ng desisyon kung upang payagan ang mga naturang aktibidad, sa ilalim ng anong mga kundisyon (mga regulasyon) at kung saan (zoning).

Anumang imprastruktura na kinakailangan at pinahihintulutan upang suportahan ang mga naturang aktibidad ay dapat na idisenyo at i-install upang ito ay may maliit na epekto sa karst, kapwa sa paningin at sa mga tuntunin ng integridad nito, at maaaring madaling alisin sa hinaharap, kung kinakailangan, ibalik ang karst halos sa natural na kalagayan nito.

Ang mga karst circuit batay sa via ferrata ay nagmula noong ika-19 na siglo CE sa mga alpine karst na lugar ng Europe. Ang Via ferrata ay naging mas sikat mula noong huling bahagi ng ika-20 siglo CE, lalo na sa Europa at kumakalat sa buong mundo. Ang mga karst circuit na may access na pinadali ng iba't ibang kumbinasyon ng imprastruktura ay binuo sa pamamagitan ng pinnacle karst sa ilang mga lokasyon. Sa Tsingy de Bemaraha WHP sa Madagascar, ang Big Tsingy circuit ay kinabibilangan ng mga walkway, platform, hagdan, suspension bridge at cable safety lines sa mga lugar. Ang isang karst circuit sa Phu Pha Marn pinnacle karst sa gitnang Laos ay kinabibilangan ng mga zipline, via ferrata, suspension bridge, isang net bridge at mga platform, na may cable safety lines sa buong circuit. Ang mga circuit na ito ay nagbibigay-daan sa mga bisita na galugarin at maranasan ang mga nakamamanghang pinnacle karst landscape at makita ang endemic wildlife (hal., lemurs at langurs), na kung hindi man ay halos hindi naa-access. Ang mga bisita sa maliliit na grupo ay pinangungunahan sa mga sirkito ng mga sinanay na gabay. Tinitiyak ng sobrang masungit at lantad na mga landscape na mananatili ang mga bisita sa tinukoy na ruta, na nag-iwan ng maliit na epekto hangga't maaari sa natural na ekosistema. Ang mga bisita ay hindi dapat payagang maglakad o umakyat sa marupok na tugatog o iba pang katangian ng karren na maaaring madaling masira.

Ang pag-akyat sa bato ay may mahabang kasaysayan, ngunit noong ika-21 siglo CE, nagkaroon ng kapansin-pansing pagtaas sa bilang ng mga kalahok, lalo na sa 'bouldering' kung saan walang nakapirming tulong na ginagamit at walang mga lubid na ginagamit. Ang mga tirahan ng talampas, sa kasaysayan ay isa sa hindi gaanong nababagabag ng aktibidad ng tao, ay nahaharap sa mas maraming presyon ng tao kaysa dati. Ipinakita ng mga pag-aaral na ang mga ruta ng pag-akyat ay may mas kaunting takip ng halaman at mas mababang biodiversity kaysa sa mga katulad na lugar ng talampas na hindi ginagamit para sa pag-akyat. Ang limestone sa pangkalahatan ay hindi malinis na bali tulad ng granite o sandstone. Ito ay maaaring maging mahirap na magtakda ng 'tradisyonal' na naaalis na mga anchor (chocks at cams) para sa proteksyon sa limestone cliff. Sa halip, karamihan sa limestone aid-climbing area ay gumagamit ng pre-placed bolted anchors para sa proteksyon. Mayroong mga code ng pag-uugali para sa rock climbing, tulad ng Climber's Pact (tingnan ang Internet Resources), na tumutugon sa proteksyon ng biodiversity, geodiversity at kultural na halaga (hal., katutubong rock art) sa mga lugar ng pag-akyat. Ang *Canyoning* ay isang panlabas na libangan na aktibidad na binubuo ng pagtawid sa isang kanyon o bangin, kadalasang may umaagos na batis, gamit ang iba't ibang pamamaraan tulad ng abseiling, scrambling, pag-akyat, pagtalon at paglangoy. Bagama't ang canyoning ay ginawang tanyag ng mga Amerikano at Europeo noong 1970s, ang mga pinagmulan nito ay maaaring masubaybayan pabalik sa huling bahagi ng ika-19 na siglo CE sa France. Si Edouard Alfred Martel, na kilala bilang 'ama ng modernong speleology' at isang pioneer ng paglalugad at pag-aaral ng kuweba, ay unang nagpakilala ng mga diskarte sa canyoning upang magsagawa ng siyentipikong pananaliksik sa mahirap maabot na mga lugar ng bangin. Upang mabawasan ang epekto sa kapaligiran ng canyoning, inirerekumenda na panatilihin mag-stream ng mga channel at maiwasan ang mga sensitibong stream bank at mga halaman. Kung maaari, gumamit ng mga natural na anchor at naaalis na rigging sa paraang maiwasan ang pinsala at protektahan ang mga natural na ibabaw ng karst. Ang isang code ng pag-uugali sa canyoning mula sa International Canyoning Organization for Professionals (tingnan ang Mga Mapagkukunan ng Internet) ay kinabibilangan ng pagtalakay sa kamalayan at proteksyon sa kapaligiran.



*Zipline sa pamamagitan ng pinnacle karst sa protektadong lugar ng Phou Pha Marn, Laos. Larawan ng Green Discovery Laos.*

### **Mga Alituntunin**

- (32) Ang masungit at malalayong surface karst na tirahan ay maaaring may hindi nakikilalang biodiversity at geodiversity values na dapat suriin at suriin bilang bahagi ng proseso ng paggawa ng desisyon kung papayagan ang mga aktibidad sa pakikipagsapalaran at turismo sa kanila, sa ilalim ng anong mga kondisyon at saan.*
- (33) Ang mga imprastruktura na kinakailangan upang suportahan ang mga aktibidad sa ibabaw ng karst ay dapat na idisenyo at i-install upang ito ay may maliit na epekto sa karst, kapwa sa paningin at sa mga tuntunin ng integridad nito at, kung kinakailangan, ay madaling alisin sa hinaharap, ibalik ang karst halos sa natural nitong kalagayan.*

### **Siyentipikong pananaliksik**

Ang mga kuweba ay isa sa mga pinakamagandang lugar upang pag-aralan ang mga nakaraang kasaysayan ng ating planeta at sangkatauhan, pati na rin ang mga biological evolutionary na proseso. Ang mga ito ay mahusay na insulated na mga time capsule, na may predisposed sa maraming paraan upang mapanatili ang mga organikong materyal tulad ng buto, shell, pollen, uling at materyal ng halaman at hindi organikong materyal, kabilang ang parehong mga clastic sediment at speleothems. Ang mga kuweba at pasukan ng kuweba ay nagsisilbing pansamantalang kanlungan o permanenteng kanlungan para sa maraming uri ng halaman, hayop at micro-organism na hindi nabubuhay sa ibabaw, lalo na sa mga rehiyong iyon kung saan nililimitahan ng tigang, mababang halumigmig at labis na temperatura ang mga organismo.

Ang mga organic at inorganic na materyales ay dinadala sa mga kuweba sa pamamagitan ng iba't ibang natural na geomorphological na proseso, kadalasang kinasasangkutan ng tubig at, sa ilang mga kaso, hangin. Sa sandaling maipon ang mga materyales sa ilalim ng lupa at kapag ang mga sipi ay naging relict, ang mga naipon na deposito ay pinangangalagaan mula sa mga proseso ng weathering na gumagana sa ibabaw. Karamihan sa mga aktibong karst hydrological system ay nailalarawan sa pamamagitan ng mabilis na pagdaloy ng mga oras, bagaman sa ilang mga lugar, ang tubig sa lupa ay sumusunod sa malalim na daloy ng daloy at maaaring tumagal ng daan-daan o libu-libong

taon upang bumalik sa ibabaw. Sa pagbibigay ng walang paghahalo sa malapit-ibabaw na tubig, lumilitaw sila nang walang anumang mga anthropogenic na pollutant, tulad ng chlorofluorocarbons o ang ipinakilala ng tao na atomic radiation noong 1950s. Para sa pag-aaral ng mga palaeo-environment o archaeology, ang mga kuweba ay nagbibigay na ngayon ng 'supermarket' ng multi-disciplinary na impormasyon na kinabibilangan ng isotopes na napreserba sa speleothem, skeletal material at environmental DNA (e-DNA) na napreserba sa mga sediment. Para sa pananaliksik na tumutuon sa mga tagapagpahiwatig ng pagbabago ng klima, nag-aalok ang isang well-preserved cave site ng maraming mga pahiwatig at materyales sa pag-aaral. Kabilang dito ang mga layer ng abo ng bulkan, mga deposito ng slackwater mula sa mga baha at maraming isotopes at mga organikong residue na naroroon sa mga drip water at speleothem.

Para sa biological research, ang mga kuweba ay inihalintulad sa 'subterranean laboratories' dahil sa malakas na insulated at buffered na kapaligiran nito kung saan marami sa mga variable at perturbation na nakakaapekto sa surface environment ay wala o malakas na naka-mute. Kabilang dito ang patuloy na kadiliman, malapit sa pareparehong temperatura at mataas na kahalumigmigan, mababang supply ng pagkain at wala o malakas na naka-mute na mga diurnal/pana-panahong pahiwatig. Ang medyo matatag at mahuhulaan na mga kondisyong ito ay ginagawang ang mga kuweba at fauna ng kuweba ay lubos na angkop para sa pagsasaliksik sa mga pangunahing katanungang biyolohikal tulad ng mga nauugnay sa adaptasyon, daloy ng enerhiya at mga proseso ng ebolusyon. Ang mga aktibong kuweba ay karaniwang tumatanggap ng mga regular na input mula sa ibabaw, ngunit ang mga relict na kuweba ay maaaring maging hiwalay na 'mga isla sa ilalim ng lupa', kung saan maaaring mag-evolve ang espesyalista, lokal na endemic, 'troglobiont' species. Dahil ang mga species na ito ay bihira at karaniwang may mga pinaghigpitang saklaw ng pamamahagi, mahalagang suriin ang mga potensyal na epekto ng mga aktibidad sa pananaliksik sa kanila.

Ang mga populasyon ng ibon at paniki na naninirahan sa kuweba ay lalong madaling kapitan ng kaguluhan mula sa mga taong pumapasok sa mga kuweba, anuman ang siyentipikong pananaliksik. Ang pagkuha ng mga paniki at ibon, o pangongolekta ng pugad, sa mga lugar ng pag-iipon at pag-aanak ng kuweba, para sa pananaliksik man o para sa tradisyonal na pagkain/gamot, ay maaaring magkaroon ng napakalaking epekto sa lokal na populasyon ng ibon at paniki. Karamihan sa mga populasyon ng mga cave invertebrate ay mukhang hindi gaanong reaktibo o halatang naaabala ng presensya ng tao. Ang pagyurak ay isang halatang direktang banta sa mga indibidwal na cave invertebrate, at ang mabigat na trapiko ng tao ay maaaring magkaroon ng malaking epekto sa mga mahihinang species ng tirahan sa sahig, na malamang ay misteryoso. Ang pagyurak ng malambot na mga sediment ay isang pangkalahatang problema para sa lahat ng mga caver, hindi lamang sa mga siyentipiko. Ang paglalakad sa maluwag na mga bato ay maaaring madurog ang mga species na nakasilungan sa ilalim. Gayunpaman, ang karamihan sa mga invertebrate na populasyon ay malamang na nasa meso-cavity, at lalabas lamang sa mga daanan ng kuweba kapag angkop ang mga kondisyon.

Ang labis na pagkolekta ng mga siyentipiko ay itinuturing din bilang isang banta sa cave fauna. Ito ang kaso sa ilang bansa sa Europa kung saan ang Olm salamander (*Proteus*) ay isang mahalagang eksibit sa museo. Ang mga kuweba ay hinahanap pa rin bilang mga collectible na specimen, katulad ng mga butterflies, ng mga baguhan at propesyonal na entomologist. Ang pang-aghams na labis na pagkolekta ay malamang na maging isang banta kung saan ang proyekto ng pananaliksik ay nangangailangan ng malaking bilang ng mga specimen, tulad ng mga genetic na pag-aaral ng populasyon, at kapag ang populasyon na sinasample ay maliit at nakahiwalay. Alam ng karamihan sa mga modernong biologist ang potensyal na epekto ng labis na pagkolekta, at ang karamihan sa mga biological na pag-aaral ay isinasagawa nang may kaunting kaguluhan sa mga populasyon at kakayahang mabuhay ng mga species. Kabilang dito ang pag-alis ng mga pitfall traps na hindi na ginagamit. Gayunpaman, ang paminsan-minsang koleksyon ng mga indibidwal na specimen para sa siyentipikong pagkakakilanlan at taxonomy ay hindi dapat ituring bilang isang banta; sa halip ito ay mahalaga para sa tumpak na pagkakakilanlan at konserbasyon ng mga species. Maaaring magresulta sa epekto sa kapaligiran ang hindi magandang disenyo (o isinagawa) na mga eksperimentong siyentipiko. Noong 1970s, halimbawa, nagkaroon ng pagtatangka na gayahin ang sikat na Moulis Underground Laboratory (France) sa isang kuweba ng Brazil sa loob ng isang protektadong lugar. Nabigo ang pagtatangka, na nagresulta sa pagkamatay ng maraming isda na inangkop sa kuweba, na ang problema ay pinalala pa ng hindi pagtanggap ng mga nakababahalang istruktura ng laboratoryo.

Mahalagang tandaan na ang pinakamalaking banta sa cave fauna at sa cave ecosystem ay hindi nagmumula sa siyentipikong pananaliksik, sa halip na nagmula ang mga ito sa mga aktibidad sa labas ng kuweba, kabilang ang mineral extraction, deforestation, agrikultura, pagkuha ng tubig sa lupa, polusyon sa tubig at sedimentation. Ang mga caver sa pangkalahatan ay maaaring hindi sinasadyang makaapekto sa mga kuweba sa pamamagitan ng pagpasok ng mga mikrobyo sa mga underground ecosystem (tingnan ang Recreational at adventure caving).

Ang pagtatalaga ng mga protektadong lugar ay karaniwang pinagbabatayan ng malawak na siyentipikong pananaliksik, na kung minsan ay makikita sa pangalan ng site. Minsan ang mga protektadong lugar ay nilikha dahil ang siyentipikong pananaliksik ay nagpakita ng pagkakaroon ng mga mahahalagang pag-aari sa kapaligiran na nararapat protektahan. Ganito ang kaso sa mga lugar na may mga bihirang o nanganganib na species o mga pangunahing geosite. Gayunpaman, maraming mga lugar na protektado ng karst, lalo na ang mga itinalaga pangunahin para sa mga kadahilanang landscape, kung saan may limitadong pag-unawa sa kung paano umunlad ang mga anyong lupa o sa mga proseso at ugnayan na gumagana upang mapanatiling gumagana ang system. Maraming mga lugar na protektado ng karst ang naging mga sentro ng mataas na kalidad na pananaliksik dahil nagpapakita ang mga ito ng makabuluhang likas na halaga, at dahil din sa maraming bahagi ng mundo, ang mga protektadong lugar ay malugod na tinatanggap ang aktibidad na pang-agham.



*Isang biospeleologist na nagsa-sample ng mga invertebrate sa Frauenhaldenhöhle, Germany. Larawan ni Rainer Straub.*

Malaki ang naitulong ng pananaliksik sa mga protektadong lugar sa pag-unawa sa mga sistema ng karst. Ang Mammoth Cave National Park (NP), sa Kentucky, at Carlsbad Caverns NP sa New Mexico, parehong World Heritage Properties sa USA, ay naging mga pangunahing lugar para sa pagbuo ng karst hydrogeology at speleogenesis (Mammoth) at ng hypogene speleogenesis at cave geomicrobiology (Carlsbad). Mayroong imprastruktura ng pananaliksik sa parehong mga parke, kabilang ang tirahan, pati na rin ang isang sumusuportang kawani, na kung minsan ay hindi nangyayari kapag ang pagsasaliksik ay isinasagawa sa mga pribadong lupain. Ang karagdagang bentahe ng pananaliksik sa mga protektadong lugar ay maaaring mayroong higit na proteksyon para sa mahalagang kagamitan sa larangan. Ang mga instrumento sa pagsubaybay tulad ng mga fluorometer at logger na nagmomonitor sa mga parameter ng kapaligiran ay karaniwang kailangang i-deploy para sa pinalawig na mga panahon upang mangolekta ng makabuluhang data, na may palaging panganib ng pinsala o pagnanakaw. Ang mga tauhan ng protektadong lugar ay maaari ding tumulong sa pagkolekta ng data, pagsuri sa integridad ng kagamitan at pagbibigay ng mga siyentipikong insight kung hindi man ay hindi available sa isang siyentipiko sa isang malayong lokasyon. Ang ilang mga protektadong lugar ay may mga lokal na siyentipiko sa kanilang mga permanenteng kawani, kung minsan ay tinatawag na 'mga espesyalista sa kuweba'. Ito ay nagbigay-daan sa mataas na kalidad na pananaliksik na maisagawa sa isang regular na batayan. Sa Mammoth Cave NP, ang pananaliksik ng resident scientific staff ay nagbunga ng pinakadetalyadong pagmamapa sa mundo ng groundwater basin sa karst. Ang isang karagdagang bentahe ng pagkakaroon ng mga residenteng siyentipiko ay ang posibilidad na magbigay sa mga mag-aaral at sa pangkalahatang publiko ng malalim na impormasyon sa karst at mga kuweba. Sa USA, ang pakikipagtulungan sa pagitan ng Mammoth Cave NP at ng kalapit na Western Kentucky University ay nagbigay-daan

sa pagpapatupad ng 'Karst Field Studies' na programa, isang serye ng isang linggong karst at cave focused field seminar na pinangunahan ng parehong residente at hindi lokal na mga siyentipiko na ay tumatakbo mula noong 1979.



*Coring a speleothem para sa paleoclimate research, na isinagawa sa ilalim ng permit sa isang Site of Special Scientific Interest sa UK. Larawan ni John Gunn.*

Ang maaaring tawaging 'pananaliksik na nakatuon sa loob' ay naglalayong pataasin ang pag-unawa sa mga protektadong lugar at samakatuwid ay maaaring direktang gamitin sa pamamahala. Ang isang maayos na programa ng pagsubaybay (tingnan ang Pagbuo ng epektibong pagsubaybay at pagpapagaan) ay malamang na kumakatawan sa isang anyo ng pananaliksik na magbubunga ito ng siyentipikong data na dapat maging paksa ng mahigpit na pagsusuri. Gayunpaman, ang pananaliksik na nakatuon sa loob ay naiiba sa nakagawiang pagsubaybay sa pamamagitan ng pagsagot sa mga partikular na tanong (hal., isang programa ng pagsubaybay sa tubig gamit ang mga tina upang maitatag ang lugar ng catchment ng isang bukal o bukal) o mga problema (hal., pagsisiyasat sa pagbaba ng isang partikular na species ng halaman o hayop na natukoy sa pamamagitan ng pagsubaybay). Sa kabaligtaran, ang 'pananaliksik na nakatuon sa labas' ay gumagamit ng data o materyal na nakolekta sa loob ng protektadong lugar upang tugunan ang mas malawak na mga isyu (hal., muling pagtatayo ng mga nakaraang kapaligiran gamit ang rekord na napanatili sa mga speleothem, o ang paggamit ng kuweba bilang laboratoryo sa ilalim ng lupa). Ang isang magandang halimbawa ng huli ay ang Vivarium na matatagpuan 50 m sa loob ng Postojna Cave, Slovenia, na bahagi nito ay isang laboratoryo na ginagamit para sa gawaing siyentipiko at pananaliksik. Ginagamit din ang mga terrestrial cave bilang testing ground para sa mga robot na maaaring gamitin upang tuklasin ang mga kuweba sa ibang mga planeta. Sa ilang mga sitwasyon, ang pagpopondo para sa pagsasaliksik ay mas pinili sa mga protektadong lugar. Sa Brazil, kung saan ang mga kuweba ay protektado sa isang pederal na antas, ang perang kompensasyon sa kapaligiran na nauugnay sa mga epekto sa mga kuweba ay dapat na mas pinili sa pananaliksik sa mga kuweba. Ang ilang palabas na kuweba, gaya ng sikat na Nerja Cave, malapit sa Malaga, Spain, ay pinondohan din ang pananaliksik sa karst, kabilang ang mga siyentipikong kumperensya.

Sa lahat ng protektadong lugar, ang pagsasaliksik sa mga kuweba at sa karst ay nararapat lamang na maganap pagkatapos ng nakasulat na aplikasyon at ang pagbibigay ng permiso sa pagsasaliksik. Ang mga pahintulot ay dapat ilapat nang maaga, at ipinapayong magtrabaho ang pangkat ng pananaliksik kasama ng mga lokal na komunidad, kabilang ang naaangkop na pagbabayad para sa mga serbisyo. Ang ilang mga bansa ay may mga tiyak na tuntunin para sa mga mananaliksik mula sa ibang mga bansa na gustong magsagawa ng pananaliksik sa karst at kuweba. Ang

layunin ay upang matiyak na ang mga mananaliksik ay hindi gumamit ng isang 'kolonyalista' na diskarte at na ang host country ay nakikibahagi sa kaalaman na nakuha. Ang UIS ay nagpatibay ng isang Code of Ethics para sa mga internasyonal na ekspedisyong caving, na ang ilan ay kinabibilangan ng isang partikular na bahagi ng pananaliksik (tingnan ang Mga Mapagkukunan ng Internet). Ito ay partikular na mahalaga na ang mga nagsasagawa ng pananaliksik sa mga bansang walang kasaysayan ng paggalugad sa kuweba ay tumulong sa mga lokal na tao na maunawaan ang layunin ng kanilang trabaho, upang maiwasan ang posibleng hindi pagkakaunawaan. Isang kapuspalad na kaso ang isang ekspedisyong sa Ethiopia kung saan sinabihan ang mga lokal na ang mga speleothem ay "mahalaga para sa siyentipikong pananaliksik", na humantong sa ilang mga tao na pumunta sa mga kuweba at alisin ang speleothem sa paniniwalang maaari silang ibenta.

Hangga't maaari, dapat ipaalam sa mga tauhan ng protektadong lugar ang tungkol sa proyekto ng pananaliksik at, kung maaari, dapat silang kasangkot sa pangongolekta ng data. Ito ay magbibigay-daan sa kanila na sumangguni sa pananaliksik kapag nagbibigay ng mga paglilibot sa mga grupo ng mga bisita, at mas mahusay na tumulong sa mga susunod na pangkat ng pananaliksik na may mga detalyeng partikular sa larangan sa mga naunang pag-aaral. Dapat hikayatin ang mga mananaliksik na gawing available ang kanilang gawain sa isang anyo na mauunawaan ng mga bisita. Ito ay maaaring sa pamamagitan ng poster presentation sa visitor center, isang artikulo sa internet o sa pamamagitan ng social media. Sa ilang mga kaso, posibleng magbahagi ng data nang malawakan. Ang British Cave Science Center (BCSC) sa Poole's Cavern, isang Site ng Espesyal na Scientific Interest sa Buxton, England, ay nagtatag ng isang real-time na sistema ng pagsubaybay sa klima ng kuweba. Ang data ay ina-upload sa BCSC web site at maaaring i-download at gamitin ng sinuman nang walang bayad (tingnan ang Internet Resources).

Inirerekomenda na ang mga form ng aplikasyon para sa mga permit sa pananaliksik ay kasama ang:

- Isang paglalarawan ng proyekto at, para sa panlabas na nakatuong pananaliksik, mga dahilan kung bakit kailangan itong isagawa sa protektadong lugar kaysa sa ibang lugar.
- Ang (mga) lokasyon kung saan ilalagay ang mga kagamitan o mga sample ay kokolektahin (at dami at dalas ng pagkolekta ng sample) na may katwiran para sa partikular na (mga) lokasyong pinili.
- Isang pagtatasa ng mga potensyal na epekto at mga hakbang na gagawin upang mabawasan ang mga epektong iyon. Ang isang magandang halimbawa ay ang pananaliksik na nangangailangan ng paggamit ng mga speleothem, tulad ng sa paleoclimate/paleoenvironment studies. Noong 1980s, kapag medyo malaking halaga ng materyal ang kailangan, karaniwan na ang buong speleothem ay tinanggal mula sa mga kuweba. Para sa karamihan ng mga pag-aaral, hindi na ito kinakailangan, dahil maliit na halaga lamang ng materyal ang kailangan at ang mga ito ay maaaring makuha sa pamamagitan ng maingat na pagkuha ng manipis na core. Matapos ma-extract ang core, maaaring magpasok ng maliit na plug, na nagpapahintulot sa speleothem na mag-heal-over kung mayroong patuloy na pag-ulan ng calcite. Kung magagamit, ang kagustuhan ay dapat ibigay sa mga sirang sample ng speleothem, isang karaniwang sitwasyon sa mga kuweba na tumatanggap ng pagbisita. Kung walang sirang speleothems, dapat gamitin ang konserbatibong diskarte, pagpili ng materyal na hindi nakikita at may limitadong aesthetic na halaga.
- Mga detalye sa anumang nakaplanong biological o microbiological sampling. Ito ay partikular na mahalaga kung saan ang mga mananaliksik ay nakabase sa mga bansa maliban sa isa kung saan isasagawa ang sampling, dahil hindi pinapayagan ng ilang bansa na i-export ang mga materyales na ito nang walang karagdagang papeles dahil sa madalas na mga kaso ng biopiracy. Sa kabaligtaran, ang mga bansa tulad ng Australia at USA ay may napakahigpit na batas tungkol sa pag-import ng biological na materyal o lupa.
- Ang paggamit ng mga drone at robot para sa cave photography at pagmamapa ng mga sinanay na cave operator ay isang kamakailang pag-unlad na maaaring magbigay ng mataas na kalidad na data para sa siyentipikong pagsusuri at interpretasyon, ngunit ang anumang paggamit ng mga device na ito ay dapat na aprubahan bilang bahagi ng permiso sa pagsasaliksik.

Dapat malaman ng mga nagsusuri ng mga aplikasyon ng permiso na ang mga lumang pamamaraan o protocol ay maaaring magresulta sa pangmatagalang pinsala sa mga mapagkukunan ng kuweba at karst. Nangyari ito sa panahon ng arkeolohiko at paleontological na gawain nang ang mga paghuhukay at pagtanggap ng mga artifact o biological na labi ay isinagawa nang walang kontekstwal (taphonomic) in-situ na pag-aaral, na nililimitahan ang mga pagkakataong makakuha ng kritikal na kronolohikal at depositional na impormasyon. Kung maaari, ang isang kinatawan na bahagi ng deposito ay dapat na mapanatili nang buo upang bigyang-daan ang trabaho sa hinaharap

na may mas advanced na mga diskarte. Ang matatag na mga kondisyon sa kapaligiran na may posibilidad na mapadali ang pangangalaga ng mga paleontological assemblage at ang kanilang mga konteksto ay ang mga pinakabulnurable sa kaguluhan. Ang mga paghuhukay sa naturang mga sipi ay maaaring magsama ng mga makabuluhang pagbabago sa rehimen ng enerhiya, na may kaukulang mga epekto sa kapaligiran sa ilalim ng lupa. Alam ng lahat ng mga arkeologo ang mga materyales na maaaring makagambala sa kanilang mga mamahaling paraan ng pakikipag-date, ngunit ang nabubulok na plastic sheeting at nabubulok na shade netting ay makikita pa rin sa maraming lugar ng kuweba pagkatapos ng 'rehabilitasyon' ng mga nahukay na lugar. Kabaligtaran sa kaguluhan sa ibabaw ng lugar, ang mga bakas o epekto ng mga aktibidad ng tao sa medium o mababang enerhiya na kapaligiran sa ilalim ng lupa ay maaaring magpatuloy sa daan-daan o kahit libu-libong taon. Dapat hikayatin ang mga mananaliksik na samantalahin ang mga teknolohikal na pagsulong, lalo na ang malayong pagsubaybay sa mga pagkakataon sa ibabaw ng lugar, sa gayon ay binabawasan ang bilang ng mga pagbisita. Ang mga photovoltaic panel at maliliit na wind turbine ay nagbibigay-daan sa patuloy na pagsubaybay nang hindi nangangailangan ng mga pagbisita upang palitan ang mga baterya at maaaring ma-upload ang data gamit ang mga mobile phone o satellite network.

### *Mga Alintuninin*

- (34) *Ang lahat ng protektadong lugar na may mga kuweba at karst ay dapat bumuo ng mga patakaran para sa pamamahala ng pananaliksik, na dapat lamang pahintulutan kasunod ng pagtanggap at pag-apruba ng isang aplikasyon.*
- (35) *Ang mga nagnanais na magsaliksik sa mga kuweba ay dapat na maipakita na pamilyar sila sa mga kapaligiran sa kuweba at sa lokal na Minimal Impact Caving Code, o na nakikipagtulungan sila sa mga may karanasang siyentipikong kuweba na magtitiyak ng pagsunod sa code.*
- (36) *Para sa mga kuweba na may plano sa pamamahala, dapat mayroong isang seksyon sa mga aktibidad sa pananaliksik.*
- (37) *Ang lahat ng mga mananaliksik na nagtatrabaho sa mga kuweba o sa karst maging sa loob o labas ng mga protektadong lugar ay inirerekomenda na maingat na suriin ang kanilang mga panukala, kabilang ang paghahambing ng mga potensyal na benepisyo na may panganib ng pinsala sa kapaligiran o mga kultural na halaga.*
- (38) *Dapat magkaroon ng diin sa minimal na mga paraan ng sampling para sa fauna, speleothems at sediments, at ang mga mananaliksik ay dapat mangako sa pag-publish ng mga resulta sa isang form na madaling maunawaan ng publiko gayundin sa akademikong media. Ang mga mananaliksik ay dapat mangako sa pag-alis ng kagamitan at rehabilitasyon sa lugar (kung kinakailangan) sa pagtatapos ng proyekto.*

### **Agrikultura at kagubatan**

Ang pag-unlad ng mga species ng tao ay hindi mapaghihiwalay na nauugnay sa pag-alis ng natural na mga halaman, karamihan sa mga kagubatan, at ang pagpapalit nito ng lupang pang-agrikultura. Kaya, ang sunud-sunod na mga halaman na pinilit ng tao ay nakagambala sa mga natural na evolve na ecosystem, na may isang tiyak na komposisyon ng floristic at isang pangmatagalang inangkop na biota. Sa buong mundo, ang tanging mga lugar ng karst na hindi nakaranas ng ilang epekto mula sa kagubatan at agrikultura ay matatagpuan sa mga malalayong lokasyon o nakatanggap ng malakas na proteksyon na humadlang sa agrikultura o paglilinis ng kagubatan. Maraming mga epekto ng tao sa karst ay direkta at naisalokal, tulad ng mga mula sa mga industriya ng extractive, na ang epekto ay nag-iiba mula sa maliit hanggang sa malalim. Halimbawa, ang rock desertification na laganap sa mga bahagi ng Mediterranean basin at sa timog Tsina, ay bunga ng pagguho ng lupa na dulot ng pag-alis ng mga katutubong halaman at mga follow-up na gawaing pang-agrikultura. Ito ay inilarawan bilang ang pinakamalalim na epekto ng tao sa karst. Kahit na sa mga mapagtimpi na lugar kung saan ang karst ay halos nababalot ng lupa, ang pinakamalaking anthropogenic na epekto (sa mga tuntunin ng saklaw ng lugar) ay karaniwang mula sa agrikultura.



*Karst landscape na ginagamit para sa grazing, Mirador de Camba, Asturias, Spain. Larawan ni David Gillieson*

Ang rehiyon ng Mediteraneo, ang duyan ng sibilisasyong European, ay isang 'type-location' para sa mga epekto ng tao sa mainit-init na karst. Ang mga primeval pine at cedar forest nito ay unti-unting napalitan ng pangalawang scrub association na kilala bilang garrigue o phrygana. Ang mga komunidad ng halaman na may katulad na physiognomy ay nabuo pahilaga, sa Balkans at Silangang Europa sa kalagitnaan ng latitude, sa ilalim ng mas katamtaman, bagaman medyo kontinental na mga kondisyon ng klima (ang Serbian shibljak at ang matinik na mantle na Crataego-Prunetea shrubland na komunidad). Ang mga mainit na tuyong palumpong na ito ay bumubuo sa nangingibabaw na mga asosasyon ng halaman sa maraming limestone karst highlands. Sa labas ng Europa, may mga katulad ngunit mas kamakailang mga uso. Sa Madagascar, ang native forest deforestation para sa conversion sa agricultural land ay isang malaking banta sa endemic cave stream fauna dahil sa mabilis na pagbabago sa trophic base ng food webs, na nagdudulot ng matinding pagkawala ng biodiversity. Sa ilang mga rehiyon ng karst sa timog-silangang Asya, ang paglilinis ng katutubong kagubatan at ang pagpapalit nito ng mga plantasyon ng palm oil ay isang partikular na alalahanin. Ang mga karst na lugar na nananatili sa isang natural na kondisyon ay sumusuporta sa isang mayamang biodiversity kumpara sa mga katabing lithologies. Ang biodiversity na ito ay bahagyang napanatili ng mga tradisyunal na gawi ng mga lokal na komunidad, ngunit maaaring mabilis na sirain ng komersyal na aktibidad. Sa kaibahan sa kanilang mga direktang epekto sa karst biodiversity, ang hindi direktang epekto ng agrikultura at kagubatan sa karst geoheritage ay higit na hindi direkta at pangunahing nauugnay sa mga pagbabago sa kalidad at dami ng tubig.

### *Mga gawaing pang-agrikultura sa mga karst terrain*

Ang pagsasanay sa agrikultura sa mga lugar ng karst ay madalas na naging hamon para sa mga komunidad sa kanayunan at ang kanilang mga pagtatangka na lutasin ang mga isyu tulad ng kakulangan ng tubig ay karaniwang nakakaapekto sa mga sistema ng karst. Sa ilang bahagi ng Europa, isang natatanging uri ng tanawin, kung minsan ay tinatawag na 'agri-karst' ay nabuo bilang tugon sa lokal na klima at mga pamamaraang pang-agrikultura. Ang mga gawaing pang-agrikultura sa karst, tulad ng karst mismo, ay higit na naiimpluwensyahan o kinokontrol ng klima at tatlong malalawak na sona ay maaaring makilala:

- Mga lugar na mahalumigmig-tropikal na may masinsinang agrikultura (bigas, tubo) na karaniwang may mga karst na tanawin (hal., timog-silangang Asya).
- Mga rehiyong may katamtamang karst na may pinaghalong agrikultura na karamihan ay nakabatay sa butil (lalo na sa trigo at maise), mga gulay at sa mainit-init na temperate zone, mga ubasan o mga puno ng olibo. Maaaring magkaroon din ng mahalagang epekto ang pastoralismo/pag-aalaga ng mga hayop sa kalidad at dami ng tubig sa karst.
- Malamig na kapaligiran, sa matataas na latitude o elevation, kung saan ang pagsasaka ng mga hayop at/o



terraced, kadalasang nangingibabaw ang mga pananim na nakabatay sa pangkabuhayan.

Sa tower at conical karst ng timog-silangang Asya maraming tradisyunal na kasanayan ang nauugnay sa agrikultura, halimbawa sa fenglin-fengcong ng Yunnan, Guizhou at Guangxi na mga lalawigan ng timog-kanlurang Tsina, ang cone karst ng Bohol, Pilipinas o ang cockpit karst ng Gunung Sewu, Indonesia. Sa mahabang panahon, hinubog ng mga komunidad ang mga terrace na burol at bundok upang mabawasan ang mga dalisdis at mapanatili ang tubig-ulan sa panahon ng tag-ulan. Ang wet-rice agriculture ng Bohol, Philippines, ay nakatayo bilang isang halimbawa ng maayos na integrasyon sa pagitan ng karst landscape at agricultural practice, na tila nagtatagumpay sa pagkamit ng sustainability sa centennial scales. Ang kalendaryong nakabatay sa pana-panahon na ginamit sa loob ng maraming siglo ng mga lokal na komunidad na naglalayong iakma ang mga lokal na pangangailangang pang-agrikultura sa bias ng klima ay tila pinakaangkop sa natural na sistema ng regulasyon ng pinagbabatayan na karst. Sa kasamaang palad, ang pagbaba ng mga sistema ng irigasyon ay nagdulot ng mga pagbabago sa sosyo-kapaligiran (pagpapalit ng mga basa-basa na pananim ng isang sistemang agrikultural na nakabatay sa mais na hindi gaanong mahalaga sa ekonomiya) na may matinding epekto sa mga 'basa' na lowland karst na lugar. Sa kabaligtaran, ang makasaysayang pagsakop sa karst sa timog-kanlurang Tsina (isa sa pinakamalaking tuluy-tuloy na karst sa mundo) ay nagresulta sa matinding pagkawala ng takip ng mga halaman at pagguho ng lupa dahil sa paggamit ng agrikultura, ang kaugnay na deforestation at pagtaas ng pagkonsumo ng tubig.

Sa mga temperate zone, ang gently-inclined na talampas na pinaghahaloan ng mga doline ay bumubuo ng isang karaniwang topograpiya ng karst na sa pinakamaunlad nitong yugto ay nagresulta sa isang polygonal na karst. Kung saan ang landscape na ito ay orihinal na sakop ng makakapal, lumalagong mga halaman sa kagubatan, ang mga doline ay maaaring kumilos bilang refugia para sa mga vascular species ng halaman, na mahalaga para sa mga layunin ng konserbasyon sa kasalukuyang konteksto ng global warming. Sa mga lugar na ito, ang pag-aalis ng kagubatan ay karaniwang nagresulta sa paglilipat ng sediment patungo sa mas mababang bahagi ng dolines, na may kaakibat na mga pagbabago sa hydrological regime, gaya ng naobserbahan sa King Country karst, New Zealand. Ang mga doline ay karaniwang sadyang pinupuno sa pagtatangkang pataasin ang lugar ng patag na lupa. Maaaring wasakin si Karren para sa mga katulad na dahilan at maaari rin silang i-quarry para sa lokal na gusali ng pader o, sa ilang mga lugar, para sa pandekorasyon na bato. Ang bawat isa sa mga pagkilos na ito ay may potensyal na mag-trigger ng matitinding pagbabago sa functionality ng underground geoecosystems.



*Ang intensive agriculture sa sahig ng isang malaking depression sa Wan Fenglin karst, Guizhou, China. Nagkaroon ng makabuluhang deforestation ng mga tore sa background kahit na ang ilang mga lugar ng kagubatan ay nananatili. Larawan ni John Gunn.*

Ang agrikultura ay nauugnay sa makasaysayang deforestation, pagguho ng lupa, at kasunod na mas mataas na antas ng mga pagbabago sa sediment, pati na rin ang mga pagbabago sa mga pattern ng paggamit ng mapagkukunan ng pagkain sa parehong ibabaw at ilalim ng mga sapa. Ang mga ito ay gumaganap bilang pangunahing mga stressor sa cave stream invertebrate na mga komunidad. Ang sediment na pumapasok sa isang kweba, halimbawa, ay idedeposito sa mga lugar na mas mababa ang bilis, at sa gayon ay nagbabago ang tirahan. Ang mga input ng sediment ay maaari ring makagambala sa mga haydrolika ng conduit, partikular na kung saan naipon ang mga ito sa mga phreatic loop. Binabago ng organikong polusyon ang istruktura ng komunidad ng cave biota, at sa pangkalahatan ay nagreresulta sa pagbaba ng distribusyon at kayamanan nito. Ang mga natunaw na organikong bagay at biofilm sa mga pebbles ay mahalagang pinagkukunan ng enerhiya para sa mga komunidad ng stream. Ang iba pang mga anthropogenic na stressor ay nagdudulot ng mga epekto sa metabolismo ng mga organismo sa ilalim ng lupa at kinabibilangan ng mga metal at metalloid, pestisidyo, pataba, umuusbong na mga kontaminante at pabagu-bago ng isip na mga organikong compound. Kabilang sa mga karaniwang pinagmumulan ng kontaminasyon ang mga pataba at dumi na inilapat sa mga pananim sa bukid, mga pasilidad sa pag-iimbak ng dumi, mga feedlot, mga paggatas, mga bahay ng manok at baboy at mga stockyard. Ang Coxon (1999) ay nagbibigay ng mga halimbawa ng mga epekto sa agrikultura at ipinapaliwanag ang mahalagang papel ng mga karst aquifer sa pagpapadala ng mga agrochemical at pathogenic na organismo sa mga bukal. Ang mga aktibidad na ito ay hindi lamang nararamdaman ng mga organismo sa ilalim ng lupa ngunit maaaring direktang makaapekto sa kalusugan ng tao. Sa lugar ng Waitomo ng New Zealand, halimbawa, ang mga dumi ng baboy na itinapon sa isang doline ay nahawahan ang isang bukal na nagbibigay ng tubig sa isang sakahan. Sa Ireland, isang karst spring na nag-supply ng tubig sa bayan ng Castleisland ay kailangang i-decommission dahil sa polusyon mula sa slurry at iba pang mga pollutant na nabuo sa bukid. Ang isa sa mga pinakaseryoso, at mahusay na dokumentado, na epekto ng polusyon sa agrikultura sa karst ay naganap noong Mayo, 2000, nang ang mga balon ng munisipyo sa Walkerton, Canada, ay nahawahan ng pathogenic bacteria, na nagreresulta sa pitong pagkamatay at sakit sa higit sa 2,300 katao.



*Sheshymore limestone pavement sa Burren and Cliffs ng Moher UNESCO Global Geopark, Ireland. Ang pagsusuri ng pollen ay nagpapahiwatig na ang lugar na ito ay may makapal na mineral na lupa at kagubatan noong sinaunang panahon. Ang paglilinis ng kagubatan ay sinundan ng sakuna na pagguho ng lupa, isang proseso na ngayon ay karaniwang tinutukoy bilang mabatong disyerto. Larawan ni John Gunn.*

Karamihan sa polusyon ay nabuo sa pamamagitan ng point-recharge at samakatuwid ay maaaring mabawasan kung 1) ang direktang paglabas ng agricultural runoff sa mga lugar na puro recharge, tulad ng lumulubog na mga sapa, doline o iba pang natural na bukas, ay hindi pinahihintulutan, at 2) mga buffer zone ay itinatag. sa paligid ng mga lugar na ito. Hindi dapat pahintulutan ang pag-aararo o pag-aalaga ng hayop sa mga buffer zone at dapat panatilihin ang isang kumpletong takip ng halaman upang salain ang anumang sediment sa runoff mula sa naararo na lupa. Ang partikular na pangangalaga ay kailangan sa mga lugar kung saan mayroon lamang isang manipis na takip ng lupa sa ibabaw ng karst, tulad ng nangyari sa Walkerton.

Maaaring bawasan ng pagbabago sa paggamit ng lupang pang-agrikultura ang mga konsentrasyon ng carbon dioxide sa lupa, na makakaapekto naman sa rate ng pagkatunaw sa epikarst at posibleng sa speleothem deposition. Ang mga konsentrasyon ng CO<sub>2</sub> sa lupa ay karaniwang mas mataas sa ilalim ng katutubong kagubatan, halimbawa, kaysa sa ilalim ng damuhan, at ang pastulan ay karaniwang may mas mataas na konsentrasyon kaysa sa lupa sa ilalim ng mga pananim. Ang isang kahihinatnan ng huli ay ang mga pag-aaral ay nagpakita na ang mga konsentrasyon ng CO<sub>2</sub> sa lupa ay maaaring mabilis na mapataas sa pamamagitan ng pag-convert ng maaarong lupain sa damuhan, na maaaring maging isang magandang kasanayan na ipatupad sa mga degradong karst terrain. Ang pagbawas sa takip ng lupa sa pamamagitan ng pagguho ay hahantong sa mas mabilis na pagpasok, lalo na kasunod ng matinding pag-ulan, at kung saan ito nangyayari sa itaas ng isang kuweba, ang unsaturated rapid-recharge na tubig ay magkakaroon ng potensyal na muling matunaw ang mga speleothem.

### *Panggugubat sa karst*

Ang mga kagubatan ay isang mahusay na itinatag, pangmatagalang evolved na anyo ng natural na mga halaman na mahalaga para sa regulasyon at paggana ng mga sistema ng karst. Sa mga rehiyon ng karst, ang kagubatan ay isang mahalagang bahagi ng biogeochemical cycle. Para sa napapanatiling pamamahala ng mga kagubatan na karst terrain, ang ilang mga prinsipyo tungkol sa kalikasan ng mga kagubatan at ang pagkakaiba-iba ng carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) sa lupa ay nangangailangan ng pagsasaalang-alang. Pagkatapos ng mga karagatan, ang lupa ang pangalawang

pinakamalaking carbon sink sa Earth. Ang mga halaman sa kagubatan at ang lupa sa ibaba ay parehong carbon stock at carbon sink, ibig sabihin ay maaari nilang makuha ang CO<sub>2</sub> mula sa hangin at maiimbak ito, pati na rin unti-unting ilalabas ito. Ang ilan sa CO<sub>2</sub> na ito ay natutunaw sa tubig na tumatagos pababa sa limestone, na nagiging sanhi ng panahon at sa huli ay bumubuo ng mga butas sa ilalim ng ibabaw at mga kuweba. Sa ganitong paraan, ang mga badyet ng carbon ng isang sistema ng karst ay mahalaga sa paggana nito, at ang isang tiyak na balanse ay naabot sa loob ng bawat karst area o basin sa pagitan ng mga halaman, lupa, bato at tubig sa lupa. Ang pagbabago sa paggamit ng lupa o mga halaman ay magbabago sa balanseng ito, na ang pagbabago ng klima ay isa pang salik, na nakakaapekto sa pagkakaroon ng tubig at aktibidad ng mga halaman. Ang karagdagang carbon ay dinadala sa lupa sa ilalim ng mga halaman sa kagubatan, na pinapaboran ang karagdagang pagkatunaw ng limestone kasama ang ilan sa mga natunaw na carbonate ions na kalaunan ay idineposito bilang paglaki ng speleothem. Ang mga kemikal na deposito na ito, kadalasang nabubuo sa mga kuweba sa pamamagitan ng calcite precipitation, ay nangangailangan ng mas mahabang oras ng paninirahan para sa infiltration water at mababang rate ng pagtulo upang bumuo. Ang mga kundisyong ito ay karaniwang natutugunan sa katamtamang fissured na mga bedrocks, na may maliliit na butas na pantay na humahantong at namamahagi ng tumatagos na tubig sa mas malalaking cavity. Ang mga ugat ng puno ay humihinga ng mas maraming CO<sub>2</sub> sa lupa, kaya nagpo-promote ng weathering ng bato, na nagtatatak din ng isang tiyak na pattern sa epikarst (ang pinakamataas na antas ng hydrological ng karst system) sa pamamagitan ng pag-fissuring ng bedrock sa panahon ng kanilang paglaki. Ang aktibidad ng microbiota ng lupa ay napakahalaga para sa pag-regulate ng carbon cycle, dahil naglalabas sila ng nakaimbak na CO<sub>2</sub> mula sa lupa pabalik sa atmospera. Ang carbon na inilabas mula sa weathering limestone sa kalaunan ay dumadaan sa karagatan sa pamamagitan ng tubig sa lupa at mga ilog, kahit na ang isang hindi kilalang bahagi ay nawala sa atmospera sa pamamagitan ng lupa o sa pamamagitan ng direktang pag-degas mula sa umuusbong na tubig sa lupa. Sa pangkalahatan, ang limestone weathering ay karaniwang itinuturing na isang carbon sink sa pamamagitan ng 'coupled carbonate weathering', gayunpaman, hindi tiyak na ito ay palaging totoo, at ang kahusayan ng proseso ay malamang na mag-iba sa bawat lugar o basin.



*Pana-panahong nilinang na lupa sa Cerkljško polje, Slovenia. Larawan ni David Gillieson.*

Ang kagubatan ay isang makabuluhang uri ng paggamit ng lupa na may sariling hanay ng mga isyu. Ang mga old-growth na kagubatan ay karaniwang nauuri bilang climax na mga komunidad, napaka-stable dahil sa kanilang pangmatagalang, hindi nababagabag na ebolusyon. Ang ilan sa mga kagubatan na ito ay sumasakop sa malalayong karst terrain sa mga bundok o tropikal na lugar, ngunit maaaring nanganganib sa patuloy na pagpapalawak ng tirahan ng tao, turismo o pagkuha ng troso. Ang mga kagubatan na ito ay nangangailangan ng mahigpit na proteksyon at hindi dapat sumailalim sa anumang uri ng pagsasamantala ng tao. Ang mga kagawian sa kagubatan ay kinabibilangan ng paggawa ng kalsada (sinasamahan ng slope cutting), pagtotroso, paglaki ng punla at muling

pagtanim ng mga puno, gayundin ang iba't ibang aktibidad pagkatapos ng pagtotroso. Ang paglilinis ng kagubatan ay umalis sa lupain pansamantala o permanenteng wala ng proteksyon na ibinibigay ng isang matatag na vegetation cover, na nangangahulugan ng biglaang pagbabago sa balanse ng buong natural na sistema. Ang mga mabilis na pagbabago ay nagaganap sa lalong madaling panahon pagkatapos na malinis ang kagubatan, na nagreresulta sa pagtaas ng pagpasok ng ulan, pagtaas ng produksyon ng nitrogen dahil sa agnas ng mga labi ng kahoy at ang simula ng pagguho ng lupa. Ang pagguho ng lupa ay nag-uudyok ng mga karagdagang pagbabago sa pattern ng epikarst, at pagbaba sa lababo ng CO<sub>2</sub>, na may mga negatibong kahihinatnan para sa balanse ng sistema ng karst.



*Forested karst sa Slovenia. Larawan ni John Gunn.*

Ang pagtotroso ay hindi lamang ang banta sa integridad ng isang karst na kapaligiran. Ang pagpapakilala ng mga dayuhan, mas produktibong uri ng puno sa ekonomiya sa mga matatag na tirahan sa kagubatan na binuo sa karst, at kadalasan ay isang pagbabago sa pangunahing uri ng kagubatan (hal., coniferous sa halip na deciduous na kagubatan, at mga plantasyon ng oil palm sa lugar ng rainforest), ay maaaring magresulta sa pangunahing hydrological at chemical disequilibrium ng karst waters, tumaas na acidity ng lupa, pinabilis na kaagnasan ng bedrock at speleothem degradation. Ang mga sunog na dulot ng tao sa mga kagubatan o pastulan na katabi ng mga kagubatan, kung hindi limitado sa intensity, tagal at lawak ng mga natural na nagaganap na sunog sa mga karst terrain, ay may pangmatagalang negatibong epekto, kadalasang binubuo ng calcination at spalling ng mga ibabaw ng bedrock; nadagdagan ang konsentrasyon ng mga dissolved inorganic compound sa tubig sa lupa; at mga pagbabago ng kimika ng tubig sa lupa at ang hydrological na rehimen nito.

Pangunahin sa mga aktibidad sa pagtotroso o panggugubat sa mga lugar ng karst ay ang pangangailangang maingat na masuri ang mga halaga at sensitivity ng surface karst at ang pagkakakonekta nito (o pagiging bukas) sa ilalim ng ibabaw. Bago ang mga aktibidad sa panggugubat, kinakailangan ang isang pamamaraan upang mag-imbentaryo at mapa ang lugar ng karst, masuri ang pagiging sensitibo nito sa pagbabago (o kahinaan) at bumuo ng angkop na mga reseta sa pamamahala. Dapat isaalang-alang ang pagsusuri ng uri at laki ng mga aktibidad sa kagubatan sa loob ng isang karst catchment.

### *Mga Alituntunin*

*(39) Ang aktibidad ng agrikultura ay may potensyal na magdulot ng makabuluhang masamang epekto sa mga karst geoecosystem. Ang mga protektadong tagapamahala ng lugar ay dapat (a) magbigay ng partikular na atensyon sa anumang iminungkahing pagbabago sa paggamit ng lupa at (b) magbigay ng patnubay na angkop sa uri ng pagsasaka at ang mga partikular na kondisyon sa lupa upang mabawasan ang mga epekto*

*sa dami at kalidad ng tubig.*

- (40) *Kaugnay ng paggamit ng lupa, ang lupang taniman ay nangangailangan ng maingat na pamamahala ng lupa upang mabawasan ang erosive na pagkawala at pagbabago ng mga katangian ng lupa tulad ng aeration, pinagsama-samang katatagan at nilalaman ng organikong bagay, at upang mapanatili ang isang malusog na biota ng lupa. Dapat pangasiwaan ang pastulan upang mapanatili ang takip ng mga halaman, na nagbibigay ng partikular na atensyon sa mga antas ng stocking. Dahil ang mga doline ay nagbibigay ng point recharge, dapat silang iwanan sa kanilang natural na estado at hindi kailanman dapat punuin o gamitin para sa pagtatapon ng basura.*
- (41) *Hangga't maaari, ang mga buffer zone ay dapat na itatag sa paligid ng mga lugar na puro recharge, tulad ng mga lumulubog na sapa, dolines o iba pang natural na bukana, dahil ang mga ito ay mga conduits para sa paggalaw ng mga contaminant at pollutant papunta sa subsurface karst environment. Sa lupang pang-agrikultura, hindi dapat pahintulutan ang pag-aararo sa mga buffer zone at dapat panatilihin ang isang kumpletong takip ng halaman upang salain ang anumang sediment sa runoff mula sa naararo na lupa. Sa kagubatan, ang pangangalaga at potensyal na pagpapahusay ng mga katutubong halaman sa mga buffer zone ay kritikal*
- (42) *Kaugnay ng dami ng tubig, ang mga kontrol ay dapat ilagay sa dami ng tubig sa lupa na nakuha para sa patubig. Ang pag-aani ng tubig-ulan ay dapat gamitin hanggang sa abot ng makakaya.*
- (43) *Kaugnay ng kalidad ng tubig, ang paggamit ng pestisidyo at herbicide ay dapat na iwasan maliban kung talagang kinakailangan upang makontrol ang mga peste at mga damo. Dapat bawasan ang paggamit ng pataba at, kung posible, dapat gamitin ang mga natural na pataba. Ang mga buffer zone sa paligid ng mga lugar ng concentrated recharge ay dapat igalang at ang mga kemikal na aplikasyon ay hindi dapat maganap sa mga oras na ang mga lupa ay nasa o malapit sa saturation at may panganib ng pagdaloy sa lupa na naghuhugas ng mga kemikal sa karst.*
- (44) *Bago ang anumang aktibidad sa pagtotroso o panggugubat sa mga lugar ng karst, kinakailangan ang isang pamamaraan upang imbentaryo at mapa ang lugar, masuri ito para sa pagiging sensitibo at/o kahinaan, at bumuo ng angkop na mga reseta sa pamamahala. Dapat isaalang-alang ang isang paunang pagsusuri ng uri at laki ng mga aktibidad sa paggugubat sa loob ng isang partikular na karst catchment, kasama ang follow up na pagsubaybay upang matiyak kung paano ipinatupad ang mga reseta at kung gaano kahusay naprotektahan ang mga sensitibong lugar ng karst.*



*Maaaring maganap ang mga aktibidad sa panggugubat na may mga epekto sa integridad ng mga karst landscape na may mga doline (karst sinkholes). Ang paggawa ng kalsada at pag-aani ng troso sa pamamagitan ng clear-cut logging ay nag-aalis ng mga natural na umusbong na halaman sa kagubatan. Ang mga natural na lugar ng kagubatan ay karaniwang pinapalitan ng kahit na may edad na mga stand sa 'plantation forests'. Ang mga doline na walang sapat na buffer ay maaaring mapuno ng mga logging debris at ang kanilang mas matarik na mga dalisdis sa loob ay masira. Bonanza Lake, Vancouver Island. Larawan ni Paul Griffiths.*



*Ang pag-aalis ng mga natural na halaman sa kagubatan sa pamamagitan ng clear-cut logging na sinusundan ng wildfire ay maaaring magdulot ng makabuluhang pagguho ng lupa na kahawig ng 'mabatong disyerto' na naobserbahan sa ilang rehiyon ng South China Karst at Dinaric Karst. Ang pagkasira na ito ng mga karst landscape ay maaaring magbago ng mga hydrological input, gayundin ang magresulta sa pagkawala ng tirahan at pagbaba ng biodiversity. Ang apoy ay nagdudulot ng calcination at pagbasag (hal., spalling) ng mga ibabaw ng upper epikarst bedrock. Kinman Creek karst, Vancouver Island. Larawan ni Paul Griffiths.*

- (45) Ang mga likas na kagubatan na binuo sa mga karst terrain, kabilang ang mga mature na puno at overgrowth na kagubatan, ay hindi dapat i-clear cut, naka-log, o sumailalim sa anumang epekto ng tao. Sa halip, ang mga kagubatan na ito ay dapat na mahigpit na protektahan ng sapat na pamamahala ng konserbasyon, upang ang mga kapaligiran sa ibabaw at ilalim ng lupa ay patuloy na matamasa ang mga benepisyo ng kanilang mga serbisyo sa ecosystem.*
- (46) Sa mga lugar kung saan ang katutubong kagubatan ay nalinis at pinalitan ng iba pang mga species, ang mga tagapamahala ay dapat magplano para sa pagpapalit ng mga hindi katutubong uri ng hayop sa pamamagitan ng uri ng kagubatan na pinakaangkop sa mga kondisyong ekolohikal ng lugar.*



## Extractive na mga industriya

Isang tala sa terminolohiya. Ang mga terminong 'mine', 'pit' at 'quarry' ay ginagamit lahat para ilarawan ang isang lugar kung saan kinukuha ang bato o mineral. Ginagamit ng ilang may-akda ang terminong 'quarry' kung saan kinukuha ang bato at 'mine' para sa pagkuha ng iba pang mineral, ngunit hindi pare-pareho ang paggamit. Sa bawat kaso, ang pagkuha ay maaaring maganap sa ibabaw, kung saan ito ay minsan ay na-prefix ng salitang 'bukas' tulad ng sa 'open-pit' o 'opencast mine', o mula sa ilalim ng surface. Sa dokumentong ito ginagamit namin ang terminong 'quarry' para sa isang surface excavation at 'mine' para sa underground workings.

Ang mga kweba at karst na lugar ay nagtataglay ng mga deposito ng mineral na ginagamit ng mga tao mula pa noong tinatawag na 'panahon ng bato'. Ang limestone, ang pinakakaraniwang bato kung saan matatagpuan ang mga karst landform, ay ginamit sa loob ng millennia bilang isang gusaling bato. Pagsapit ng ika-21 siglo CE ito ay naging isa sa pinakamalawak na ginagamit na mga materyales sa mundo kabilang ang konstruksyon bilang semento at bilang isang pinagsama-samang, partikular na sa kongkreto; sa industriya ng kemikal at parmasyutiko; sa paggawa ng papel at pulp; sa agrikultura bilang dayap; sa paggawa ng bakal at bakal; bilang dimensional na bato at ornamental na bato; at sa iba't ibang proseso sa kapaligiran kabilang ang flue gas desulphurization. Ang dolomite ay karaniwang ginagamit bilang isang pataba. Ang mga non-carbonate na bato na bumubuo ng karst ay mayroon ding mga praktikal na gamit. Ang dyipsum ay karaniwang ginagamit sa mga pataba at sa industriya ng konstruksiyon; maraming gamit ang asin sa industriya ng pagkain at kemikal; ang mga pormasyon ng bakal ay mahalaga para sa paggawa ng bakal at bakal; at ang quartzite ay isang karaniwang ornamental na bato. Kaya naman hindi kataka-taka na ang mga extractive na industriya ay may potensyal na makaapekto sa cave at karst geoheritage at ecosystem.

Bilang karagdagan sa bedrock, maraming mahahalagang deposito sa ekonomiya ang karaniwang nauugnay sa mga lugar ng karst. Ang ilang mga mineral, kapansin-pansin ang mga naglalaman ng zinc, lead at pilak, ngunit pati na rin ang fluorite, barite at apatite, bukod sa iba pa, ay pumupuno sa mga gumuhong istruktura o ugat sa loob ng mga pagkakasunud-sunod ng carbonate, kung minsan ay nauugnay sa mga sinaunang dissolutional na tampok na tinatawag na 'palaeokarst'. Paminsan-minsan ang mga mahahalagang mineral ay naharang ng mga kuweba nang nagkataon, tulad ng maaaring mangyari sa mga mineralized na ugat o mga kasukasuan, na nagpapadali sa pag-access sa site na minahan. Ang mga mineral na may halagang pang-ekonomiya ay maaaring maging puro sa mga karst depression o mahugasan sa mga kuweba. Sa gitnang Brazil, ang mga diamante mula sa mga conglomerates ay minahan sa loob ng mga quartzite cave, na nangangailangan ng pagtatayo ng pader ng bato at pagbabago sa daanan ng kuweba. Sa buong mundo, humigit-kumulang 60% ng lahat ng langis at 40% ng lahat ng mga reserbang gas ay naka-host sa mga carbonate na bato, kadalasang nauugnay sa mga istruktura ng pangalawang porosity, tulad ng mataas na permeability horizon at mga nakahiwalay na cavity (tinatawag na 'vugs' sa panitikan ng langis).

Mayroong ilang mga mineral na, bagama't hindi nakalagay sa loob ng mga karstic na bato, ay maaaring magkaroon ng kanilang genesis dahil, hindi bababa sa bahagyang, sa mga proseso ng karstic. Ganito ang kaso sa bauxite, isang mayaman sa aluminyo na nalalabi sa panahon na karaniwang nauugnay sa mga karst na bato. Ang labis na paggamit ng tubig sa lupa (minsan ay tinutukoy bilang 'pagmimina ng tubig'), bagama't hindi partikular sa mga lugar ng karst, ay maaaring ituring bilang isang uri ng aktibidad ng extractive, lalo na kung ang water pumping ay lumampas sa recharge. Madalas itong nangyayari sa malalaking mine dewatering scheme.

Ang huling kategorya ng mga mineral na nauugnay sa mga kuweba ay ang mga kemikal o organikong deposito na nabuo sa mga tuyong daanan. Ang Saltpetre ay isang deposito ng lupa na mayaman sa nitrate na karaniwang nangyayari sa mga kuweba, sa buong mundo, at malawakang ginagamit bilang pangunahing sangkap para sa paggawa ng pulbura, kadalasan noong ika-18 at ika-19 na siglo CE. Ang Guano, ang organikong mayaman na dumi ng mga ibon at paniki, ay malawakang minahan sa Americas, timog-silangang Asya at Australia noong ika-19 na siglo CE para sa paggawa ng mga pataba. Ang Carlsbad Caverns ay isang site. Sa ngayon, laganap sa tropiko ang 'pagkabuhay' na pagmimina ng guano ng mga lokal na magsasaka. Malayo ito sa pagiging isang renewable na aktibidad – ito ay lubos na nakakasira sa mahahalagang paleoenvironmental archive at lubhang nakakapinsala sa mga invertebrate na komunidad na umaasa sa guano. Hanggang ngayon, ang mga pugad ng ibon, na ginawa gamit ang laway ng mga swiftlet, ay legal na kinokolekta sa mga kuweba sa Malaysia at Thailand upang ibenta bilang isang mamahaling gastronomic delicacy.



*Quarried cone at bahagyang nawasak na kuweba, Thailand. Larawan ni John Gunn.*

Ang mga mineral na nauugnay sa karst ay nakuha mula pa noong sinaunang panahon. Sa Carboniferous limestone malapit sa Llandudno, UK, ang mga minahan ng tanso ay nagsimula noong humigit-kumulang 4,000 taon at ang mga mummies sa loob ng mga kuweba ay nagpapatunay sa mga kahanga-hangang gawa ng mga Katutubong Amerikano, na nag-navigate sa mga kilometro ng mga daanan ng kuweba sa Mammoth Cave NP, USA, upang mangolekta ng gypsum at flint gamit ang mga pasimulang sulo. Katulad nito, ang mga Katutubong Australyano ay nakipag-ayos sa humigit-kumulang 1,000 m ng daanan upang magmina ng flint sa Koonalda Cave, Nullarbor. Ang pagmimina ng limestone o travertine para sa mga layunin ng konstruksiyon ay nagaganap sa loob ng millennia, lalo na sa karst rich Mediterranean region. Nauugnay sa European 'pagtuklas' ng Americas at Australia, ang pang-ekonomiyang kahalagahan ng mga deposito ng karst ay humantong sa isang boom sa industriya ng pataba na nauugnay sa guano at malakihang pagmimina ng saltpetre sa mga kuweba, na sa USA ay mahalaga para sa produksyon ng pulbura sa

panahon ng ang Digmaang Sibil nito noong 1860s. Mula noong Rebolusyong Industriyal, tumaas ang pangangailangan para sa ilang mga kalakal ng mineral na nauugnay sa karst.

Ang epekto sa kapaligiran ng mga extractive na industriya ay malawak na nag-iiba sa pagitan ng mga aktibidad, uri ng deposito at pamamaraan ng pagmimina, at pati na rin ang mga salik sa ekonomiya. Ang mga carbonate na bato ay binubuo ng humigit-kumulang 15% ng kontinental na ibabaw ng Earth, at samakatuwid ang presyo sa merkado ay mas mababa kaysa sa hindi gaanong karaniwang mga mineral. Gayunpaman, mayroong patuloy na pagtaas ng pangangailangan para sa mga carbonate at ang mataas na kadalisan na bato na ginagamit sa mga industriya ng pamilyaryutiko at kemikal ay nag-uutos ng mas mataas na presyo. Ang pagkuha ng iba pang mga mineral na pinangangasiwaan ng mga karst rock ay hinihimok din ng mga salik na pang-ekonomiya, na ang mga presyo ng mga bilihin ng mineral ay malawak na nagbabago ayon sa pangangailangan. Ang isang cycle ng tumaas na demand ay nauugnay sa mabilis na paglago ng Chinese market mula noong huling bahagi ng 2000s at kinasasangkutan ng mga base metal tulad ng bakal. Ang mga presyo ng iba pang mga kritikal na metal ay tumaas din dahil sa mabilis na paglaki ng sektor ng renewable energy, na may lithium, nickel at cobalt na mahalaga sa paggawa ng mga electric car batteries. Ang mga economic megacycle na ito ay nagpapagatong sa pandaigdigang industriya ng pagmimina at nagpapataas ng presyon para sa pagkuha ng mineral na magaganap sa o malapit sa mga protektadong lugar. Ito ay isang partikular na problema para sa mga umuunlad na bansa kung saan ang mataas na demand, at dahil dito ang mataas na presyo, na ipinag-uutos ng mga metal na ito ay ginawa silang mga estratehikong kalakal.

### *Pagkuha ng mga carbonate na bato*

Ang ilang napakataas na purity na limestone o dolomite na deposito ay pinagsamantalahan gamit ang mga minahan sa ilalim ng lupa, ngunit sa buong mundo ang karamihan ng bato ay nakuha mula sa open-pit quarry. Sa mga mauunlad na bansa, ang mga unang quarry ay mga maliliit na lokal na negosyo, gayunpaman, karamihan sa mga bato ay nakuha na ngayon mula sa isang maliit na bilang ng mga malalaking quarry na karaniwang matatagpuan sa gilid ng mga burol o sa gilid ng mga lambak. Marami sa mga quarry na ito ay nag-operate sa loob ng mga dekada at dahil ang pahintulot para sa mga bagong site ay karaniwang mahirap makuha, may posibilidad para sa mga operator ng mga kasalukuyang site na maghangad na palawakin o palalimin. Ang isang partikular na problema para sa mga tagapamahala ng protektadong lugar ay ang mga site ay maaaring gumagana sa, o sa hangganan ng, isang protektadong lugar bago ito itinalaga, tulad ng kaso sa Peak District National Park, England.

Sa mga umuunlad na bansa, at partikular sa mga tropikal na lugar, marami pa ring maliliit na limestone quarry at ang mga ito ay maaaring maging partikular na problema sa mga lugar ng cone karst o tower karst kung saan ang isang medyo maliit na quarry ay maaaring mag-alis ng isang buong burol na maaaring naglalaman ng endemic species. Sa mga sitwasyong ito, ang pagbuo ng isang malaking quarry sa labas ng isang protektadong lugar at ang pagsasara ng mga maliliit na quarry ay malamang na makabuluhang bawasan ang mga epekto, lalo na kung ang mas mataas na mga pamantayan sa kapaligiran ay kinakailangan sa mas malaking lugar.

### *Pagkuha ng mga pormasyon ng bakal*

Kabaligtaran sa mga carbonate na bato na lumalabas sa malalawak na lugar, ang mga pormasyon ng bakal ay hindi gaanong karaniwang mga bato na nabuo dahil sa mga partikular na pangyayaring heolohikal na naganap mahigit isang bilyong taon na ang nakararaan. Dahil ang mataas na konsentrasyon ng bakal ay dahil sa silica leaching at iron mobilization (ang parehong mga proseso na lumilikha ng mga void at kweba), karamihan sa mga high-grade ore na katawan ay nauugnay sa mga kuweba. Ang mga batong ito ay nasa mataas na pangangailangang pang-ekonomiya at, sa Brazil, ang isang malaking bahagi ng mga outcrop ng pagbuo ng bakal ay nakuha na, kasama ang marami sa mga natitirang lugar sa mga plano sa pagmimina sa hinaharap. Bagama't totoo na ang karamihan sa mga minahan ay nagreresulta sa isang naisalokal na epekto dahil sa maliit na kamag-anak na sukat, kahit na sa mga pinakamalalaking minahan, kadalasan ay may mga pang-industriyang planta na nauugnay sa site, bukod pa sa isang malawak na hanay ng mga supplier na pinapaboran ang mabilis na pag-unlad ng lungsod, na nagreresulta sa malaki. epekto sa mas malalaking lugar. Sa Carajás, Brazilian Amazonia, ang pinakamalaking deposito ng bakal sa mundo ay hindi natuklasan hanggang 1967 at matatagpuan sa mga bakal na talampas na naglalaman ng mahigit 2,000 kuweba. Ang lugar ay orihinal na may mababang density ng populasyon, pangunahin ang mga tribong Indian na naninirahan sa malinis na Amazon rainforest. Nagsimula ang pagmimina makalipas ang ilang taon at noong 2020 ay mahigit 300,000 katao ang naninirahan sa malapit sa mga bagong lungsod na pinananatili ng mga aktibidad sa pagmimina.

## *Mga epekto ng industriya ng extractive*

Gaya ng nabanggit sa panimula, ang bato at mga mineral ay maaaring makuha mula sa mga quarry o mula sa mga minahan sa ilalim ng lupa. Ang mga epekto mula sa dalawang paraan ng pagkuha na ito ay may posibilidad na ibang-iba, lalo na sa mga protektadong lugar, at samakatuwid ay isinasalang-alang nang hiwalay sa ibaba.

### *Mga epekto ng quarry*

May dalawang malawak na uri ng epekto ang mga quarry; una, direktang epekto sa loob ng site at, pangalawa, hindi direktang epekto sa mas malawak na lugar. Ang unang epekto sa site ay bunga ng pag-aalis ng anumang nakapatong na lupa at mababaw na deposito upang ilantad ang bato na kukunan. Kung saan ang batong iyon ay isang carbonate, ang pagkawala ng lupa ay nagreresulta sa agarang pagkawala ng karamihan sa carbon dioxide na nagtutulak sa proseso ng pagkatunaw bilang na nabuo sa sona ng lupa. Kasunod ng pag-alis ng anumang lupa at mababaw na deposito ang unang batong aalisin ay mula sa epikarst, ang rehiyon kung saan nangyayari ang karamihan ng pagkalusaw. Ang pag-alis ng batong ito ay direktang makakaapekto sa pagkatunaw at samakatuwid ang dami ng calcium carbonate na umaabot sa mga bukal na ang catchment ay kinabibilangan ng quarry. Halimbawa, sa Forest of Dean, UK, mayroong isang limestone quarry sa catchment ng mga bukal na protektado dahil nagdeposito sila ng tufa. Ang mga bukal ay sinusubaybayan upang matukoy kung ang pag-quarry ay binabawasan ang karga ng spring carbonate at nakakaapekto sa pag-aalis ng tufa.

Ang medyo mababang halaga ng carbonate rock ay nangangahulugan na kakaunti ang mga quarry na nabubuo sa ilalim ng makapal na overburden, ngunit hindi iyon ang kaso kung saan ang quarry ay kumukuha ng mas mahalagang mineral. Sa kasong ito, ang materyal na walang halaga sa ekonomiya (overburden o ang host rock para sa mineral na interes) ay idineposito sa mga tailing dam o bilang mga tambak ng basura na maaaring magkaroon ng mas masamang epekto sa kapaligiran kaysa sa quarry.

Ang mga lumang quarry ay karaniwang matatagpuan sa gilid ng mga burol o lambak dahil mas madaling kumuha ng bato sa gilid kaysa sa malalim. Nagreresulta ito sa pagbabago ng anyong lupa sa ibabaw o kabuuang pagkasira, na isang partikular na pag-aalala sa mga lugar ng cone o tower karst kung saan maaaring alisin ng quarrying ang isang kumpletong burol. Bilang karagdagan sa halatang pagkawala ng geoheritage, maraming burol sa mga tropikal na lugar ang mga bat roosts at nagho-host ng mga bihirang species na ang ilan ay maaaring endemic sa iisang tore.

Habang lumalawak ang mga quarry sa gilid o patayo, may mas mataas na potensyal na mag-intersect ng mga elemento ng karst drainage system (conduits) o mga kuweba. Kung ang isang quarry ay may pahintulot mula sa mga may-katuturang awtoridad, walang mekanismo para maiwasan ang pagkawasak ng kuweba, gayunpaman, ang mga pahintulot ay dapat magsama ng isang kinakailangan para sa siyentipikong pagtatala ng morpolohiya at sediment ng kuweba. Sa ilang mga bansa, mayroong batas na nangangailangan ng kabayaran para sa pagkawasak ng kuweba. Sa Brazil, halimbawa, ang pagkawasak ng anumang kuweba na hindi naiuri bilang lubhang mahalaga ay legal na pinahintulutan, basta't ang pagkasira ay binabayaran ng alinman sa isang monetary payment o ang permanenteng preserbasyon ng isa pang kuweba o mga kuweba. Ito ay humantong sa paglikha ng mga makabuluhang lugar ng pangangalaga, kabilang ang mga bagong pambansang parke na nagpoprotekta sa mga mahahalagang lugar ng karst at kuweba. Gayunpaman, ang paglalagay ng tag ng presyo sa mga kuweba ay hindi walang panganib bilang isang diskarte sa pangangalaga, dahil ang presyo ay karaniwang nakatali sa mga indeks ng ekonomiya ng gobyerno, habang ang mga presyo ng mineral ay malawak na nag-iiba. Sa panahon ng pag-usbong ng metal commodity na nanaig simula noong 2000s, ang gastos na natamo ng pagkawasak ng mga kuweba ay maaaring ituring na isang presyong sulit na bayaran kapag itinakda laban sa napakataas na mapagkukunan ng pananalapi na kailangan upang magbukas at magpatakbo ng mga quarry. Higit pa rito, ang halaga ng mga reserbang mineral na hinarangan ng anumang kuweba ay karaniwang lumalampas sa presyong babayaran para sa pagkawasak ng kuweba. Sa unang bahagi ng 2020, ang kabuuang hindi maibabalik na epekto sa Brazil ay maaaring umabot sa halagang hanggang USD 1 milyon bawat kuweba.

Kapag ang isang quarry, o bahagi ng isang quarry, ay umabot sa punto kung saan wala nang mahuhugot na bato, pagkatapos ay mayroong pagkakataon para sa pagpapanumbalik, na partikular na mahalaga kung ang mga quarry ay nakapaloob sa loob ng isang protektadong lugar. Ang isang posibilidad ay maaaring gumawa ng bagong epikarst na binubuo ng anumang basurang limestone na kumalat sa quarry floor (na maaaring kailanganin ng punit upang mapabuti ang pagpasok) at sakop ng materyal na lupa o pinong limestone (3 mm hanggang alikabok) na may organikong ameliorant. Sa mga gilid ng quarry, ang pamamaraan ng replikasyon ng anyong lupa ay naglalayong

bumuo ng mga anyong lupa na katulad ng matatagpuan sa natural na karst sa labas ng na-quarry na lugar, tulad ng mga batong buttress, headwall at screes.

Ang mga epekto sa labas ng quarry area ay pangunahing nauugnay sa pagsabog at tubig, at sa parehong mga kaso, may potensyal para sa isang quarry sa labas ng isang protektadong lugar na magkaroon ng mga epekto sa loob ng protektadong lugar. Ang mga epekto ng pagsabog ay kumplikado at nauugnay sa parehong disenyo o pagpapatupad ng pagsabog at sa heolohiya. May mga halimbawa ng mga kweba na na-intersect ng mga quarry kung saan walang pinsala sa passage morphology o sa speleothems at iba pang mga halimbawa kung saan ang mga kuweba na ilang daang metro mula sa quarry ay nasira. Ang karagdagang pagsasaalang-alang ay ang mga epekto ng ingay at vibration sa cave fauna, na hindi gaanong nauunawaan. Sa kabila ng mga salik na ito, malinaw na ang mga epekto ay maaaring mabawasan ng modernong disenyo ng pagsabog, kung saan ang dami ng paputok at ang posisyon nito sa bawat shothole ay maingat na kinakalkula at ang mga millisecond na pagkaantala ay ginagamit upang mabawasan ang vibration at air overpressure. Ang isang karagdagang pagsasaalang-alang ay na sa nakaraan ang pinaka-karaniwan ang paputok ay ANFO (ammonium nitrate at fuel oil) na hinaluan sa, o kahit sa, sa borehole. Nagdudulot ito ng panganib ng pangmatagalang kontaminasyon ng DNAPL (dense non-aqueous phase liquid). Ang modernong pagsabog ay gumagamit ng pre-mixed ANFO, karaniwang may emulsion explosives. Gayunpaman, ang pag-iimbak ng langis ng gasolina ay lumilikha ng potensyal para sa paglabas sa karst. Ang hindi wastong paghawak ng ammonium nitrate ay maaari ding magresulta sa nitrate contamination ng tubig sa lupa. Ang parehong mga produkto na ginamit upang lumikha ng ANFO ay karaniwang iniimbak at halo-halong sa quarry bago gamitin.



*Isang quarry face sa Lagoa Santa Karst, Brazil na nagpapakita ng sub-soil pinnacles. Larawan ni Augusto Auler.*

Ang mga epekto ng hydrological mula sa mga quarry ay nauugnay sa tubig na dumadaloy papunta o umaalis sa site. Tulad ng mga epekto ng pagsabog, mahalagang maingat na masuri ang kontekstong hydrogeological. Maaaring pumasok ang tubig sa isang quarry sa pamamagitan ng daloy sa ibabaw o sa pamamagitan ng interseksyon sa mga pangunahing daanan ng daloy ng tubig sa lupa. Ang mga daloy sa ibabaw ay nangangailangan ng pangmatagalang pagpapalano upang pamahalaan ang tubig na nakuha mula sa mga drainage basin sa pamamagitan ng pagpapalawak ng quarry na maaaring makagambala sa operasyon ng quarry. Ang daloy ng tubig sa lupa sa isang quarry ay maaaring mag-iba nang malaki. Ang ilang mga quarry ay nagsara mula sa pagbaha ng tubig sa lupa habang ang iba ay umaabot ng higit sa 100 m sa ibaba ng orihinal na ibabaw ng lupa ngunit nakakatanggap ng maliit na pag-agos sa gilid. Kung ang isang quarry ay kumukuha ng tubig sa lupa mula sa isang mas malawak na lugar, ito ay maaaring sundan ng pagbuo ng mga subsidence dolines (dropout o suffosion), at ang mga ito ay maaaring ilang daang metro sa kabila ng quarry curtilage. Ang lahat ng mga pag-agos sa isang quarry ay maaaring mapahusay ang pagpapakilos ng mga kontaminant sa loob ng quarry at dalhin ang mga ito sa mga balon at bukal.

Ang hydrological na epekto ng tubig na umaalis sa quarry ay nakasalalay sa kung ang tubig ay dumadaloy palayo sa ibabaw o nabomba mula sa aquifer. Ang daloy sa kalupaan mula sa mga quarry ay kadalasang naglalaman ng mataas na antas ng silt na maaaring makabara sa mga tampok na recharge ng karst aquifer o makabago at makapinsala sa mga daloy ng stream at tirahan. Ang mga kontaminant mula sa mga operasyon ng quarry ay dinadala sa mga daloy sa ibabaw at madalas na nakadikit sa mga silt. Ang ganitong mga epekto ay maaaring mabawasan sa pamamagitan ng pag-channel ng tubig sa mga sedimentation basin, na dapat ay may kapasidad na humawak ng hindi bababa sa 100-taon-probabilidad na baha. Kung ang mataas na antas ng mga contaminant ay naipon sa mga sediment, dapat itong alisin at itapon sa isang naaangkop na disenyo ng landfill. Ang mga epekto ng aquifer ay nangyayari kung saan kinakailangan na magbomba ng tubig palabas ng quarry upang mapababa ang water table at payagan ang operasyon ng quarry. Ang quarry dewatering ay nagpapataas ng panganib na mag-trigger ng doline development, na maaaring makapinsala sa imprastruktura ng tao. May potensyal din itong bawasan o ihinto ang daloy ng mga karst spring at balon. Sa kabaligtaran, ang rehimen ng mga batis na tumatanggap ng pumped water ay binago sa pagtaas ng parehong kabuuang discharge at magnitude ng mga peak ng baha.

Ang quarry dust mula sa mga aktibidad sa pagmimina at pagdurog ng bato ay maaaring magpapataas ng sediment loading kapag pinahihintulutan na maghugas sa mga tampok ng karst at, samakatuwid, nakakagambala sa pag-uugali ng haydrolika at sedimentation sa mga batis sa ibabaw. Ang pagkontrol sa alikabok ay isang patuloy na isyu sa maraming quarry at maaaring magresulta sa malawakang polusyon sa hangin ng mga pinong particulate. Matapos maabot ang buhay ng serbisyo ng isang quarry, may mga pangmatagalang isyu na nauugnay sa pamamahala sa pasilidad upang matiyak na hindi ito magresulta sa mga epekto sa tubig sa lupa mula sa iligal na pagtatapon ng mga basura sa bahay at industriya. Ang ilang mga pamahalaan ay nangangailangan ng isang plano sa reklamasyon at mga bono sa pagganap ng pananalapi para sa mga quarry at minahan. Ang paggamit ng lupa pagkatapos ihinto ang operasyon ng quarry ay maaaring kailanganin ding regulahin kaugnay ng pag-unlad.

Karaniwang may pagpapalagay laban sa anumang bagong pag-quarry o pagpapalawak ng mga quarry sa isang protektadong lugar, kaya mahalaga na maingat na isaalang-alang ang anumang aplikasyon sa mga tuntunin ng ebidensya para sa mga epekto at ang mga potensyal na epekto kung ang bato ay kukunan sa ibang lugar. Kung ang isang quarry ay nag-intersect at nawasak ang mga daanan ng kweba o may ebidensya ng mabilis na hydrological connectivity sa mga bukal, kung gayon ito ay nagbibigay ng isang magandang batayan para sa pagsalungat sa karagdagang paglawak. Gayunpaman, sa ibang mga sitwasyon ang pagpapalalim, o pagpapalawak ng lugar ng isang umiiral na quarry ay maaaring hindi magresulta sa anumang mga bagong epekto sa mga karst landform at hydrology at maaaring mas mainam kaysa sa pagbubukas ng bagong site. Kung saan ang pagpapalalim ay nangangailangan ng pag-dewatering, ito ay nagtataas ng mga karagdagang katanungan at, sa lahat ng kaso, ang mga aplikasyon ay kailangang magbigay ng matibay na katibayan na hindi magkakaroon ng masamang epekto sa mga protektadong lugar, at mga balon at bukal na nagsisilbing mahalagang mapagkukunan ng tubig ng tao at ekolohikal.

## Mga epekto ng mina

Ang mga epekto sa ibabaw ng mga underground na minahan ay nakakulong sa lugar sa paligid ng (mga) pasukan na humahantong pababa sa minahan kasama ng anumang mga lugar kung saan ang mineral ay pinoproseso o mga residue ay itinatapon. Walang bagong minahan ang dapat na matatagpuan sa loob ng isang protektadong lugar maliban kung ang isang napakalakas na estratehikong kaso ay maaaring gawin at ang mga lugar ng pagproseso at mga basurahan ay dapat na nasa labas ng hangganan ng protektadong lugar. Gayunpaman, posibleng mag-extract ng mineral mula sa ilalim ng protektadong lugar gamit ang (mga) minahan na may mga pasukan sa labas ng lugar. Ang mga makabagong pamamaraan ng pagmimina ay nagpapaliit sa panganib ng pagbagsak sa mga trabaho at ang pinakamahalagang epekto ay malamang na magmumula sa pangangailangan na alisin ang tubig sa lupa mula sa mga gawaing minahan. Ang isang pamamaraan na malawakang ginagamit noong nakaraan sa ilang mga lugar ng karst ay ang pagtutulak ng mga drainage adits mula sa malalalim na lambak upang epektibong bawasan ang elevation ng tubig sa lupa sa buong malaking bloke. Nagresulta ito sa mga bukal, at mga batis na pinapakain ng mga bukal, nawawalan ng daloy at sa ilang mga kaso ay nagiging ganap na tuyo habang ang mga ilog na pinapakain ng mga adits ay tumaas ang kanilang daloy. Ang mga modernong mas malalalim na minahan ay karaniwang nangangailangan ng malalaking scale dewatering scheme, ang ilan sa mga ito ay nagsasangkot ng pumping rate na higit sa 6 m<sup>3</sup>/s. Sa porous media, ang pumping ay nagresulta sa isang cone ng depression sa water table, ngunit sa karamihan ng mga karstic rock ang permeability ay kapansin-pansing anisotropic at ang mga epekto ng dewatering ay maaaring umabot ng maraming kilometro, partikular na kung saan ang mga minahan ay nagsalubong sa mga conduit. Tulad ng mga drainage adits, ang mga karaniwang epekto ay ang pagkawala ng daloy sa mga bukal at mga daluyan ng tubig na pinapakain ng bukal at isang pinahusay na daloy sa mga ilog na tumatanggap ng pumped water. Kung saan ang bedrock ay nababalutan ng higit sa 3 m ng lupa, ang paglabas ng tubig sa lupa sa mababaw

na deposito ay karaniwang humahantong sa pagbuo ng mga subsidence doline. Ang mga karagdagang epekto ay nauugnay sa mga pagbabago sa kimika ng tubig at sa mga nasuspinde na sediment load.

Ang mga minahan at quarry ay maaaring mag-intersect sa mga daanan ng kweba na maaaring makaapekto o magpabago sa mga klima ng kuweba at magresulta sa pagkawala ng tirahan para sa mga nanganganib na paniki. Ang mga pagsisikap na bawasan ang epekto sa malaking tirahan ng paniki o endangered species ay dapat isaalang-alang kapag pinahihintulutan ang isang minahan o quarry. Ang Greer Limestone Quarry sa West Virginia, USA, halimbawa, ay nakipagtulungan nang malapit sa mga caver upang payagan ang pagmamapa ng Hellhole Cave, isang 50 km ang haba na kuweba na matatagpuan malapit sa quarry at isang mahalagang hibernaculum para sa dalawang critically endangered bat species.

Tulad ng kaso sa mga quarry, ang mga minahan ay may limitadong habang-buhay, karaniwang hindi hihigit sa ilang dekada. Sa ilang mga kaso, ang mineral ay naubos ngunit karaniwang mga minahan ay inabandona dahil sila ay nagiging uneconomic dahil sa pagtaas ng mga gastos sa pagkuha o pagbaba ng mga presyo sa merkado. Kung may nakitang mga bagong gamit para sa isang mineral, na may bunga ng pagtaas ng halaga, maaaring may pressure na muling buksan ang mga minahan na hindi na ginagamit sa loob ng mga dekada. Sa mga bansang iyon na may mahabang kasaysayan ng pagsasamantala sa mineral, maraming mga minahan at mga lugar ng pagmimina ang inabandona, karaniwang walang pagtatangka sa pagpapanumbalik. Sa ilang mga kaso, ang mga site na ito ay binigyan ng proteksyon bilang pagkilala sa kanilang makasaysayang kahalagahan o dahil ang mga bihirang halaman ay naitatag sa mga nababagabag na lupa at mga basurahan. Ang ibang mga site ay nagdudulot ng mga problema sa kapaligiran. tulad ng pagguho ng lupa, pag-agos ng acid mine at pagbuo ng mga gumuhong sinkhole. Ang wastong pagsasara ng isang minahan, na tinatawag na 'decommissioning' ay kadalasang napakasalimuot at magastos, at sa nakaraan ay bihirang isinama sa mga gastos sa pagpapatakbo ng pagmimina. Mayroong kahit na mga pagtatangka upang maiwasan ang anumang mga gastos sa pag-decommissioning sa pamamagitan ng tinatawag na 'strategic bankruptcy'. Ang pag-decommissioning at tamang post-closure ng mga minahan sa mga lugar ng karst ay dapat magsama ng pangmatagalang pagsubaybay sa paggalaw sa ibabaw ng lupa, kalidad ng tubig sa lupa at surface at underground ecosystem.

## *Buod*

Ang gawain ng pagkakasundo sa industriya ng extractive sa pag-iingat ng karst at mga kuweba ay palaging mahirap dahil nauugnay ito sa potensyal o aktwal na epekto sa kapaligiran at sa mga salik sa pulitika at ekonomiya na kinasasangkutan ng mga stakeholder na kumikilos mula sa internasyonal hanggang sa lokal. Sa ilang mga kaso, ang pagpapaunlad ay pinahihintulutan sa isang protektadong lugar dahil ito ay itinuturing na 'sa pambansang interes' at may mga kaso kung saan ang proteksyon ay ganap na tinanggal upang payagan ang pag-unlad. Gayunpaman, noong ika-21 siglo CE, nagkaroon ng mas mataas na paggamit ng mga kasanayan sa ESG (Environmental, Social, Governance) sa industriya ng korporasyon at isang pagkilala na ang hindi pagprotekta sa mahahalagang site ay maaaring makasira sa reputasyon ng isang kumpanya at sa huli ang mga executive officer. Noong 2020, ang pagkasira ng mahahalagang archaeological site sa dalawang iron formation cave sa Australia ay nagdulot ng malaking sigaw ng publiko, sa simula ay mula sa mga Indigenous Australian, ngunit pagkatapos ay sa buong mundo kasunod ng publisidad sa social media. Ang presyur mula sa mga shareholder ay humantong sa pagtanggap ng CEO at ilang mga senior executive, na sinundan ng pagbibitiw ng Chairman at ilang mga Direktor. Ang isang parlyamentaryo na pagtatanong sa kaso ay nagpapatuloy habang ang dokumentong ito ay nakasulat, at sana ay magresulta sa mga pagbabago sa batas sa pagmimina, na magbibigay ng higit na proteksyon sa mga naturang site.

Karamihan sa mga industriya ng extractive ay may mataas, hindi napapanatiling carbon footprint. Tinataya na ang industriya ng semento, halimbawa, na kinasasangkutan ng mataas na temperatura na paglabas ng CO<sub>2</sub> na na-lock sa panahon ng pagbuo ng carbonate at diagenesis, ay may pananagutan sa 8% ng pandaigdigang greenhouse gas emissions. Ang isang mas malaking porsyento ay iniuugnay sa pagkasunog ng mga fossil fuel (gas at langis) na nakuha mula sa mga carbonate rock reservoir. Habang ang planeta ay nagpupumilit na bawasan ang mga emisyon sa loob ng mga katanggap-tanggap na limitasyon ng pag-init, ang mga industriyang ito, na nasa isang sangang-daan sa kapaligiran, ay malamang na harap sa mga mapanghamong panahon.



*Dowlow limestone quarry sa Peak District, UK. Ang quarry ay may lawak na humigit-kumulang 0.5 km<sup>2</sup> at noong 2021 ang pinakamababang punto ay humigit-kumulang 100 m sa ibaba ng orihinal na ibabaw ng lupa, ngunit walang mga conduit o kuweba ang naharang at walang pag-agos ng tubig sa lupa mula sa mga mukha ng quarry. Larawan ni Tony Marsden.*

Bagama't ang marupok na kalikasan ng karst at mga kuweba ay nagpapahirap sa kanila na mabuhay nang magkakasama sa mga aktibidad na pang-ekstratibo, kailangan na ituloy ang balanse. May mga sitwasyon kung saan ang mga quarry ay nagpapatakbo nang napakalapit sa mga kuweba o mga minahan na umaabot sa ilalim ng karst nang hindi nagdudulot ng kapansin-pansing epekto, at iba pa kung saan nagkaroon ng malawakang pagkagambala sa mga hydrological system, kabuuang pagkasira ng geoheritage at pagkawala ng mga endemic species. Malamang na hindi makakamit ang perpektong equilibrium sa pagitan ng pakinabang at pagkalugi, gayunpaman, na may mahigpit na siyentipikong pagtatasa, detalyadong pagsubaybay, at minimal na epektong operasyon ay maaaring posible.

### *Mga Alituntunin*

- (47) Dapat magkaroon ng pagpapalagay laban sa mga bagong minahan o quarry sa mga lugar na protektado ng karst maliban kung maipakita na walang alternatibong mapagkukunan para sa isang mineral na kulang sa suplay at mataas ang pang-ekonomiya o estratehikong halaga.*
- (48) Anumang panukala para sa isang bagong minahan o quarry sa karst ay dapat sumailalim sa isang detalyadong pagtatasa ng kapaligiran na isinasaalang-alang ang parehong mga tampok sa at sa hangganan ng lugar, pati na rin ang potensyal para sa malalayong epekto sa pamamagitan ng tubig sa ibabaw at tubig sa lupa ng karst.*
- (49) Ang pagtatasa sa kapaligiran ay dapat ilarawan at tasahin ang halaga ng mga kweba at karst na anyong lupa at ecosystem. Dapat itong masuri kung may mga alternatibong site para sa pagkuha kung saan magkakaroon ng hindi gaanong makabuluhang epekto. Kung saan walang alternatibong mga site, dapat mayroong maingat na idinisenyong buffer protection zone, hangga't maaari, sa paligid ng mga makabuluhang kweba at karst features upang maprotektahan ang integridad ng ekosistema ng kuweba, gayundin ang pagpapatuloy ng mga prosesong hydrological.*
- (50) Kung walang alternatibo sa pagkawasak, ang mga tampok ay dapat na itala at, kung saan nauugnay, alisin para sa siyentipikong pag-aaral - ibig sabihin, itala at alisin ang speleothem at sediment para sa paleo-pangkaligiran na pag-aaral.*
- (51) Kung pinahihintulutan ang pagpapaunlad, dapat mayroong isang mahusay na disenyong sistema ng proteksyon sa kapaligiran, gayundin ang isang protocol sa pagsubaybay upang itala ang mga kondisyon sa panahon ng operasyon at ang bisa ng sistema ng proteksyon upang magawa ang mga pagbabago kung kinakailangan. Dapat ding magkaroon ng detalyadong plano sa pagsasara na kinabibilangan ng naaangkop na pagpapanumbalik at pangmatagalang pagsubaybay, kabilang ang isang bono na binayaran nang maaga upang*



*matiyak na magagamit ang pagpopondo para sa pagsasara.*

## **Pag-unlad at imprastraktura**

Sa buong kasaysayan, ginamit ng mga tao ang karst at mga kuweba para sa iba't ibang layunin. Ang mga istruktura ay itinayo para sa pamumuhay, proteksyon, agrikultura o suplay ng tubig. Noong Middle Ages sa Europe, ang mga fortification at kastilyo ay itinayo sa loob ng mga kuweba, tulad ng Predjama Castle sa Slovenia, upang magbigay ng parehong proteksyon at isang ruta ng pagtakas sa mga daanan ng kuweba kung sakaling masalakay. Sinamantala rin ng mga maliliit na industriya ang mga kuweba. Ang paggawa ng lubid ay naganap sa malaking pasukan sa Peak Cavern, Inglatera, mula sa Middle Ages hanggang sa kasalukuyan, at bagama't ang mga lubid ay ginagawa na ngayon para ibenta sa mga turistang bumibisita sa kuweba, may isang maliit na pamayanan ng mga gumagawa ng lubid na nakatira noon sa kuweba. Sa South China Karst World Heritage Property, mayroon pa ring maliliit na tirahan sa mga pasukan ng kuweba. Maraming kuweba ang ginagamit sa pagpapahinog ng keso at ang sikat na Roquefort na asul na keso ay maaari lamang gamitin ang pangalan nito kung matured sa loob ng Combalou caves sa France. Ang mga kabute, serbesa, alak, kimchi at ilang iba pang mga produkto ay naging, at sa maraming bansa ay ginagawa pa rin o iniimbak sa mga kuweba. Minsan sinasamantala ng pagtatayo ng kalsada ang mga daanan ng kuweba bilang isang mas maginhawang opsyon kaysa sa paggawa ng mga mamahaling lagusan. Ang mga kalsada na tumatawid sa kuweba ng Mas-D'Azil sa France at isang seksyon ng Jenolan Caves sa Australia ay magandang halimbawa. Maraming mga karst spring ang nagpapakita ng ilang uri ng istrukturang inhinyero. Ang karagdagang mga halimbawa ng imprastraktura sa mga kuweba at karst ay nauugnay sa paggamit ng tubig (tingnan ang Supply ng tubig), quarrying at pagmimina (tingnan ang Extractive industries) at turismo adaptasyon (tingnan ang Show caves).

Natural lamang na sa pagdami ng populasyon kasabay ng pangangailangan para sa imprastraktura, ang mga lugar ng karst ay parehong maaapektuhan at maaapektuhan ng mga naturang pag-unlad. Ang exponential na paglaki ng populasyon na naganap mula noong ika-19 na siglo CE ay malapit na nauugnay sa pag-unlad ng industriya at urbanisasyon. Ang kabuuang populasyon na naninirahan sa mga lugar ng karst o depende sa mga mapagkukunan ng karst, tulad ng tubig, ay patuloy na lumalaki, na tinatayang bilang 1.18 bilyon sa 2020. Sa mga rehiyon kung saan ang karst ang nangingibabaw na uri ng landscape, lahat ng pag-unlad, kabilang ang buong lungsod at industriya, ay nagkaroon na itatayo sa karst. Nagresulta ito sa pagtaas ng presyon sa kapaligiran sa mga marupok na karst ecosystem. Gayunpaman, ang mga pagsulong sa pag-unawa sa dinamika ng karst, kasama ng mas napapanatiling diskarte, ay humantong sa mahahalagang pag-unlad sa pagpapahintulot sa parehong pag-unlad at proteksyon ng karst na magkasabay.

Ang pag-unlad at imprastraktura sa mga lugar ng karst ay maaaring may iba't ibang uri at tungkulin, na nagreresulta sa magkakaibang uri ng pagkasira at epekto. Ang isang malawak na pag-uuri ay pinagtibay, na binubuo ng:

- Mga linear na imprastraktura.
- Mga dam at imbakan ng tubig.
- Mga industriya.
- Mga pag-unlad sa lungsod.

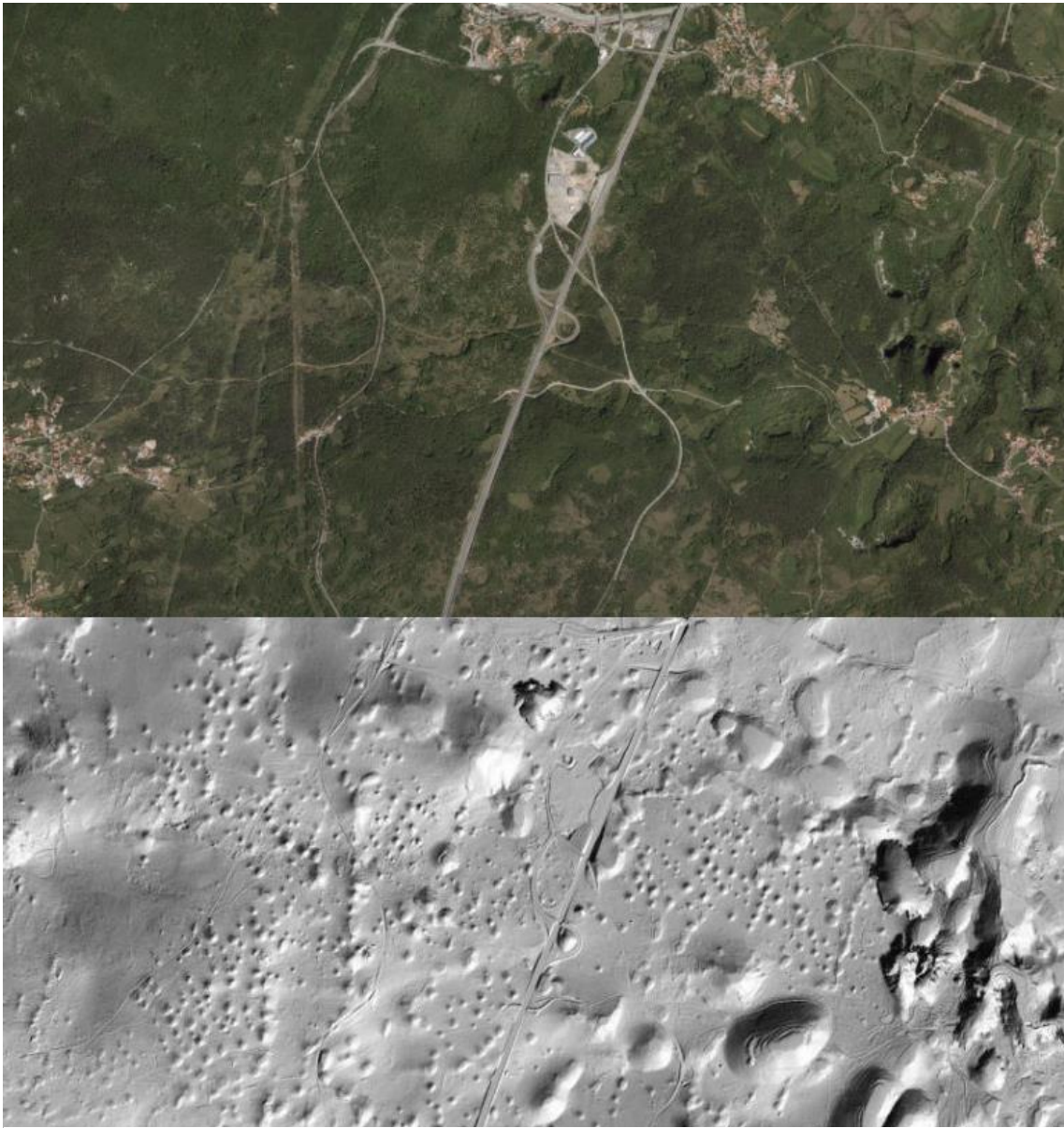


*Ang Predjama Castle, Slovenia, ay itinayo sa bunganga ng kuweba noong ika-13 siglo CE. Larawan ni David Gillieson.*

Ang iba't ibang uri na ito ay karaniwang nauugnay at ang paghahati sa pagitan noon ay madalas na malabo. Bilang isang pangkalahatang tuntunin, sa kasamaang-palad ay hindi ipinapatupad sa lahat ng dako, isang pag-aaral sa pagtatasa ng kapaligiran na kinasasangkutan ng site at ang mga kagyat na kapaligiran (isang proteksyon na buffer zone) ay dapat gawin bago ang anumang pag-install. Sa zone na ito, ang isang mas detalyadong pag-aaral na kinasasangkutan ng imbentaryo ng mga kuweba at mga tampok sa ibabaw ng karst ay dapat gawin upang masuri kung ang proyekto ay dapat magpatuloy o dapat na maghanap ng mga alternatibong lokasyon. Ang pagpapalit ng lokasyon ng isang partikular na proyekto ay minsan imposible, at tulad ng kaso ng ilang mga imbakan ng tubig at mga dam. Gayunpaman, sa karamihan ng mga kaso, ang aksyon na ito, na maaaring magmukhang magastos at radikal sa simula ay maaaring, sa huli, ay patunayan na isang matalino dahil maiiwasan nito ang mga magastos na pamamaraan na nauugnay sa reparasyon sa kapaligiran o paglilitis.

### *Mga linear na imprastraktura*

Binubuo ng mga linear na imprastraktura ang mga kalsada, riles, mga linya ng paghahatid ng kuryente, mga channel ng tubig at iba pang istruktura na kadalasang makitid at may malaking haba. Mahalaga para sa transportasyon ng mga tao, kalakal, tubig at enerhiya, ang kanilang density ay direktang nauugnay sa yaman ng ekonomiya at laki ng populasyon.



*Aerial (itaas) at LIDAR (ibaba) na mga larawan ng mga doline na katabi ng isang pangunahing highway malapit sa Divaca sa Slovenia. Ginawa mula sa Atlas of the Environment, Environmental Agency of the Republic of Slovenia (EARS).*

Dahil sa katangiang masungit na lupain ng mga lugar ng karst, maaaring maging mahirap ang pagtatayo ng gayong mga istruktura. Ang tunneling ay isang karaniwang alternatibo para sa pagtawid sa mga karst massif at maaaring magresulta sa pagharang ng hindi kilalang mga kuweba at humantong sa pag-agos ng tubig. Ang karagdagang pagsasaalang-alang ay ang katatagan ng mga kalapit na kuweba at kung paano nauugnay ang mga ito sa pangingingin ng boses sa panahon ng pagtatayo at pagpapatakbo. Maaaring mangyari ang bahagyang o kahit na kabuuang pagbagsak ng mga kuweba dahil sa pangingingin ng boses, ngunit bihira at depende sa lokal na heolohiya at lalim ng kuweba – may mga halimbawa ng mga kalsada na tumatawid sa itaas ng mga kuweba, o tumatakbo sa loob ng mga ito nang walang kapansin-pansing pinsalang morphological. Ang mga katulad na geotechnical na pagsasaalang-alang ay nalalapat sa paggamit ng mga kuweba bilang natural na tulay. Sa ganitong mga sitwasyon, ang isang case-by-case na pag-aaral ay dapat gawin upang igiit na walang pinsala sa parehong mga kuweba at kalsada na nangyari. Karaniwang mayroong ilang antas ng kakayahang umangkop sa pagpapalano ng mga linear na istruktura at ang paglilipat palayo sa mas marupok na mga karst zone ay dapat gamitin, kung posible, sa maagang yugto.



*Ang diversion ng isang maliit na kalsada sa paligid ng dolines, tulad ng ipinapakita sa itaas, ay isang simple at epektibong diskarte, gayunpaman, ang mga pangunahing highway ay kinakailangang maging tuwid hangga't maaari. Ang larawang ito ay nagpapakita ng isang doline sa ruta ng isang motorway sa pamamagitan ng Slovenia. Ang doline ay nahukay at ang labasan ay selyado bago ang maingat na pagpuno ng pinagsama-samang upang mabawasan ang panganib ng pagbagsak. Larawan ni John Gunn.*

Ang runoff mula sa mga kalsada at riles ay madalas na kontaminado at may posibilidad na idirekta sa mga drains at sa huli ay lumulubog sa mga karst terrain, na may potensyal na mahawahan ang mga bukal at ang supply ng tubig. Ito ay maaaring maging napakaseryoso kung ang isang aksidente ay magresulta sa pagtapon ng mga mapanganib na kemikal. Ang mga kemikal na compound ay kumikilos sa mga kumplikadong paraan, depende sa kanilang density at komposisyon. Ang paglilinis ng kontaminadong karst na lupa at mga kuweba ay kadalasang kumplikado at magastos. Dahil sa anisotropic na katangian ng mga karst aquifers at sa pangkalahatan ay mabilis na infiltration rate, posible para sa bahagi ng isang contamination plume na mabilis na maglakbay sa mga conduits, na umuusbong sa mataas na konsentrasyon ng mga oras o araw pagkatapos ng input, habang ang natitira ay nakaimbak sa epikarst at mas maliliit na channel. upang ito ay umuusbong pa rin sa mas mababang mga konsentrasyon sampu o daan-daang araw pagkatapos ng input.

Ang Karst ay maaari ding makaapekto sa mga linear na istruktura, lalo na sa pamamagitan ng pagbuo ng mga doline o pagbagsak sa mga mababaw na kuweba. Ang mga geophysical na pag-aaral ay maaaring makatulong sa paghahanap ng mga void at mga kuweba na dapat iwasan, bagaman ang mga pagbagsak ng takip na sinkholes na dulot ng pagtagas ng tubig mula sa mga pipeline o pagkawala sa mga itinayong drainage channel ay maaaring mabuo pagkatapos ng mga pag-aaral na iyon. Mas mababa ang panganib ng mga epekto mula sa mga linya ng paghahatid ng kuryente, dahil sa malawak na espasyo sa pagitan ng mga tower (mga pylon) bagama't may mga kaso ng mga doline na nabubuo malapit sa mga pylon. Mula noong bandang 2010, nagkaroon ng markadong paglago sa renewable energy market at partikular na ang pagbuo ng kuryente gamit ang wind turbines. Bagama't hindi mahigpit na linear, ang mga wind tower ay karaniwang ipinamamahagi sa parallel row at ang mga katulad na pagsasaalang-alang ay nalalapat. Ang mga mabibigat na istrukturang ito ay may ilang antas ng kakayahang umangkop sa lokasyon at dapat itago sa mga kuweba. Ang mga wind turbine ay maaari ding pumatay ng mga paniki, kadalasan hindi mula sa direktang epekto ng mga blades ngunit sa pamamagitan ng barotrauma, isang biglaang pagbaba ng presyon ng hangin na bumagsak sa mga baga ng paniki. Ang mga wind turbine ay dapat na matatagpuan at pinaandar sa konsultasyon sa mga biologist ng paniki upang mabawasan ang pinsala sa mga species ng paniki sa lugar.



*Ang ruta ng parehong motorway sa Slovenia ay tumatakbo sa kung ano ang orihinal na isang sediment-filled unroofed cave. Ang pakikipagtulungan sa pagitan ng mga konstruktors at ng Karst Institute sa Postojna ay natiyak na ang kuweba ay maingat na naidokumento bago mapuno ng pinagsama-samang at selyadong upang mabawasan ang panganib ng pagbagsak. Larawan ni John Gunn.*

### **Mga dam at reservoir**

Ang tubig ay dumadaloy sa ilalim ng lupa sa mga lugar ng karst. Bagama't ang mga paglubog ng sapa, mga doline at bukal ay mga tipikal na katangian, karaniwang may limitadong drainage sa ibabaw. Dahil diyan, sa buong kasaysayan naging kritikal na makabuo ng mga paraan upang ma-access at mapanatili ang tubig para sa personal na pagkonsumo o para sa agrikultura. Nangangailangan ito ng mga solusyon sa engineering tulad ng mga balon sa pagbabarena o paglalagay ng mga pumping device sa loob ng mga kuweba. Ang isang angkop na alternatibo ay ang pagtatayo ng mga dam o imbakan ng tubig, na may layuning panatilihin ang tubig sa ibabaw ng lupa at bigyang-daang ang mas madaling kontrol at pamamahagi ng daloy. Ang mga karst na bato ay mga natural na target para sa pagtatayo ng mga dam kung saan kadalasang kinakatawan ng mga ito ang mga lugar na mababa ang elevation sa landscape dahil sa kanilang mataas na solubility. Higit pa rito, ang malalalim na mga lambak o canyon, na minsan ay nagreresulta mula sa pagbagsak ng kuweba, ay karaniwang mga anyong lupa sa maraming lugar ng karst, at maaaring magbigay ng mga kaakit-akit na lugar ng dam. Mula noong unang panahon, libu-libong mga dam at reservoir ang itinayo sa karst, lalo na sa Europa at China.

Karamihan sa mga dam at reservoir sa karst ay nagpapakita ng ilang antas ng pagtagas, na karaniwang tinatanggap mula sa simula, kahit na ang malawak at mamahaling grouting (i.e., pagpuno ng mga void ng kongkreto o iba pang materyal na hindi natatagusan). Ito ay dahil sa katotohanan na ang mga geophysical technique ay may posibilidad na mawalan ng resolusyon habang tumataas ang lalim, at ang kasalukuyang teknolohiya ay hindi mapagkakatiwalaang matukoy ang laki at lokasyon ng mga potensyal na ruta para sa pagtagas na kinakatawan ng mga conduit at kuweba. Bukod pa rito, ang anumang dam o reservoir ay bumubuo ng ibabaw ng tubig sa mas mataas na elevation kaysa sa dati nang umiiral, at sa gayon ay tumataas ang 'hydraulic gradient'. Ang tumaas na gradient na ito ay hahantong sa tumaas na bilis ng daloy ng tubig sa lupa, na tumatakbo sa isang magulong mode, na posibleng mag-alis ng mga sediment na minsang naka-plug sa mga kasalukuyang daanan. Ang isa pang potensyal na disbentaha ay ang bagong likhang gradient na ito ay magpapataas ng mga rate ng pagkatunaw, na nagbibigay-daang para sa pagpapalaki ng mga conduit sa habang-buhay ng dam, lalo na sa mga evaporite na lugar kung saan ang bato ay mas natutunaw kaysa sa carbonate karst. Samakatuwid, hindi nakakagulat na ang mga pagtagas ay may posibilidad na tumaas sa paglipas ng panahon. Bilang karagdagan, ang pagtagas sa pamamagitan ng mga fissure at

mga daanan ng kuweba sa ibaba ng agos mula sa impoundment at ang bigat ng haligi ng tubig ay maaaring mag-udyok sa pagbuo ng mga doline, na maaaring humantong sa isang bagong nilikha na zone ng pagtagas, gayundin ang magresulta sa mga maliliit na seismic shock sa paligid. lugar. Ang mga karagdagang problema sa kapaligiran ay nauugnay sa hydraulic na koneksyon sa iba pang hydrographic basin at mga hadlang sa paggalaw ng aquatic fauna, kabilang ang polusyon sa tubig. Kapag ang isang dam ay ginawang hindi matipid o masyadong nakakapinsala sa kapaligiran, posible itong alisin, bagama't ito ay isang mahal at teknikal na mapaghamong negosyo, hindi na walang sariling mga panganib. Ito ay maaaring mapatunayang mas mura kaysa sa patuloy na grouting, pagpapanatili o iba pang rehabilitasyon ng dam.

Sa ilang mga lugar ng karst, ang mga dam ay itinayo upang madagdagan ang imbakan ng tubig sa mga karst aquifer. Ang karaniwang mas epektibo at hindi gaanong problemadong disenyo ay naglalagay ng dam sa itaas ng agos ng karst area, na nagpapahintulot na maganap ang sedimentation kung saan hindi nito nasasarado ang mga karst conduit at ang tubig ay inilalabas sa mga bilis na nagpapahintulot sa lahat ng daloy na masipsip sa aquifer. Gayunpaman, ang disenyo na ito ay hindi palaging posible. Ang alternatibong disenyo ay naglalagay ng dam sa o sa ibaba ng agos na dulo ng karst, na i-impound ang tubig nang direkta sa ibabaw ng karst. Ang pamamaraang ito ay nagreresulta sa mas mataas na sedimentation ng mga kuweba at conduit, at mas malaking epekto sa mga ekosistema ng kuweba na hindi umusbong para sa mga hydrologic na kondisyong iyon. Bukod pa rito, ang isang spill ng mga pollutant sa impoundment ay direktang papasok sa aquifer, habang sa upstream na disenyo ng dam ay may higit na pagkakataon na bitag at alisin o i-remediate ang mga pollutant bago sila pumasok sa tubig sa lupa. Ang alinman sa disenyo ay hindi dapat gamitin sa mababaw, mababang tubig sa lupa na imbakan ng mga karst aquifer kung saan ang karagdagang tubig ay mabilis na dumadaloy sa loob at labas ng aquifer. Ang ilang tagumpay ay nakita sa pagpapahusay ng dami ng tubig sa lupa sa malaki, malalim, artesian na mga aquifer ng karst, tulad ng Edwards Aquifer sa Texas.



*Hydropower dam na itinayo sa karst terrain, Laos. Larawan ni Terry Bolger.*

### ***Mga industriya***

Ang mga industriya ay may iba't ibang laki, layunin at hugis. Ang mga nagpoprosesong halaman na nauugnay sa hilaw na materyal na nagmula sa karst, tulad ng semento o mga mineral na naka-embed sa karst, ay karaniwang

matatagpuan malapit sa quarry o minahan, na karaniwang nangangahulugang ang mga ito ay itinayo sa ibabaw ng karst. Ang ilang karaniwang katangian ng mga industriyang ito ay 1) mataas na pangangailangan ng tubig para sa pagproseso at pagpapalamig ng mineral; 2) pangangailangan para sa fossil fuels; at 3) mga lugar ng pagtatapon, na kung minsan ay mas malaki kaysa sa lugar ng planta, lalo na sa mga lugar ng pagmimina kung saan malaki ang mga dumi o overburden. Ang mga katangiang ito ay nangangahulugang na ang ilang mga industriya ay naglalagay ng mabigat na toll sa kapaligiran ng karst at nangangailangan ng maingat na kontrol sa parehong likido at atmospera na mga paglabas. Overpumping ng ang tubig sa lupa ay maaaring humantong sa paghupa ng lupa at pagbagsak ng sinkhole. Ang polusyon sa hangin ay nagsasangkot hindi lamang ng mga nakakapinsalang greenhouse gases ngunit iba't ibang mga particulate na maaaring makapinsala o makapinsala sa mga kweba at mga tampok ng karst.

Ang mga industriyang iyon na hindi nauugnay sa pagkuha ng mineral ay karaniwang matatagpuan malapit sa mga mamimili o sa mga ruta ng transportasyon. Ang ilang pagbabago sa mga code ng gusali o zoning ay malamang na kailangan dahil sa mga espesyal na kahinaan ng karst. Halimbawa, ang SUDS (Sustainable Drainage Schemes) ay karaniwang nangangailangan ng mga developer na magbigay ng mga soakaway o infiltration pond upang maiwasan ang surcharge ng storm drainage. Sa mga lugar ng karst, ang mga ito ay may potensyal na mag-trigger ng sinkhole collapse at baguhin ang dami at kalidad ng tubig sa lupa. Karaniwan sa maraming industriya ay ang malaking carbon footprint, na humahantong sa mga epekto na lampas sa mga rehiyon ng karst.

### *Pag-unlad ng lungsod*

Gaya ng tinalakay sa The special nature of karst environment and cave systems, ang concentrated recharge ay pumapasok sa karst sa pamamagitan ng joints, dolines at sinks sa natural na mga kondisyon, kahit na karamihan sa recharge ay diffuse at attenuated, lalo na kung may takip ng lupa at mga halaman, o mababaw. mga deposito. Ang mga urban na lugar sa ibabaw ng mga karst terrain ay kumakatawan sa isang matinding halimbawa ng mga pagbabago sa mga kundisyong ito, na nagpapalaki ng ilan sa mga problemang nauugnay sa iba pang mga uri ng pag-unlad. Ang mga lungsod ay palaging malalim na binabago ang natural na pattern ng paglusot sa pamamagitan ng pagpapakilala ng malalaking lugar ng hindi tinatablan ng mga materyales sa anyo ng mga bubong, pavement at kalsada. Ang mga pagbabagong ito ay malamang na humantong sa puro runoff na karaniwang maputik at kontaminado ng sediment, langis, grasa, tingga at iba pang mga kemikal. Kaya, may pangangailangan para sa isang mahusay na paraan upang maihatid ang urban drainage mula sa karst, kung maaari, kung hindi man patungo sa bedrock at perpektong mapabuti ang kalidad ng tubig bago ito pumasok sa karst. Ang mga 'storm water drainage well' ay kritikal sa maraming lungsod, gaya ng Bowling Green, Kentucky. Ang Bowling Green ay itinayo sa isang gumugulong na karst plain at isa sa ilang mga lungsod na may sistema ng kuweba sa ilalim, na nagpapataas ng potensyal para sa polusyon na maabot ang karst aquifer. Ang kakulangan ng maagang mga regulasyon sa zoning ay nagpapahintulot sa pagtatayo sa mga doline na madaling bumaha sa panahon ng malalaking pag-ulan. Ang pagpuno ng iba pang mga doline ay nagpababa sa kanilang kakayahang mag-drain at bumaba sa pag-imbak ng tubig-baha. Ang hindi mahusay na natural na sistema ng paagusan ay humahantong sa pagbaha sa mga urban na lugar na may malalaking kalawakan ng mga materyales na hindi tumatagos – isang karaniwang problema sa ilang mga setting ng karst. Ang pagtatapon ng basura at dumi sa alkantarilya ay isa pang pangunahing isyu sa mga lugar ng karst, lalo na sa mga hindi gaanong maunlad na bansa. Ang ilang mga lungsod ay kulang sa anumang uri ng collective septic system, kung saan ang dumi sa alkantarilya ay direktang itinatapon sa mga drainage na kanal o sapa, itinatapon sa mga lutong bahay na tangke sa ilalim ng lupa o sa mga bali o sinkhole sa karst. Ang mga paunang sistemang ito ay hindi sinasala o pinapahina ang dispersal ng mga kontaminant at maaaring magdulot ng malaking banta sa mga karst aquifer at cave ecosystem. Bilang karagdagan, ang hindi tinatablan na takip ay maaaring baguhin ang lokal na hydrograph at lumikha ng mas mabilis na runoff, tumataas ang taas ng entablado sa mga kuweba at sinkhole, at paikliin ang haba ng pagtugon sa bagyo na nagreresulta sa mas kaunting tubig na magagamit sa panahon ng tagtuyot.

Ang stormwater runoff mula sa mga urban na lugar ay maaaring maging lubhang nakakalason, na may langis, grasa, bakterya at iba pang urban point at non-point source na polusyon. Ang mga antas ng bakterya sa mga urban na lugar ay maaari ding maging napakataas dahil sa exfiltration ng mga septic sewer system, mga dumi ng alagang hayop at mga wildlife sa lungsod, na nagreresulta sa malubhang pagkasira ng tubig sa lupa.

Tungkol sa solid waste, ang mga partikular na lugar na tinatawag na 'landfills' ay karaniwang napapailalim sa mahigpit na kondisyon sa pagpapalano. Ang mga lugar na ito ay dapat na matatagpuan, kung maaari man, sa labas ng karst, sa ibabaw ng hindi natatagusan na mga bato, at dapat na may linya ng hindi natatagusan na mga hadlang upang maiwasan ang pagtagas. Sa kasamaang palad, sa mga hindi gaanong maunlad na bansa ay bihirang mangyari ito, na humahantong sa kontaminasyon ng lupa at tubig sa lupa. Ang polusyon sa atmospera dahil sa mga sasakyan,

tahanan at industriya ay isa pang uri ng epekto sa kapaligiran na pinalalakas sa mga lungsod at maaaring humantong sa acid rain at particulate dispersal.

Ang mga mapanganib na materyales (HazMat) ay karaniwang ginagamit at dinadala sa pamamagitan ng karst, ang mga paglabas nito ay nagresulta sa makabuluhang epekto sa mga kuweba, karst at mga mapagkukunan ng tubig sa lupa. Ang pagtuklas, pagsubaybay at pagreremedia ng mga insidente ng HazMat ay napakahirap dahil sa mga sumusunod na isyu:

- Ang mga lupa ay karaniwang nagbibigay ng kaunti kung anumang pagpapahina ng mga kontaminant.
- Ang mabilis na tulin ng tubig sa lupa (>1 km/araw) sa karst ay maaaring maghatid ng kontaminasyon sa malalayong distansya bago ito maitago at linisin.
- Ang mga landas ng daloy ay hindi gaanong tinukoy, kaya ang mga ugnayan sa pagitan ng iniksyon at paglabas ay karaniwang hindi alam.
- Ang mga sistema ng pagsubaybay ay mahirap at mahal na i-install, i-sample at i-maintain.
- Ang mga sistema ng pagsubaybay ay maaaring hindi kinatawan ng konsentrasyon o lawak ng kontaminasyon dahil sa anisotropic na katangian ng daloy ng tubig sa lupa sa karst, o kumakatawan sa konsentrasyon o lawak ng kontaminasyon.
- Limitadong bilang at pagkakaroon ng mga espesyalista sa karst hydrogeology.
- Maaaring mahirap i-install at patakbuhan ang mga paraan ng remediation at maaaring may limitadong bisa.

Ang mga paglabas ng mga mapanganib na materyales ay maaaring magmula sa mga aksidente sa industriya; sinadyang pagpapalabas; sa pamamagitan ng hindi tamang pagtatapon ng mga post-consumer na basura (mga herbicide at pestisidyong) sa mga doline, lumulubog na mga sapa o septic system; bagaman ang paglabas ng mga tumatagas na tangke ng imbakan sa ilalim ng lupa; sa pamamagitan ng mga septic tank at sewer system; at mga linya ng paghahatid ng langis at gas. Ang petrolyo at iba pang panggatong kasama ng mga solvent (mula sa dry cleaning) ay mga karaniwang materyales na inilalabas sa kapaligiran. Bilang karagdagan sa pagkontamina sa tubig sa lupa, ang ilan sa mga singaw ay maaaring nakakalason o sumasabog kung maipon ang mga ito at maaaring magresulta sa mga sumasabog na kapaligiran sa mga kuweba, sistema ng imburnal at maging sa mga bahay at pampublikong gusali.





*Ang mga basurang dinadala sa pamamagitan ng batis ng kuweba sa Lagoa Santa Karst, Brazil. Larawan ni Luciana Alt.*

Emergency response to HazMat incidents in karst are very difficult and procedures should first include the protection of public safety followed by protection of the surface and subsurface. Remediation should, if possible, include containment and removal of any liquid and solid waste. Hazardous Materials should never be flushed into the surface as they may result in contamination of private and public water supplies, poisoning of cave biota, collection of explosive vapours in caves and buildings and degradation of water quality in springs impacting spring dependent ecosystems and downstream users. Investigation of the impact of a hazardous materials release in karst should be carried out by an experienced karst environmental professional.

Groundwater overpumping is common in urban areas. The combined extraction of thousands of public or private wells can have the same effect as a single large extraction scheme as is the case in mines and industries. Subsidence in urban settings is common in many areas of the world where groundwater is utilised and in Florida, USA, it is frequently included in home insurance packages. Sinkholes can occur due to leakage in water or sewage distribution pipes, leading to soil movement into fractures or the formation of voids in the soil, followed by collapse. The overpumping of groundwater in urban areas can also result in diminished or total loss of spring flow, which is an important resource for downstream users as well as spring dependent species.

Sinkhole flooding through improper management of storm water runoff can create issues in karst. The construction of homes and businesses in sinkholes, coupled with higher impervious cover associated with urbanisation, can result in rapid and longterm flooding. Improper regulation of land use practices can result in the plugging of sinkhole 'drains' with sediment, vegetation and garbage, and increase the height and duration of flooding.



*Isang hindi maayos na ginawang landfill sa Lagoa Santa Karst, Brazil. Larawan ni Luciana Alt.*

Kung saan ang mga lungsod ay nangyayari sa gilid ng mga lugar ng karst, ang paglago ng urban ay pinakamahasay na nakadirekta sa mga hindi karst na lugar kung saan ang pag-unlad ay kadalasang maaaring mangyari nang mas madali, mas mura at may mas kaunting epekto sa kapaligiran. Ang pampublikong edukasyon ay maaaring makatulong sa gayong mga pagsisikap. Sa Austin at San Antonio, Texas, ang mga residenteng nag-aalala tungkol sa kanilang mga karst aquifer ay bumoto na bahagyang taasan ang kanilang mga buwis upang makalikom ng daan-daang milyong dolyar sa loob ng 20–30 taon upang makabili ng malalaking lugar ng karst na nakalaan para sa aquifer at mga endangered species na proteksyon, at sa ilang mga kaso bilang mga parke.

Dahil karamihan sa populasyon ng mundo ay naninirahan na ngayon sa mga urban na lugar, ang mga lungsod ay naging pangunahing elemento sa sustainability agenda. Maraming mga inisyatiba sa klima at mga proyekto ng NBS (Nature Based Solutions) ang naglalayong pagaanin ang mga dating nakalistang epekto upang makamit ang isang carbon neutral (o, sa isip, negatibo) na kapaligiran. Ang malaking kamakailang pagbabagong ito ay dapat magresulta sa mga pakinabang sa kapaligiran ng karst.

### *Pagpapaunlad at imprastruktura sa mga protektadong lugar*

Ang mga protektadong lugar ay maaaring magkaroon ng iba't ibang antas ng 'proteksyon', na ang ilan ay nagpapahintulot pa sa pagkakaroon ng mga industriya o urban na lugar, sa kondisyon na ang ilang mga kinakailangan ay natutugunan, habang ang iba ay malinis na mga lugar sa ilang. Karamihan sa mga mas sikat na protektadong lugar sa karst ay may mga pasilidad tulad ng mga sentro ng bisita, mga restawran at tuluyan para sa mga kawani, siyentipiko at turista. Ang mga naunang nakalistang epekto ay nalalapat din sa mga istrukturang ito at dapat na mainam na matatagpuan malayo sa mas marupok na mga tampok ng karst. Sa Gunung Mulu National Park, Sarawak, ang lahat ng mga pasilidad ay ilang kilometro mula sa mga kuweba. Gayunpaman, ang mga gusaling malapit sa o direkta sa itaas ng mga kuweba at sinkhole ay umiiral sa maraming protektadong lugar. Dapat mag-ingat, dahil maraming kaso ng mga epekto sa kapaligiran mula sa mga istrukturang ito, kabilang ang isang kaso ng direktang koneksyon sa pagitan ng toilet latrine at ng cave stream na napatunayan ng isang water tracing experiment.

Ang mga istruktura sa loob ng mga kuweba ay karaniwang pinananatiling minimum. Gayunpaman, ang ilang sikat na protektadong lugar ay may mga underground na restaurant (kabilang ang Carlsbad National Park at Mammoth Cave National Park, parehong nasa USA), mga souvenir shop, toilet, amphitheater para sa mga palabas sa ilalim ng lupa, mga elevator at riles ng tren para sa mga tren at funicular. Ang lahat ng mga istrukturang ito ay nagsasangkot ng ilang uri ng epekto sa kapaligiran at dapat na mai-install lamang pagkatapos ng isang komprehensibong pagsusuri sa kapaligiran. Dapat linawin ng plano sa pamamahala ng protektadong lugar kung ang mga ito ay makatwiran bilang isang paraan upang magbigay ng kaginhawahan (o pagkakabukod mula sa mga natural na kondisyon) at kaligtasan ng bisita.

## Mga konklusyon

Karst and humans have coexisted since the first hominids emerged and a symbiotic association involving use and impact has occurred ever since. Very few caves or karst areas are entirely free of some sort of human modification, however, during the 21<sup>st</sup> century CE, there has been an increasing trend towards achieving a balance between preservation and impact. Achieving sustainability in highly populated karst areas is a difficult task but, increasingly, green infrastructure projects are making possible a move towards a more balanced use of environmental services.

## Mga Alintuntunin

- (52) *Ang lahat ng pag-aaral sa pagiging posible para sa mga proyekto sa pagtatayo sa mga lugar ng karst ay dapat magsama ng maingat na pagsusuri sa nakaplanong lokasyon, isang detalyadong pagtatasa sa kapaligiran at ang laki ng isang proteksiyon na buffer zone. Kung saan posible na ilipat ang isang proyekto o pag-unlad ng lungsod palayo sa isang lugar ng karst maaari itong maging isang pang-ekonomiya at positibong desisyon sa kapaligiran.*
- (53) *Ang mga protocol ay dapat na binuo at inilapat upang harapin ang pagtatapon ng mga atmospheric, likido at solidong mga basura na nabuo sa panahon at pagkatapos ng konstruksiyon. Dapat itong umabot sa kabuuan ng karst critical zone, na kinabibilangan ng atmosphere, lupa, epikarst at upper zone ng karst aquifers.*
- (54) *Ang mga code ng gusali para sa karst ay dapat ipatupad sa parehong paraan tulad ng para sa lindol o mga lugar na madaling bahain. Ang urban zoning sa mga rehiyon ng karst ay dapat isaalang-alang ang mga detalye at kahinaan na likas sa kapaligiran ng karst.*
- (55) *Dapat ipatupad ang isang matibay na balangkas ng pagpaplanong pambatasan na nakabatay sa agham sa lokal, rehiyonal at pambansang antas.*
- (56) *Ang mga hakbangin sa edukasyon ay dapat isabuhay, lalo na sa mga hindi gaanong maunlad na bansa, upang ipaalam sa mga may-ari ng lupa o mga naninirahan sa lungsod ang marupok na kalikasan ng mga karst terrain.*
- (57) *Sa mga protektadong lugar, ang imprastruktura ay dapat panatilihin sa pinakamaliit at, kung maaari, ay matatagpuan malayo sa mga kweba at karst features.*
- (58) *Ang isang wastong plano sa pamamahala ng lugar na protektado ay dapat na maingat na timbangin ang mga kalamangan at kahinaan ng mga istruktura ng gusali sa loob ng lugar, na nangangalaga sa kapaligiran at proteksyon ng bisita sa halip na magbigay ng hindi kinakailangang kaginhawahan. Ang mga malalaking proyekto sa imprastruktura sa mga kuweba, maliban kung kinakailangan, ay dapat na masiraan ng loob.*
- (59) *Ang mga mapanganib na materyales ay dapat hawakan nang may mahusay na pag-iingat at maayos na kontrolin upang mabawasan ang mga paglabas. Ang mga unang tumugon sa insidente ng HazMat ay dapat sanayin sa mga partikular na paraan ng pagtugon para sa karst.*
- (60) *Ang mga mapanganib na materyales, maging ang mga ito ay gasolina o iba pang panggatong, solvents, dumi sa alkantarilya o iba pang mga mapanganib na basura ay hindi dapat itapon sa ilalim ng lupa. Ang pagsisiyasat at remediation ng tubig sa lupa ay napakahirap at mahal. Sa pinakamalawak na lawak na posible, ang mga mapanganib na materyales ay dapat na nilalaman at alisin sa ibabaw. Ang mas detalyadong pagsisiyasat ng potensyal na epekto sa kapaligiran ay dapat isagawa ng mga may karanasang propesyonal sa karst.*

## Supply ng tubig

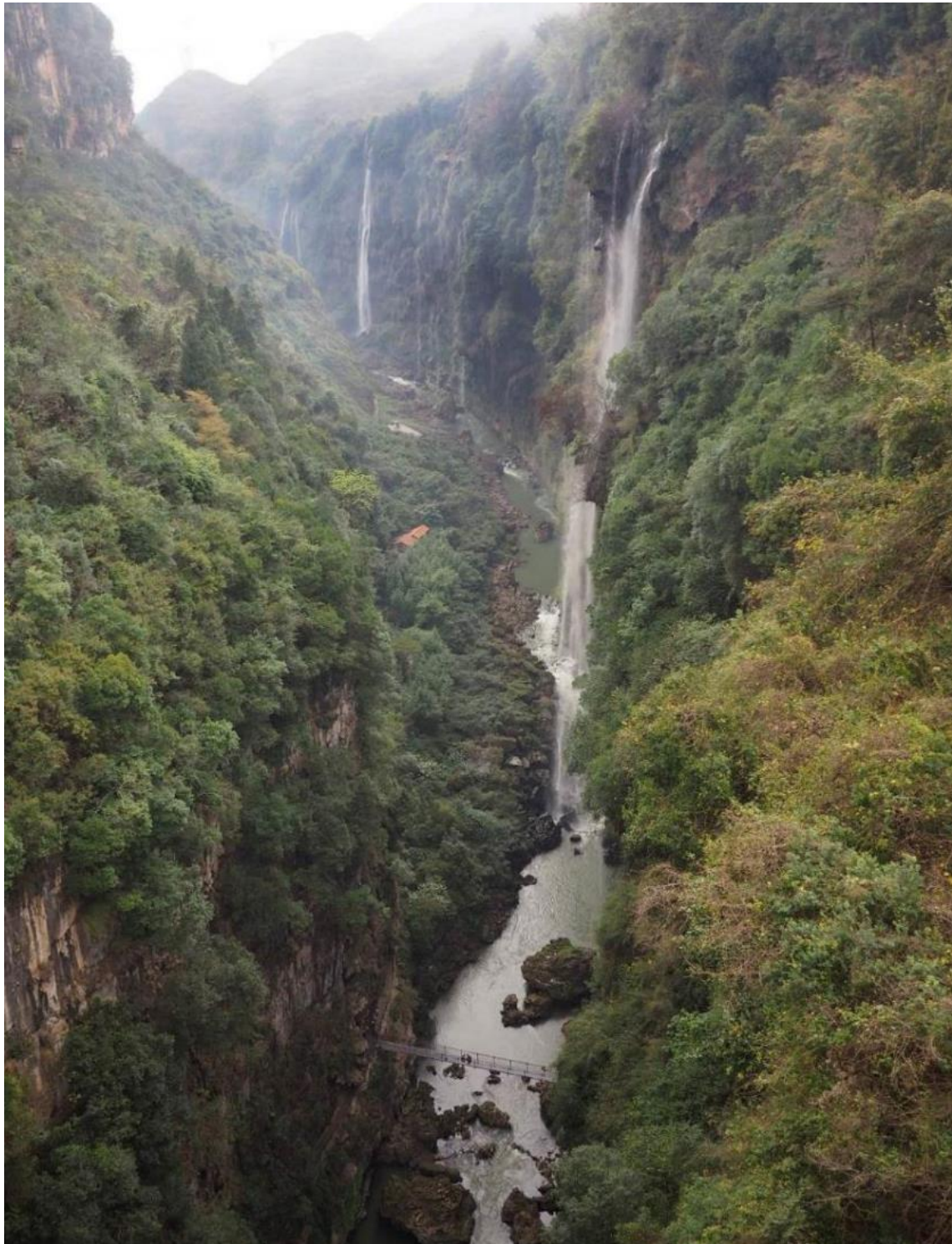
Ang pag-access sa tubig ay may malaking papel sa kung paano umunlad ang mga tao sa paglipas ng panahon. Natuto ang mga Griyego, Minoan (Crete), Romano at marami pang ibang lipunan kung paano haharapin ang mga yamang tubig sa karst, na maraming lungsod ang nakikinabang sa pagiging malapit sa mga bukal ng karst bilang pinagmumulan ng tubig na inumin o para sa libangan, tulad ng mga thermal spring sa Syracuse sa Sicily, Italy, Nimes,

France at Bath, UK. Sa Americas, ang kulturang Mayan ay higit na umunlad sa isang karst terrain kung saan ang tubig ay maaari lamang ma-access sa pamamagitan ng mga collapse doline na kilala sa lokal bilang mga cenote. Ang isa sa mga pangunahing katangian ng mga karst terrain ay, dahil sa likas na natutunaw ng bato, bihira ang pagpapatapon ng tubig sa ibabaw at ang tubig ay dumadaloy sa ilalim ng lupa, minsan na-access sa mga kuweba o, kadalasan, sa mga bukal lamang. Sa kabilang banda, kung naroroon, ang matabang lupa (kilala bilang terra rossa sa Mediterranean) ay angkop para sa agrikultura. Ang agrikultura at ang paglago ng mga lungsod ay humantong sa malawakang paggamit ng mga bukal bilang maaasahang pinagkukunan ng tubig na maiinom sa maraming bahagi ng mundo. Ang mga karst spring ay pinagsamantalahan mula pa noong ika-19 na siglo CE para sa tradisyonal na industriya ng alak, tulad ng bourbon whisky sa USA at ang Trappist beer sa Belgium.

Batay sa World Karst Aquifer Map (WOKAM) tinatayang 15.2% ng pandaigdigang ice-free continental surface ay nailalarawan sa pagkakaroon ng mga karstifiable carbonate na bato. Noong 2020, may humigit-kumulang 1.2 bilyong tao (16.5% ng pandaigdigang populasyon) ang naninirahan sa mga lugar ng karst at humigit-kumulang 700 milyong tao ang kumonsumo ng tubig. Ang proporsyon na ito ay malamang na tumaas, na nagbabanta sa napapanatiling paggamit ng mga karst aquifers. Ang mga solusyon sa engineering ay karaniwang kinakailangan upang mahusay na mag-tap ng mga suplay ng tubig sa karst, kabilang ang mga borehole at reservoir. Bago ang 1986, mahigit 17,000 dam ang itinayo sa karst sa buong mundo (hindi kasama ang China), ngunit marami ang nakaranas ng malaking pagtagas o hindi napuno nang lubusan. Ang mga maagang pagkabigo sa engineering na ito ay humantong sa malawakang paniniwala na ang engineering sa karst ay dapat 'asahan ang hindi inaasahang'. Bukod sa pagdami ng populasyon, ang mga epekto ng mga pagbabago sa klima ay malamang na magpapalala sa pag-asa ng mga tao sa karst na tubig, lalo na sa ilan sa mga mas makapal na populasyon na mga lugar ng karst sa Asia, Middle East, Europe at North at Central America.

Sa mga karst terrain, ang infiltration ay kadalasang nangyayari nang mabilis sa pamamagitan ng dolines o joints sa bedrock, bagama't sa mga lugar na may makapal na impermeable na lupa - karaniwang nabubuo sa mababaw na deposito tulad ng loess o volcanic ash - ang mga lawa ay maaaring mabuo sa panahon ng pag-ulan. Hindi tulad sa ibang mga bato, ang daloy ng tubig sa lupa ay maaaring napakabilis, na nagaganap sa pamamagitan ng mga conduit o mga kuweba. Ang lalim ng talahanayan ng tubig ay nag-iiba-iba depende sa rehiyon at sa ilang mga rehiyon ay walang tuluy-tuloy na ibabaw gaya ng mangyayari sa mga natatagong bato. Sa mga patag na lugar sa baybayin, tulad ng sa Florida, o sa Yucatán, Mexico, ang tubig sa lupa ay maaaring ilang metro lamang sa ibaba ng lupa, na ginagawang medyo madali ang pag-access. Gayunpaman, sa mga bulubunduking lugar ng karst, karaniwang may ilang daang metro ang vadose zone na pumipigil sa madaling pagpasok sa tubig sa lupa at nangangailangan ng mga mahuhusay na solusyon.

Ang labis na pagsasamantala sa mga karst na tubig ay nangyayari sa maraming lugar sa mundo, na humahantong sa pagbaba ng antas ng tubig. Ito ay may malubhang kahihinatnan para sa aquatic ecosystem sa karst dahil maaaring matuyo ang mga bukal at ilog ng kuweba. Ang pagbaba ng ilang sampu-sampung metro ay naobserbahan sa maraming mga lugar ng karst, dahil sa mga balon para sa parehong domestic supply ng tubig o mga industriya. Ang sobrang pagbomba ng tubig sa lupa ng karst ay maaaring pagmulan ng punto, tulad ng sa kaso ng mga minahan at quarry na nangangailangan ng malalaking dewatering scheme upang gumana, ngunit mas karaniwan, ang pagbaba ng water table ay nangyayari sa pamamagitan ng pinagsamang dami ng tubig na binomba mula sa ilang mga balon, para sa urban consumption o para sa irigasyon. Ang mga kuweba at voids sa ibaba ng water table (sa phreatic zone) ay bahagyang pinananatiling matatag dahil sa suportang ibinibigay ng tubig. Maaaring ma-trigger ang pagbagsak kung ang suportang ito ay mabilis na maalis dahil sa pumping. Ang karagdagang epekto na nauugnay sa pagbaba ng antas ng tubig ay nangyayari kapag ang contact sa pagitan ng lupa at karst bedrock (kilala bilang epikarst zone) ay nakalantad sa itaas ng water table. Ito ay humahantong sa gravitational soil input sa pinalaki na mga joints, na bumubuo ng hindi matatag na mga void sa loob ng lupa. Ang pagbagsak ng mga void na ito ay responsable para sa mga dropout sinkholes (dolines) na madalas sa mga lugar ng karst na napapailalim sa intensive dewatering. Ang sobrang pagbomba ng mga mapagkukunan ng tubig-tabang sa mga disyerto, sa mga isla o sa mga lugar ng karst sa baybayin ay maaari ring magresulta sa pagpasok ng tubig-alat. Ang inabandona o hindi wastong pagkakagawa o pagpapanatili ng mga balon ng tubig ay maaari ding maging isang daluyan ng kontaminasyon sa ibabaw na makapasok sa ilalim ng ibabaw at magresulta sa kontaminasyon ng tubig sa lupa.



*Perched karst springs in the Malinghe Gorge, Guizhou Province, China. Photo by John Gunn.*

Ang pagbaha ay nangyayari sa ilang mga lugar ng karst, na karaniwang nauugnay sa urbanisasyon. Ang hindi natatagusan na mga ibabaw na sumasakop sa lupa sa karamihan ng mga lungsod ay nangangahulugan na ang natural na pagpasok ay lubhang nababawasan, na nakatutok sa ilang mga istraktura ng runoff na umaagos patungo sa water table. Ang dami ng runoff na tubig kung minsan ay lampas sa limitasyon ng mga sistemang ito, na nagreresulta sa malawakang pagbaha, gaya ng madalas na nangyayari sa mga urbanisadong lugar ng karst ng Kentucky. Ang pagbaha ay malamang na tumaas dahil sa matinding basa na mga kaganapan na nauugnay sa

pagbabago ng klima, na nagdudulot ng mga karagdagang hamon sa mga lugar ng karst, dahil ang parehong gawa ng tao na mga istraktura ng runoff o mga conduit ng kuweba ay maaaring hindi makayanan ang mas malaking volume ng tubig. Maaari ding bumaha ang mga sinkholes, hindi mula sa tubig na dumadaloy sa kanila kundi mula sa tubig na tumataas mula sa ibaba, kung saan ang malalaking volume ng tubig ay inililihis sa mas matataas na elevation na mga sinkhole at inililipat sa mas mababang elevation sa pamamagitan ng mga kuweba at conduit.

Maliban sa mga karst na lugar na may makapal na mababaw na deposito, recharge sa karst, at ang daloy ng tubig sa mga karst conduit ay karaniwang mga order ng magnitude na mas mabilis kaysa sa kaso sa karamihan ng mga sistema ng tubig sa lupa. Kaya, ang tubig sa lupa ng karst ay may limitadong natural na pagpapalambing at pagsasala, na nangangahulugan na ang anumang kontaminasyon mula sa mga pinagmumulan ng agrikultura, tulad ng mga nitrates, mga industriya o hindi sinasadyang mga spill ay madaling maabot ang talahanayan ng tubig at mabilis na kumalat para sa malalayong distansya sa pamamagitan ng mga conduit. Ginagawa nitong napakasalimuot ang kontaminasyon ng tubig sa karst upang masuri at mapagaan. Ang kontaminasyon ay maaaring makaapekto sa ekosistema na nauugnay sa mga karst aquifer, na nagbabanta sa buhay ng kuweba. Ang mga hindi wastong septic tank, o kahit na ang kumpletong kawalan ng anumang wastong sistema para sa pagtatapon ng dumi ng tao, ay karaniwan sa maraming lugar ng karst sa buong mundo, na nagpapataas ng potensyal para sa kontaminasyon ng mga pathogen. Ang iba't ibang kemikal at lahat ng uri ng basura ay maaaring makapasok sa mga karst aquifer. Sa ilang lugar, ang karaniwang pananaw na 'wala sa paningin ay wala sa isip' ang nagbunsod sa mga tao na itapon ang mga itinapon na materyal sa mga doline at kuweba. Ang ilang mga kuweba na ilog sa mga urban na lugar ay labis na nadumihan, na higit pa sa 'natural' na mga imburnal at kahanga-hangang mga pagsisikap sa paglilinis ay kinakailangan, tulad ng sa Hidden River Cave sa Horse Cave at Lost River Cave sa Bowling Green, parehong sa Kentucky.



*Ang tubig ng baha na ibinubuhos mula sa Marble Arch Cave, Fermanagh, UK, sa transboundary na Cuilcagh Lakelands UNESCO Global Geopark. Larawan ni John Gunn.*

Ang paglilinis ng kagubatan para sa agrikultura at mga pastulan o tagtuyot na pinalala ng pagbabago ng klima ay maaaring mag-alis ng proteksiyon na takip ng mga halaman at mag-trigger ng pagguho ng lupa. Ito ay maaaring maging sanhi ng pagkakasaksak ng doline bottoms o swallets, na humahantong sa pagbaha. Ang karagdagang epekto ay ang pag-silting ng mga drainage sa ibabaw at kuweba, kung minsan ay nakaharang sa mga daanan at nagiging sanhi ng paglala ng sediment sa loob ng mga kuweba. Ang mga catchment area ng mga kuweba sa buong

mundo ay madalas na hindi maayos na pinamamahalaan, na nagreresulta sa mga epekto sa hydrological cycle. Ang mga pagbabago sa paggamit ng lupa sa itaas ng mga kuweba ay maaaring mag-trigger ng pagpasok ng lupa sa mga ruta ng percolation, na nakakaapekto sa kulay at integridad ng mga speleothem. Ito ay partikular na kritikal para sa mga palabas na kuweba, kung saan maaaring baguhin ng napakalaking sedimentation ang kulay ng mga speleothem sa kweba na karamihan ay puti.

Nangyayari ang ilan sa mga naunang nabanggit na epekto sa kapaligiran dahil sa mga point source na panandaliang yugto, gaya ng hindi sinasadyang pagtapon ng mga kemikal. Ngunit ang iba tulad ng kontaminasyon dahil sa urbanisasyon o mga industriya, o overpumping, ay maaaring maganap sa laki ng mga taon o dekada. Ang isang karagdagang epekto ay nauugnay sa pagbabago ng klima, na sa kabaligtaran ay maaaring makaapekto sa badyet ng tubig ng mga lugar ng karst sa magkasalungat na paraan, nagpapalala ng kakulangan sa pamamagitan ng tagtuyot o pagtaas ng potensyal para sa pagbaha dahil sa mga kaganapan sa pag-ulan. Ang parehong mga sitwasyon ay madalas na ngayon sa buong mundo. Ang mga karstified na rehiyon ng Mexico, Caribbean at timog Florida, halimbawa, ay napapailalim na ngayon sa tumaas na dalas ng bagyo, habang ang mga lugar na madaling kapitan ng tagtuyot ay nasasaksihan ang pagbaha sa paglabas ng cave drainage. Ang mga epekto sa pagbabago ng klima ay kadalasang nangyayari na nakapatong sa iba pang mga kadahilanan, na nagsisilbing palakihin ang mga epekto nito. Ang pagtaas ng antas ng karagatan dahil sa pagbabago ng klima ay may potensyal na makabuluhang makaapekto sa mga karst aquifer dahil ang mga conduit ay nagbibigay ng mga daanan para sa tubig dagat na dumaloy sa lupain at sa gayon ay tumataas ang kaasinan ng tubig sa lupa.

Bilang karagdagan, ang ilang mga lugar ng karst ay umaabot sa mga internasyonal na hangganan, tulad ng mga nasa Balkan at iba pang bahagi ng Europa at timog-silangang Asya. Ang pamamahala ng mga mapagkukunan ng karst ay maaaring mangailangan ng internasyonal na kooperasyon upang maiwasan ang mga salungatan sa pamamahala ng mapagkukunan sa pangkalahatan at mga mapagkukunan ng tubig sa lupa sa partikular.

### *Mga Alituntunin*

- (61) Tukuyin ang mga buffer ng proteksyon para sa mga pinagmumulan ng tubig ng karst, tulad ng mga bukal, balon at mga kuweba. Sa mga protektadong lugar na ito, dapat itatag ang mga protocol sa mga gawi sa agrikultura, na may wastong paggamit ng mga pataba at kontroladong pumping ng tubig. Ilang mga scheme para sa pagpapatupad ng mga zone ng proteksyon sa mga bukal ay iminungkahi, ngunit malawak na inilapat lamang sa Europa at USA.*
- (62) Ang mga hakbangin sa edukasyon ay dapat magsulong ng kamalayan ng kapwa may-ari ng lupa at ordinaryong mamamayan kaugnay ng mga partikularidad ng mga kapaligiran ng karst upang maiwasan ang hindi tamang pagtatapon ng solid, sanitary at mapanganib na basura.*
- (63) Ang isang matatag na sistema ng pagsubaybay ay dapat na maitatag sa mga pangunahing bukal at mga piling balon sa madaling kapitan at lubos na ginagamit na mga sistema ng tubig sa lupa sa karst. Ang long term, high resolution na remote monitoring ay isang posibilidad na ngayon sa maraming spring at dapat na ipatupad nang mas malawak.*
- (64) Dapat ituring ng mga bansa ang tubig sa karst bilang isang marupok at may hangganang mapagkukunan, na nagpapatupad ng mga batas upang kontrolin at disiplinain ang pagkuha ng tubig, gayundin payagan ang naaangkop na pagpopondo para sa mabilis na reaksyon sa kaso ng kontaminasyon. Sa partikular, ang mga rekomendasyon tungkol sa wastong disenyo at pagpapatupad ng mga septic tank at ang lokasyon ng mga landfill ay dapat isabuhay.*
- (65) Dahil kakaunti ang nalalaman tungkol sa pag-uugali ng maraming mga kontaminant sa mga kapaligiran ng karst, dapat na magamit ang tamang pagpopondo upang maisulong ang siyentipikong pag-unawa sa paksang ito.*

# Pamamahala ng Karst sa Mga Protektadong Lugar

## Pagbuo ng epektibong pagsubaybay at pagpapagaan

### *Mga Prinsipyo sa Pagsubaybay*

Ang pagsubaybay ay isang mahalagang kasangkapan sa pamamahala at pagprotekta sa mga kuweba at mga mapagkukunan ng karst, lalo na sa mga likas na protektadong lugar. Pinipili ang mga indicator at pagsukat sa pagsubaybay upang magbigay ng maaasahang impormasyon sa kasalukuyang kalagayan ng mga mapagkukunan ng kuweba at karst na maihahambing sa isang 'baseline' ng mga kondisyon na umiral noong nagsimula ang pamamahala, at mas mabuti bago naganap ang anumang mga pagbabagong dulot ng tao. Bilang kahalili, para sa mga site tulad ng mga show cave kung saan may mahabang kasaysayan ng pag-unlad, posibleng gumamit ng kalapit na hindi pa nabuong kuweba bilang 'baseline'. Bilang karagdagan, maraming show cave ang isinara para sa iba't ibang panahon sa panahon ng 2020–2021 Covid-19 pandemic, at kung saan nagpatuloy ang pagsubaybay gamit ang mga automated na sensor, ang data ay nagbibigay ng pagtatantya sa mga natural na kondisyon. Ang pagsubaybay ay nagpapakita ng mga pagbabago sa paglipas ng panahon sa kondisyon ng mga mapagkukunan, parehong mga epekto at mga pagpapabuti, at sa gayon ang pagiging epektibo ng mga aksyon sa pamamahala. Ang mga resulta mula sa patuloy na pagsubaybay ay maaaring gamitin upang ipaalam sa pamamahala at upang mabawasan ang mga epekto (adaptive management).

Sa isip, ang isang programa sa pagsubaybay para sa mga kuweba at karst ay dapat na komprehensibo at may kasamang mga mapagkukunang abiotic, tulad ng tubig, hangin at lupa, at parehong mga tampok na geological at geomorphological kasama ng mga biotic na mapagkukunan, tulad ng fauna, flora, tirahan at ecosystem. Gayunpaman, ang mga ahensya ng pamamahala ng protektadong lugar ay madalas na walang sapat na pondo upang suportahan ang naturang komprehensibong programa sa pagsusuri. Alinsunod dito, ang mga pagsusumikap sa pagsubaybay ay dapat na nakatuon sa pamamagitan ng pagbibigay-prioridad sa mga likas na yaman batay sa kanilang halaga o kahalagahan, ang kanilang kahinaan o kahinaan, at ang kalubhaan ng aktwal o inaasahang mga banta o epekto (alinman sa natural o mula sa aktibidad ng tao). Para sa mga kuweba, mahalagang magkaroon ng imbentaryo ng mga pangunahing tampok, na naka-geolocate sa isang mapa ng kuweba (kung mayroon man), upang makatulong sa pagtukoy ng mga lugar ng pagsubaybay. Ito ay maaaring gawing mas madaling pagsasagawa sa pamamagitan ng GIS based techniques. Dapat isama sa pagsubaybay sa kuweba ang lugar na nakapalibot sa kuweba, dahil ang mga epektong nagmumula sa labas ay maaaring makaapekto sa dynamics ng sistema ng kuweba.

Kapag nauna na ang mga mapagkukunang susubaybayan, kailangang pumili ng mga naaangkop na tagapagpahiwatig para sa pagsubaybay. Ang mga pamantayan para sa pagpili ng mga tagapagpahiwatig ay kinabibilangan kung ito ay may kaugnayan at kapani-paniwala ayon sa siyensiya, magagawa, may masusukat na mababang epekto at epektibo sa gastos. Maaaring kailanganin ng mga tagapagpahiwatig na suportahan ng nauugnay na batas sa kapaligiran kung sakaling magkaroon ng mga legal na paglilitis. Ang mga tagapagpahiwatig at pamamaraan ng pagsubaybay ay dapat piliin upang madali silang maunawaan at maisagawa ng mga sinanay na kawani, hangga't maaari, upang mabawasan ang pangangailangan para sa labas o dalubhasa sa espesyalista. Sa pangkalahatan ay mas mahusay na subaybayan ang isang indicator na simple at murang sukatin sa maraming mga site kaysa sa isang napakasalimuot at mahal na maaari lamang itong makuha sa isa o dalawang site. Ang pagsukat ng evaporation mula sa maraming bukas na petri dish sa isang kuweba, halimbawa, ay maaaring magbigay ng mas magandang larawan ng mga problema sa pagpapatuyo kaysa sa isang hydrothermograph sa isang lokasyon.

Ang pagsubaybay ay nangangailangan din ng pagsasaalang-alang sa pagtitiklop, dalas at gastos. Ang madalas na pagsubaybay sa isang pangunahing tagapagpahiwatig ay mas mainam kaysa sa paminsan-minsang pagsubaybay sa maraming mga tagapagpahiwatig. Ang pagsubaybay sa mga pangunahing tagapagpahiwatig o sa mga pangunahing site ay dapat isagawa nang madalas hangga't kinakailangan upang masuri ang pagiging epektibo ng pamamahala sa pagliit ng mga epekto. Gayunpaman, dapat na iwasan ang mataas na dalas ng pagsubaybay sa mga marupok na lugar, maliban kung kritikal na kinakailangan, dahil maaari itong makabuo ng sarili nitong mga epekto. Ang awtomatikong pagsubaybay, kung magagawa, ay dapat unahin. Ang mga protocol para sa pagsubaybay sa bawat tagapagpahiwatig ay dapat na binuo.



## *Ilang Pinakamahuhusay na Kasanayan sa Pagsubaybay*

### Water quality and quantity

Ang mga stream-sink, doline na nagbibigay ng point-recharge (input site) at mga bukal at balon (output site) ay dapat gamitin bilang mga istasyon ng pagsubaybay sa kalidad at dami ng tubig sa mga lugar ng karst. Kung pinahihintulutan ng mga mapagkukunan, dapat isagawa ang tuluy-tuloy at batay sa kaganapan na pagsubaybay. Ang mga medyo murang data logger ay available sa komersyo upang patuloy na sukatin ang mga pangunahing parameter, kabilang ang lalim ng tubig (na maaaring i-convert sa discharge kung naitatag ang rating curve), temperatura, dissolved oxygen, electrical conductance (isang kahalili para sa kabuuang dissolved solids) at turbidity (isang surrogate para sa suspended solids). Ang iba pang mga parameter, gaya ng mga sustansya, metal, hydrocarbon, mga organikong pollutant at bacteria, ay mas angkop sa pagsubaybay na nakabatay sa kaganapan dahil karaniwang nangangailangan sila ng mga espesyalistang laboratoryo at mahal ang pagsukat. Karaniwang pinakamataas ang mga konsentrasyon sa mga panahon ng mababang daloy at maaaring magdulot ito ng partikular na banta sa mga organismong nabubuhay sa tubig, ngunit sa panahon ng mga bagyo at pagbaha kung saan dinadala ang pinakamalaking karga (konsentrasyon na pinarami ng discharge) ng karamihan sa mga pollutant at sediment. Ang isang mas pangkalahatang pagtatasa ng kalagayan ng mga daluyan ng kweba at tubig sa ibabaw ay maaaring makuha sa pamamagitan ng pagsubaybay sa mga biological na tagapagpahiwatig tulad ng para sa kalidad ng tubig, halimbawa, ang mga bilang ng mga sensitibong species na may mababang tolerance sa polusyon, tulad ng mga aquatic macroinvertebrates (mga insekto, bulate, snails, crustaceans) o ilang uri ng isda.

### Kondisyon ng halaman

Ang pagpapanatili at pagpapabuti ng kalagayan ng mga katutubong halaman ay kadalasang priyoridad para sa mga lugar na protektado ng karst. Ang pagsubaybay sa kondisyon ng mga halaman ay kinakailangan para sa pagsubaybay sa pag-unlad patungo sa mga layunin ng pamamahala. Ang dalawang pangunahing diskarte sa pagsubaybay sa kondisyon ng mga halaman ay ang mga pagtatasa na nakabatay sa site at mga pamamaraan ng remote sensing. Ang mga pamamaraan na nakabatay sa site para sa pagsusuri ng kagubatan at pagkalkula ng carbon ay madaling gamitin sa maraming lugar, at ang mga lokal na ranger at may-ari ng lupa ay maaaring sanayin upang isagawa ang mga ito. Lalong ginagamit ang remote sensing para sa pagsubaybay sa kondisyon ng mga halaman dahil sa bentahe nito sa pag-aalok ng malawak na sukat, awtomatiko at nauulit na mga pamamaraan. Ito ay angkop na angkop sa pag-detect ng mga pagbabago sa kondisyon ng mga halaman. Ang ilang sukatan mula sa ekolohiya ng halaman ay may malayuang naramdamang mga proxy measure, gaya ng normalized difference red edge (NDRE) index, na nagbibigay ng sukatan ng aktibidad ng photosynthetic. Ang pagpasok ng palumpong ay maaari ding matantya gamit ang patuloy na berdeng mga hakbang sa takip.

### Ang kapaligiran ng kuweba

Ang pagsubaybay sa klima at atmospera sa mga kuweba ng turista ay kadalasang ginagawa gamit ang mga awtomatikong istasyon ng panahon na may mga electronic sensor at datalogger. Ang mga istasyon ng pagsubaybay ay dapat na matatagpuan sa mga susi o sensitibong mga site. Kabilang sa mga indicator na susukatin ang: barometric pressure, temperatura, halumigmig, CO<sub>2</sub>, airflow at evaporation. Ang pagsukat ng konsentrasyon ng radon ay karaniwang kinakailangan bilang bahagi ng mga rehimeng pangkalusugan at kaligtasan ng mga kuweba ng turista. Ang layunin ng mga sukat na ito ay dapat na panatilihin malapit ang mga kondisyon ng atmospera sa natural na mga halaga ng baseline hangga't maaari, o upang payagan ang mabilis na pagbawi ng mga kundisyon sa mga baseline na halaga pagkatapos ng pagbisita.

### Cave fauna

Kung saan mayroong makabuluhang cave fauna, lalo na ang mga bihirang o endemic species, ang kanilang presensya at kasaganaan ay dapat na subaybayan. Ang mga specie ng tagapagpahiwatig para sa pagsubaybay ay maaaring mga troglobiont o stygobionts, na kadalasang mga endemic na species at marahil ang pinaka-mahina. Gayunpaman, ang 'keystone' species tulad ng mga paniki, swiftlet at cave cricket ay dapat ding ituring bilang indicator species dahil sa kanilang kahalagahan sa pagdadala ng pagkain sa kuweba kung saan umaasa ang ibang mga organismo. Sa isip, ang keystone species na napili bilang indicator ay dapat na sagana at malawak na ipinamamahagi sa (mga) kuweba. Ang

ilang partikular na troglobiont, tulad ng Collembola, ay maaaring maging kapaki-pakinabang na mga tagapagpahiwatig ng mga hindi balanseng nutrisyon sa isang sistema ng kuweba.

### Mga Speleothems at sediments

Ang mga speleothem at mga sediment ng kuweba ay kadalasang direktang naapektuhan ng mga bisita sa mga ligaw na kuweba at sa mga palabas na kuweba ay maaaring maapektuhan ng paglaki ng lampenflora. Ang photomonitoring ay isang epektibong paraan ng pagtatala ng kalagayan ng mga speleothem at paglalantad ng mga epekto. Ang mga speleothem at sediment ay dapat mapili para sa photomonitoring batay sa kanilang pagiging partikular na pang-agham o aesthetic na halaga o sa isang madaling maapektuhang lokasyon, tulad ng malapit sa trail ng kuweba. Kasama sa photomonitoring ang pagkuha ng mga piling speleothem o sediment mula sa isang nakapirming posisyon at may mga nakapirming setting ng camera at ilaw, upang ang mga larawan ay maaaring tumpak na kopyahin at maihambing sa paglipas ng panahon upang masuri ang mga epekto ng bisita. Ang photomonitoring ay dapat isagawa nang may dalas na naaangkop sa mga numero ng bisita at ang kanilang potensyal na epekto. Ang isang agwat ng pagsubaybay na isang taon ay maaaring angkop para sa maraming palabas na kuweba. Ang mga bagong pamamaraan tulad ng laser scanning (LIDAR) ay nagpapakita ng pangako para magamit sa pagsubaybay. Lumilikha ang LIDAR ng isang detalyadong three-dimensional na imahe ng isang kuweba at maaari itong gamitin bilang baseline kung saan matutukoy ang mga pagbabago sa speleothems o sediments, at iba pang anthropic na pagbabago sa kapaligiran ng kuweba. Ang parehong diskarte ay maaari ding ilapat sa ibabaw gamit ang aerial-borne LIDAR.

### Pagbabago ng klima at matinding kaganapan

Ang mga epekto ng pagbabago ng klima ay nakikita na at magiging malalim para sa maraming lugar ng karst. Ang dumaraming pangyayari at likas na katangian ng mga matinding kaganapan, tulad ng mga baha, tagtuyot at sunog, ay nagpapakita ng pinakamahirap na takbo ng pagbabago ng klima. Ang pagsubaybay sa mga parameter ng meteorolohiko at hydrological, tulad ng temperatura ng hangin, pag-ulan, temperatura ng tubig-tabang, paglabas ng tubig sa pamamagitan ng mga ilog at bukal, antas ng lawa at elevation ng tubig sa lupa, ay mga priyoridad para sa pagtuklas at pagtugon sa pagbabago ng klima. Ang unti-unti, pangmatagalang pagtaas ng temperatura ng hangin at mga kaganapan sa matinding temperatura (mga heat wave) ay karaniwang nahuhuli at nabasa sa mga kapaligiran ng kuweba. Sa kabaligtaran, ang epekto ng matinding hydrological na mga kaganapan, tulad ng mga baha at tagtuyot, ay mabilis na naililipat mula sa ibabaw sa ilalim ng lupa (kuweba) na mga kapaligiran sa karst hydrological system. Ang pagsubaybay sa mga parameter na ito ay nagbibigay ng batayan para sa pagbuo ng mga sistema ng maagang babala para sa matinding mga kaganapan tulad ng mga baha at wildfire. Bilang karagdagan, maaaring matukoy ang mga biyolohikal at ekolohikal na tagapagpahiwatig ng pagbabago ng klima. Kasama sa mga halimbawa ang pagbabago sa timing ng mga phenological na kaganapan, tulad ng leaf budburst at pamumulaklak sa mga halaman, pati na rin ang mga pagbabago sa timing at hanay ng paglipat sa mga species ng hayop tulad ng mga ibon at paniki.

### Mitigation

Kung ang pagsubaybay ay nagpapakita ng mga banta o epekto sa mga pangunahing kuweba o mga mapagkukunan ng karst, dapat gawin ang aksyon sa pamamahala upang mabawasan ang karagdagang pinsala. Para sa mga banta o epekto mula sa pagbisita ng tao, umiiral ang iba't ibang mga diskarte upang makamit ito, kabilang ang paglilimita sa pag-access sa mga sensitibong lugar (zonation), pagbabawas ng bilang at dalas ng mga bisita, pagmamarka ng mga ginustong ruta sa pamamagitan ng mga ligaw na kuweba, pagbuo ng mga walkway na may mga guardrail at

nangangailangan ng mga gabay upang samahan ang mga bisita.



*Rehabilitated limestone quarry pagkatapos ng dalawampung taon, Tasmanian Wilderness World Heritage Property. Sa panahon ng rehabilitasyon, ang quarry ay nahahati sa ilang maliliit na saradong drainage basin, bawat isa ay may karst sink o infiltration zone bilang pokus nito. Ang bawat lababo ay protektado ng isang filter na istraktura, at ang mga lugar sa ilalim ng clay fan ay may mga karagdagang istraktura na naka-install upang limitahan ang paggalaw ng sediment pagkatapos ng ulan. Kasunod nito, isasagawa ang hydromulching at maingat na revegetation. Larawan ni David Gillieson.*

Kung saan nagkaroon ng pinsala sa mga mapagkukunan ng kuweba, hinihiling ng mahusay na pamamahala na maibalik ang mga nasirang tampok hangga't magagawa. Mayroong iba't ibang paraan para sa pagpapanumbalik ng mga daanan ng kuweba at speleothems at para sa pag-alis ng graffiti, lint at alikabok at lampenflora (tingnan ang Show caves).

Kadalasan ang mga aktibidad sa ibabaw tulad ng pag-quarry ay isinasalin sa mga epekto sa ilalim ng lupa. Ang rehabilitasyon ng surface karst pagkatapos ng quarrying ay maaaring magastos at matagal. Kabilang sa mga pangunahing isyu sa rehabilitasyon ang pagpapanumbalik ng integridad ng drainage sa ilalim ng lupa, kalidad ng tubig, at biology ng kuweba. Ang pangalawang layunin ay dapat na mapanatili ang mataas na antas ng magkakaugnay na pangalawang porosity sa quarry para sa epektibong recharge, at gayahin hangga't maaari ang orihinal na karst drainage at ang vegetation cover nito.

Ang ilang mga pangunahing prinsipyo para sa rehabilitasyon ng karst ay:

- Panatilihin o ibalik ang mga natural na sistema at proseso hangga't ito ay posible. Kung kinakailangan ang interbensyon, ang mga solusyong nakabatay sa kalikasan na gumagana sa pakikiramay sa mga natural na proseso ay mas napapanatiling at epektibo sa kapaligiran kaysa sa mga solusyon sa engineering na naglalayong kontrolin o ihinto ang mga natural na proseso. Ang pagpapanatili o pagpapanumbalik ng natural na daloy ng mga rehimen ng mga ilog, sapa at bukal ay kritikal para sa mga sistema ng karst, halimbawa. Mahalaga rin na ibalik ang daloy ng percolation water at groundwater recharge kung saan ang lupa o sediments sa karst ay nasiksik.
- Alisin ang lahat ng pinagmumulan ng polusyon, sa ibabaw at sa ilalim ng lupa. Maaaring kabilang dito ang pag-regulate ng paggamit ng lupa at mga aktibidad sa itaas ng mga kuweba o mga lugar ng karst, ang paghuhukay at pag-alis ng mga kontaminadong sediment, ang pag-flush ng kontaminadong tubig o mga sediment mula sa mga kuweba, o bioremediation gamit ang mga microorganism o halaman. Ito ay isang magastos na proseso, at kadalasan ang isang bahagi ng gastos ay kailangang pasanin ng mga ahensya ng gobyerno na responsable para sa pamamahala sa kapaligiran.

- Kontrolin ang aktibong pagguho ng lupa at pigilan ang pagpasok ng sediment sa underground karst system. Maaaring kabilang dito ang muling pagtatanim, pagpapatatag ng mga matarik na dalisdis o pagtatayo ng mga contour bank.
- Limitahan ang mabigat na paggamit ng tubig sa lupa (minsan para sa mga layuning pang-agrikultura) sa mga upstream na lugar dahil ito ay nagpapababa ng tubig sa tubig at maaaring mabawasan ang paglabas ng mga ilog sa ilalim ng lupa, na nakakaapekto sa aquatic cave fauna.
- Hikayatin ang aktibong ecosystem ng lupa. Ang mga invertebrate tulad ng earthworms, ants at anay ay epektibo sa pagsira ng organikong materyal, bioturbating ang regolith at pagpapabuti ng texture ng lupa at katayuan ng sustansya.
- Magtatag ng isang matatag na vegetation cover, mas mabuti ng mga katutubong pangmatagalang halaman. Ang permanenteng vegetation ay epektibo sa pagkontrol sa pagguho ng lupa, pinahuhusay ang aktibidad ng biyolohikal ng lupa at kasiya-siya. Gayunpaman, magkaroon ng kamalayan na ang mga halaman ay nakakaapekto rin sa mga konsentrasyon ng carbon dioxide sa lupa at gumagamit ng tubig, sa gayon ay binabawasan ang recharge. Kaya, maaaring may mga hindi sinasadyang epekto sa paglaki ng speleothem.
- Subaybayan ang mga pagbabago sa itaas at ibaba ng lupa. Ang tagumpay ng rehabilitasyon ay masusukat sa pamamagitan ng regular na sampling ng karst na tubig. Ang sampling ay dapat na nakabatay sa kaganapan upang isaalang-alang ang mas mataas na paglipat ng mga sediment at solute sa panahon ng mga bagyo.
- Pabayaang site maliban kung magkamali. May malaking tukso na makagambala sa rehabilitasyon kapag mabagal ang mga proseso. Ang muling pagtatanim ay dapat masuri lamang pagkatapos ng hindi bababa sa dalawang taon, kapag nagkaroon ng sapat na pagtatatag at paglago. Para sa maraming lugar ng karst, lalo na kung saan ang mga biyolohikal na proseso ay nalilimitahan ng klima, ang tagal ng panahon para sa rehabilitasyon ay maaaring masukat sa mga dekada.

### *Mga Alituntunin*

*(66) Ang pagsubaybay ay isang mahalagang kasangkapan sa pamamahala at pagprotekta sa mga kuweba at mga mapagkukunan ng karst, lalo na sa mga protektadong lugar. Ang mga resulta mula sa patuloy na pagsubaybay ay maaaring gamitin upang ipaalam sa pamamahala at upang mabawasan ang mga epekto.*

*(67) Ang mga pagsisikap sa pagsubaybay ay dapat ituon sa pamamagitan ng pagbibigay-prioridad sa mga likas na yaman batay sa kanilang halaga o kahalagahan, ang kanilang kahinaan o kahinaan at ang kalubhaan ng aktwal o inaasahang mga banta o epekto.*

*(68) Ang polusyon ng tubig sa lupa ay nagdudulot ng mga espesyal na problema sa karst at dapat palaging bawasan at subaybayan. Ang pagsubaybay na ito ay dapat na nakabatay sa kaganapan sa halip na sa mga regular na agwat lamang, dahil ang mga konsentrasyon ng mga solute at mga kemikal na pollutant ay karaniwang pinakamataas sa panahon ng mababang daloy, gayunpaman, ito ay sa panahon ng mga bagyo at baha na ang pinakamalaking load ng mga pollutant ay dinadala sa pamamagitan ng karst system.*

*(69) Iwasan ang mataas na dalas ng pagsubaybay sa mga marupok na lugar, maliban kung kritikal na kinakailangan, dahil maaari itong makabuo ng sarili nitong mga epekto. Ang awtomatikong pagsubaybay, kung magagawa, ay dapat unahin.*

*(70) Habang kinikilala ang hindi nababagong katangian ng maraming mga tampok ng karst, lalo na sa loob ng mga kuweba, hinihiling ng mahusay na pamamahala na ibalik ang mga nasirang katangian hangga't magagawa.*

*(71) Hangga't maaari, ang mga natural na sistema at proseso sa mga lugar ng karst ay dapat mapanatili o maibalik. Kung kinakailangan ang interbensyon, mas pipiliin ang paggamit ng mga solusyong nakabatay sa kalikasan, lalo na ang mga gumagana nang may simpatiya sa mga natural na proseso at mas napapanatiling kapaligiran kaysa sa mga solusyon sa engineering.*

## Pagpapalano ng pamamahala para sa mga lugar na protektado ng karst

Ang pagpapalano ng pamamahala para sa isang protektadong lugar ay bumubuo ng isang pangunahing pagsasanay sa pamamahala ng protektadong lugar, na tumutulong na tukuyin at makamit ang isang perpektong kondisyon, at tinitiyak na ang pananalapi, tao at iba pang mga mapagkukunan ng protektadong lugar ay ginagamit kapag tinutugunan ang mga isyu sa pamamahala ng prioridad. Ang pagbuo ng isang plano sa pamamahala ay nagmamarka ng isang mahalagang milestone sa pagpapalano at proseso ng pagbuo ng kapasidad, sa pamamagitan ng pagsali sa iba't ibang ahensya ng gobyerno at stakeholder na may mga responsibilidad at interes sa protektadong lugar at sa mga kagyat na kapaligiran nito. Ang mga plano sa pamamahala ay dapat na mga maiikling dokumento na tumutukoy sa mga pangunahing katangian o halaga ng protektadong lugar, malinaw na nagtatatag ng mga layunin sa pamamahala na dapat matugunan at nagpapahiwatig ng mga aksyon na ipapatupad na magtitiyak na ang mga halaga ng konserbasyon ng protektadong lugar ay protektado.

Upang maging angkop at epektibo ang pamamahala ng sistema ng karst, ang pagpapalano ng pamamahala para sa mga protektadong lugar ng karst ay dapat isaalang-alang ang espesyal na katangian ng karst kumpara sa iba pang mga uri ng landscape at ecosystem. Ito ay mas ganap na tinalakay sa Ang espesyal na katangian ng mga kapaligiran ng karst at mga sistema ng kuweba, na may ilang mahalagang punto na nakabalangkas sa ibaba:

- Ang integridad ng karst ay lubos na nakadepende sa pagpapanatili ng natural na hydrological system. Kaya, ang pangangailangan para sa kabuuang pamamahala ng catchment ay mahalaga para sa mga karst landscape. Ang mga pangunahing isyu sa pamamahala ng lahat ng mga lugar ng karst ay ang proteksyon ng mga doline o mga bali na lugar na nagbibigay ng point-recharge at pamamahala ng kalidad ng tubig ng mga allogenic stream na dumadaloy sa karst. Ang isang hydrogeological na mapa ay isang mahalagang tool para sa pamamahala ng lugar na protektado ng karst, na nagbibigay-diin sa mga lugar ng catchment na kritikal para sa pamamahala at proteksyon.
- Ang mga karst ecosystem ay marupok – ang mga kondisyon sa kapaligiran sa ibabaw ay maaaring maging matindi (tuyo, calcareous), at sa mga lugar kung saan walang mababaw na allogenic na deposito, ang mga lupa ay karaniwang mababaw, mabato at madaling masira. Ang subterranean ecosystem ay partikular na maselan, na pangunahing nakadepende sa mga daloy ng enerhiya na ipinadala mula sa ibabaw sa pamamagitan ng tubig, ang kalidad nito ay kritikal na mahalaga para mabuhay.
- Ang karst ay hindi pangkaraniwang kumplikado dahil binubuo ito ng parehong mga katangian at halaga sa ibabaw at ilalim ng lupa, at pinagsasama ang mga proseso sa ibabaw at ilalim ng lupa, parehong pisikal at biyolohikal. Dahil sa mataas na antas ng pagkakaugnay ng mga karst ecosystem, ang mga direktang epekto sa isang elemento ng karst ecosystem ay maaaring magkaroon ng malubhang hindi direktang kahihinatnan para sa iba pang mga elemento o sa buong karst ecosystem. Kaya, ang isang holistic na diskarte ay kinakailangan para sa proteksyon ng mga likas na yaman at biodiversity sa karst.

Karamihan sa mga pagsasanay sa pagpapalano ng pamamahala ay gumagana sa pamamagitan ng isang pagkakasunud-sunod ng mga hakbang na nagbibigay ng istraktura sa proseso at nagbibigay ng isang lohikal na diskarte. Dahil ang antas ng proteksyon at pangangasiwa na kinakailangan ay nag-iiba sa pagitan ng iba't ibang kategorya ng mga protektadong lugar, ang istraktura ng plano sa pamamahala ay maaaring maging flexible upang matugunan ang iba't ibang pangangailangan. Ang mga pribadong pag-aari na protektadong lugar ay maaaring hindi kasangkot sa labas ng mga partido sa pagpapalano ng pamamahala, halimbawa, o maaaring hindi nangangailangan ng plano sa pamamahala. Kung ang oras o mga mapagkukunan ay hindi nagpapahintulot para sa isang buong plano sa pamamahala na mabuo, ang isang simple, pinaikling dokumento ay mas mahusay kaysa sa walang plano. Ang isang simpleng plano sa pamamahala ay magiging mas madali, mas mabilis at mas mura upang bumuo at maipatupad. Maaaring unti-unting umunlad ang detalye at pagiging kumplikado habang ina-update ang plano sa pamamahala sa paglipas ng panahon, at habang nagiging available ang mas maraming mapagkukunan.

### *Mga hakbang sa pagpapalano sa pamamahala ng protektadong lugar (hinango mula kay Thomas and Middleton, 2003)*

1. *Pre-planning phase* – Tinutukoy ng yugtong ito kung ano ang makamit ng proseso ng pagpapalano, kung paano ito isasagawa, ang timing at pagsasaalang-alang sa badyet, at kung sino ang kasangkot. Ang interdisiplinary at inclusive na diskarte ay pinapayuhan na pagsama-samahin ang mga eksperto at

stakeholder, kabilang ang mga lokal na komunidad, upang talakayin ang hinaharap na pamamahala ng protektadong lugar.

2. *Pangongolekta ng data, pananaliksik sa background at paunang fieldwork* – Ang pagpapalano at pamamahala ay dapat na alam ng maaasahang data. Bilang unang hakbang, kolektahin ang umiiral at background na impormasyon, dahil ang makasaysayang data at lokal na kaalaman ay maaaring maging napakahalaga. Susunod, magsagawa ng mga imbentaryo sa field, mga survey at pananaliksik, kung kinakailangan, upang i-verify ang umiiral na impormasyon at upang makakuha ng anumang karagdagang impormasyon na kinakailangan. Idokumento ang impormasyong nakolekta sa anyo ng isang paglalarawan ng protektadong lugar.

Para sa mga lugar na protektado ng karst, ibinibigay ang patnubay sa impormasyong kokolektahin sa mga sumusunod na seksyon: Ilang halaga ng karst at mga kuweba, Ang espesyal na katangian ng mga kapaligiran ng karst at mga sistema ng kuweba, Recreational at adventure caving, Pananaliksik sa siyentipiko, Agrikultura at kagubatan, Supply ng tubig, at Paglahok ng mga katutubo sa pamamahala ng karst.

3. *Pagsusuri sa impormasyong nakolekta* – Tinutukoy ng hakbang na ito ang mga pangunahing katangian at pambihirang halaga na dapat protektahan at pangalagaan upang mapanatili ang kahalagahan ng protektadong lugar. Habang tumitindi ang pagbibigay-diin sa pagsasama ng mga lokal na tao at iba pang stakeholder sa proseso ng pagpapalano, mahalagang magkaroon ng mekanismo kung saan matutukoy at mailarawan ang natural, kultural at sosyo-ekonomikong pagpapahalagang taglay nila para sa lugar. Ang pagbuo ng isang 'pahayag ng kahalagahan' ay nagpapaliwanag sa kahalagahan ng protektadong lugar sa lipunan at naglalagay ng protektadong lugar sa loob ng konteksto nito sa isang rehiyonal, pambansa at internasyonal na antas. Ang mga pangunahing tampok, mga pambihirang halaga at pahayag ng kahalagahan ay nagbibigay ng mahalagang balangkas kung saan dapat ibase ang plano sa pamamahala.

Para sa mga lugar na protektado ng karst, ang patnubay sa pagtukoy sa mga pangunahing katangian at pambihirang halaga ay ibinibigay sa mga sumusunod na seksyon: Ilang halaga ng karst at mga kuweba, Ang espesyal na katangian ng mga kapaligiran ng karst at mga sistema ng kuweba, Recreational at adventure caving, Pananaliksik sa siyentipiko, Agrikultura at kagubatan, Supply ng tubig, at Paglahok ng mga Katutubo sa pamamahala ng karst.

4. *Pagtukoy sa mga hadlang, banta at pagkakataon* – Bago tukuyin ang mga partikular na layunin ng pamamahala para sa protektadong lugar, dapat tukuyin ang mga hadlang sa pamamahala nito, tulad ng anumang pangunahing banta sa mga halaga ng lugar. Ang ilang mga hadlang ay isang function ng natural na kapaligiran, tulad ng marupok at mahinang kalikasan ng mga karst ecosystem. Ang mga banta sa protektadong lugar ay maaaring dulot ng tao o natural, at maaaring nagmula sa loob ng protektado lugar o mula sa lampas sa mga hangganan nito. Ang mga pagkakataon para sa positibong pagbabago, remediation o pagpapanumbalik ng protektadong lugar ay dapat ding tukuyin.

Para sa mga lugar na protektado ng karst, ang patnubay sa pagtukoy ng mga hadlang, banta at pagkakataon ay ibinibigay sa mga kabanata: Ilang halaga ng karst at mga kuweba, Ang espesyal na katangian ng mga kapaligiran ng karst at mga sistema ng kuweba, Recreational at adventure caving, Siyentipikong pananaliksik, Agrikultura at kagubatan, Supply ng tubig, at Pagbuo ng epektibong pagsubaybay at pagpapagaan.

5. *Pagbuo ng pananaw sa pamamahala at mga layunin* – Ang proseso ng pagpapalano ng pamamahala ay dapat bumuo at magpahayag ng pahayag ng pananaw na naglalarawan sa perpektong kondisyon, estado o hitsura ng protektadong lugar sa hinaharap. Kasunod ng pananaw sa pamamahala, ang mga layunin ay mas tiyak na mga pahayag ng mga intensyon, na nagtatakda ng mga kundisyon na nilalayan ng pamamahala na makamit. Ang mga layunin ay dapat na nauugnay sa mga pangunahing tampok ng protektadong lugar, na tumutukoy kung paano ito iingatan, at sa iba pang mahahalagang bahagi ng pamamahala at pamamahala tulad ng mga pakikipagtulungang kaayusan sa pamamahala, pagsasanay at kamalayan sa konserbasyon.

Para sa mga lugar na protektado ng karst, ang gabay sa pananaw at layunin ng pamamahala ay ibinibigay sa mga kabanata: Ilang mga halaga ng karst at mga kuweba, Ang espesyal na katangian ng mga kapaligiran ng karst at mga sistema ng kuweba, Mga sukat ng pamamahala sa mga lugar ng karst, Recreational at

adventure caving, Show caves, Agrikultura at paggugubat, Supply ng tubig, Pagbuo ng epektibong pagsubaybay at pagpapagaan, at Paglahok ng mga Katutubo sa pamamahala ng karst.

6. *Pagtukoy at pagsusuri ng mga opsyon sa pamamahala, kabilang ang pag-zoning* - Sa pagkakaroon ng mga layunin sa pamamahala, ang susunod na hakbang ay upang ayusin kung paano makakamit ang mga layunin. Dahil madalas may ilang paraan kung saan ito magagawa, dapat matukoy ang hanay ng mga opsyon para sa mga aksyon sa pamamahala, at piliin ang mga naaangkop. Ang pag-zone ay isang malawakang ginagamit na tool para sa pagtugon sa mga layunin ng pamamahala. Tinutukoy ng mga sona ang mga lugar kung saan ang iba't ibang estratehiya para sa pamamahala at paggamit ay pinakamahusay na makakamit ang mga layunin ng protektadong lugar. Maaaring gamitin ang pag-zoning upang magbigay ng proteksyon para sa mga kritikal na tirahan at mga lugar tulad ng mga lababo, kuweba, at bukal. Ang pag-uuri ng mga kuweba sa isang lugar na protektado ng karst para sa iba't ibang antas ng proteksyon at paggamit ay isang mabisang paraan ng zoning.

Para sa mga lugar na protektado ng karst, ang gabay sa mga opsyon sa pamamahala ay ibinibigay sa mga kabanata: Ilang mga halaga ng karst at mga kuweba, Ang espesyal na katangian ng mga kapaligiran ng karst at mga sistema ng kuweba, Mga sukat ng pamamahala sa mga lugar ng karst, Recreational at adventure caving, Show caves, Agrikultura at kagubatan, Supply ng tubig, Pagbuo ng epektibong pagsubaybay at pagpapagaan, at Paglahok ng mga Katutubo sa pamamahala ng karst.

7. *Paghahanda ng isang draft na plano sa pamamahala* - Ang pagsasama ng lahat ng nasa itaas na elemento ng pagpapalano sa isang dokumento ay magreresulta sa isang draft na plano sa pamamahala. Bagama't walang standardized na format para sa mga plano sa pamamahala, malamang na naglalaman ang mga ito ng ilang mga karaniwang elemento. Nagsisimula sila sa isang pagpapakilala sa protektadong lugar at isang talakayan sa kahalagahan nito at sa mga salik na nakakaapekto dito, dalhin ang mambabasa sa pagbuo ng isang pananaw para sa pamamahala nito sa hinaharap at magtatapos sa mga aksyon sa pamamahala na binabalangkas kung paano makakamit ang pananaw na ito, at kung paano ang mga tagapamahala at susuriin ng iba ang bisa ng plano sa pagtatapos ng buhay nito.

Ang isang pangunahing format para sa mga plano sa pamamahala ng protektadong lugar ay ibinibigay sa kabanata: Mga pangunahing elemento ng isang plano sa pamamahala.

8. *Pampublikong konsultasyon sa draft na plano sa pamamahala* – Ang pagkakataon para sa mga stakeholder at pangkalahatang publiko na suriin ang draft na plano sa pamamahala at magbigay ng komento ay isang mahalagang hakbang sa proseso ng pagpapalano ng pamamahala. Kabilang sa mga taong ito ang mga lokal na komunidad, mga opisyal ng lokal na pamahalaan, mga kinatawan ng mga NGO, mga komersyal na interes, mga grupo ng gumagamit, mga interesadong indibidwal at ang mga kawani ng protektadong lugar mismo. Ang mga grupong ito ay magkakaroon ng pakiramdam ng pagmamay-ari at mas malaking pangako sa mga layunin at aksyon ng pamamahala kung magkakaroon sila ng pagkakataong makilahok sa proseso ng pagpapalano. Ang mga antas ng pakikilahok ay maaaring mag-iba sa iba't ibang grupo, mula sa pagiging alam at pagbibigay ng feedback hanggang sa aktibong pakikilahok sa collaborative na pamamahala ng protektadong lugar.

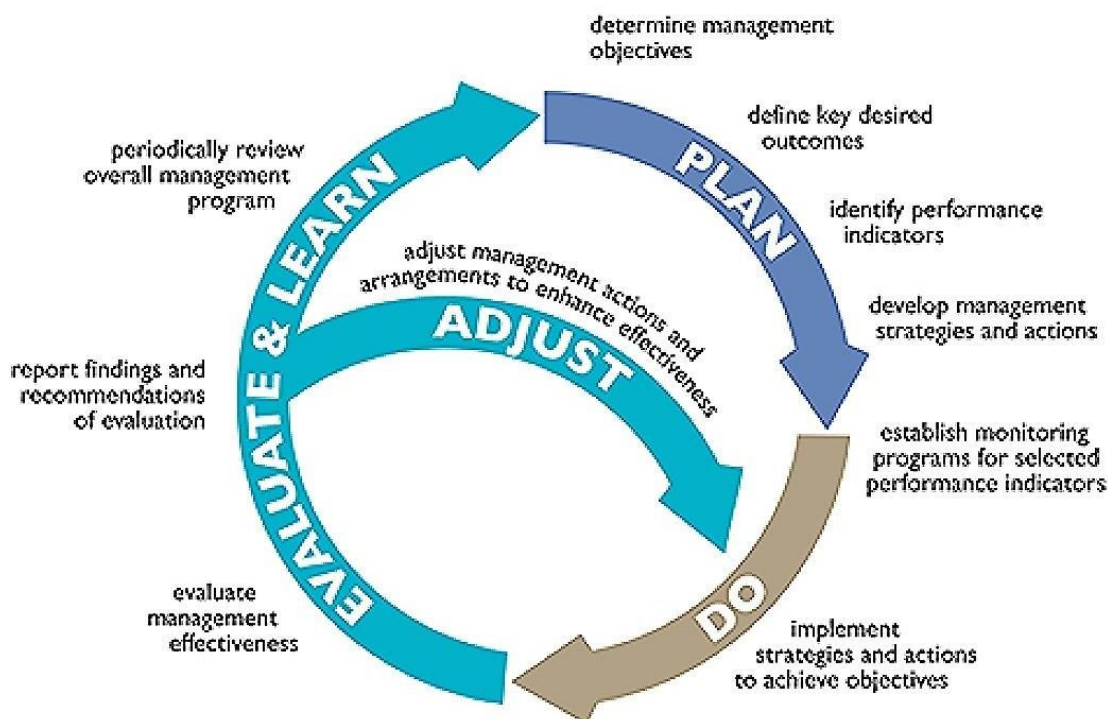
Para sa mga lugar na protektado ng karst, ang patnubay sa pampublikong konsultasyon at pakikilahok sa komunidad ay ibinibigay sa kabanata: Paglahok ng mga Katutubo sa pamamahala ng karst.

9. *Pagbabago ng draft at produksyon ng panghuling plano sa pamamahala* - Ang hakbang na ito ay nagsasangkot ng pagbabago sa draft na plano sa pamamahala, na isinasaalang-alang ang mga komento na natanggap mula sa mga stakeholder at publiko. Lahat ng nakasulat na komento na natanggap, at ang mga naitala sa mga pampublikong pagpupulong, ay dapat isaalang-alang. Maaaring maging kapaki-pakinabang na maghanda ng isang ulat sa mga konsultasyon upang samahan ang pangwakas na plano, na magdedetalye kung paano isinasaalang-alang ang mga komentong natanggap at kung bakit hindi ginamit ang ilang komento. Makakatulong ito sa mga stakeholder at sa publiko na maunawaan ang huling bersyon ng plano at pahalagahan kung paano napili ang mga aksyon sa pamamahala na kasama.

10. *Pag-apruba ng plano sa pamamahala* - Ito ay isang hakbang sa pamamaraan na kinasasangkutan ng pagsusumite ng pinal na plano para sa pag-apruba ng naaangkop na awtoridad. Mag-iiba-iba ang mga pamamaraan sa bawat bansa, ngunit sa karamihan ng mga kaso, magkakaroon ng pormal na proseso ng pag-aampon o pag-apruba upang bigyan ng awtoridad ang plano.
11. *Pagpapatupad ng plano sa pamamahala* - Ang plano sa pamamahala ay nagtatakda ng mga aksyon na ipapatupad upang matugunan ang mga layunin at makamit ang pananaw para sa protektadong lugar. Sa maraming kaso, ang plano ng pamamahala ay nagbibigay ng batayan para sa paghahanda ng mga taunang plano sa pagpapatupad para sa protektadong lugar. Kung saan nakalagay ang isang collaborative na sistema ng pamamahala, dapat tukuyin ng plano sa pamamahala ang mga tungkulin at responsibilidad ng iba't ibang stakeholder sa pagpapatupad ng mga aksyon sa pamamahala.
12. *Pagsubaybay at pagsusuri* – Sa pagpapatupad ng isinasagawa, ang pagsubaybay at pagsusuri ay magbibigay ng feedback loop para sa pamamahala. Ang mga layunin ng hakbang na ito ay 1) upang matukoy kung ang plano sa pamamahala ay naipapatupad nang epektibo at ang mga layunin ay natutugunan, 2) upang matuto mula sa pagmamasid sa mga epekto ng pamamahala, at 3) upang iakma ang mga aksyon sa pamamahala nang naaayon. Kung saan nagkakaroon ng mga problema ang pagpapatupad, maaaring gamitin ang pagsubaybay at pagsusuri upang muling i-deploy ang mga mapagkukunan at pagsisikap na pahusayin ang pagpapatupad.

Para sa mga lugar na protektado ng karst, ang gabay sa pagsubaybay at pagsusuri ay ibinibigay sa Pagbuo ng epektibong pagsubaybay at pagpapagaan.

13. *Desisyon na suriin at i-update ang plano sa pamamahala* - Ang huling hakbang sa proseso ng pagpapalano ay ang magpasya kung susuriin o i-update ang plano sa pamamahala. Mahalagang tiyakin na ang feedback mula sa pagsubaybay at pagsusuri ay ginagamit upang gabayan ang pagbuo ng na-update na plano. Inirerekomenda na ma-update ang mga plano sa pamamahala nang hindi bababa sa bawat sampung taon. Sa maraming mga kaso, ang plano sa pamamahala ay lilimitahan ng panahon ng batas, karaniwang sa loob ng lima o sampung taon. Sa isip, ang desisyon na i-update ang isang plano sa pamamahala ay ginawa nang



*Schematic ng proseso ng pamamahala na ginamit sa Tasmanian Wilderness World Heritage Property, Australia.*

may sapat na oras upang payagan ang bagong plano na mailagay bago mag-expire ang lumang plano.

### *Mga pangunahing elemento ng isang plano sa pamamahala*

*Executive summary* – Binubuod nito ang mahahalagang elemento ng management plan sa paraang mabilis na



makilala ng mga mambabasa ang plano nang hindi kinakailangang basahin ang lahat ng sumusuportang detalye. Ito ay kapaki-pakinabang para sa mga high-level na administrator na maaaring walang oras upang basahin ang buong dokumento.

*Panimula* – Ito ay nagsasaad ng layunin at saklaw ng plano, at ang batayan kung saan itinalaga ang protektadong lugar, ang kasalukuyang katayuan nito at ang awtoridad para sa pagbuo ng plano. Maaaring naglalaman ito ng ilang pangunahing buod na impormasyon tungkol sa protektadong lugar, tulad ng lokasyon, laki, pangunahing mapagkukunan at mga halaga nito.

*Paglalarawan ng protektadong lugar* – Binubuo nito ang nauugnay na mapaglarawang impormasyon tungkol sa mga mapagkukunan sa loob at paligid ng protektadong lugar, kabilang ang:

- Historical – impormasyon tungkol sa site at ang dating paggamit at pamamahala nito.
- Biyolohikal – komunidad, tirahan, flora at fauna.
- Pisikal – klima, hydrology, geology, geomorphology at mga lupa.
- Kultura at Aesthetic – mga tampok na tanawin, arkeolohiya at mga asosasyong pangkultura.
- Socio-economic – demograpiko ng mga lokal na komunidad at ang kanilang kasalukuyang paggamit ng mga likas na yaman mula sa loob ng protektadong lugar.

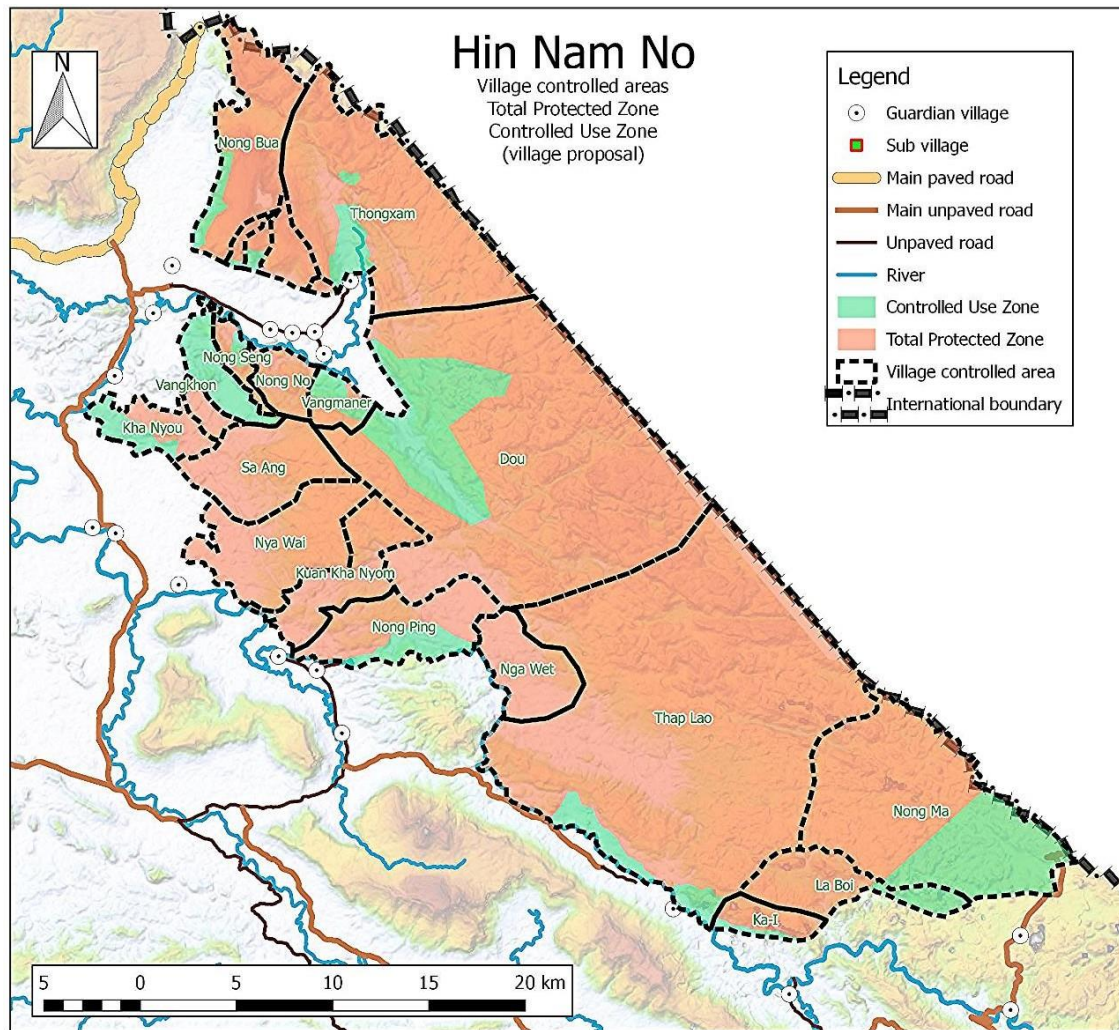
*Pagsusuri ng protektadong lugar* – Tukuyin ang mga pangunahing katangian at pambihirang halaga na dapat protektahan at mapangalagaan upang mapanatili ang kahalagahan ng protektadong lugar:

- Natitirang mga halimbawa ng natural, kultural, siyentipiko at recreational na mga halaga, kabilang ang mga makabuluhang kuweba at iba pang mga tampok ng karst.
- Rare at endemic flora at fauna, parehong nasa ibabaw at ilalim ng lupa.
- Mga arkeolohiko, makasaysayan o kultural na mga site, parehong nasa ibabaw at nasa ilalim ng lupa.
- Mga lugar at mapagkukunang mahalaga sa mga lokal na komunidad, kapwa sa ekonomiya at kultura.
- Mga lugar na mahalaga para sa pagprotekta sa integridad ng protektadong lugar sa kabuuan, tulad ng mga stream sink, bukal at catchment area sa itaas ng protektadong lugar.

*Pagsusuri ng mga hadlang, banta at pagkakataon* – Isang pagsusuri ng mga hadlang, banta at pagkakataon na nakakaapekto sa protektadong lugar at sa konserbasyon at pamamahala nito. Anumang kasalukuyan o nakaraang mga epekto sa mga pangunahing tampok at halaga ng lugar ay dapat na nakasaad, kasama ng anumang iba pang mga pagsasaalang-alang sa pamamahala.

- Mga hadlang – tulad ng pangangasiwa sa mga lugar ng catchment upstream ng hangganan ng protektadong lugar.
- Mga Banta – tulad ng ilegal na pangangaso o pagkolekta ng mga bihirang o endemic na hayop at halaman, pagsira o pagnanakaw ng mga speleothems o mga mineral sa kuweba, pagnanakaw o kaguluhan sa mga arkeolohiko o kultural na lugar, mga epekto mula sa pagbabago ng klima at matinding mga kaganapan tulad ng mga baha at wildfire.
- Mga Oportunidad – tulad ng pag-alis ng mga pinagmumulan ng polusyon o pagpapanumbalik ng mga nasirang tirahan at natural na proseso.

*Pananaw at mga layunin* – Ang artikulasyon ng isang pahayag ng pananaw na naglalarawan ng perpektong estado o kalagayan ng protektadong lugar sa hinaharap. Sinusundan ito ng isang hanay ng mga layunin, na mga tiyak na pahayag na nagbabalangkas kung ano ang dapat makamit ng pamamahala sa takdang panahon ng plano. Ang mga layunin ay dapat na nauugnay sa mga pangunahing tampok ng protektadong lugar, na tumutukoy kung paano ito iingat, at sa



Zoning para sa mga layunin ng pamamahala sa karst, Hin Nam No National Park, Laos. Mapa ni Ronny Dobbsteijn.

iba pang mahahalagang bahagi ng pamamahala at pamamahala tulad ng mga pakikipagtulongang kaayusan sa pamamahala, pagsasanay at kamalayan sa konserbasyon.

*Plano ng zoning* – Maaaring ihanda ang isang plano sa pagsona na may mga mapa upang ilarawan ang mga hangganan, pag-uuri at pamamahala, gayundin ang mga aktibidad na pinapayagan o ipinagbabawal para sa bawat sona. Maraming mga protektadong lugar ang may ganap na protektadong sona para sa pangangalaga ng kalikasan, mga lugar na ginagamit ng bisita para sa mga pangunahing atraksyon tulad ng mga kuweba at magagandang tanawin, at isang controlled use zone para sa napapanatiling pag-aani ng mga likas na yaman ng mga lokal na komunidad. Maaaring gamitin ang zoning upang magbigay ng proteksyon para sa mga kritikal na tirahan at mga site tulad ng mga stream sink, kuweba at bukal, at para sa pagbawi at pagpapanumbalik ng mga nasirang lugar. Ang pag-uuri ng mga kuweba sa isang lugar na protektado ng karst para sa iba't ibang antas ng proteksyon at paggamit ay nagpapakita ng isang mabisang paraan ng zoning. Maaaring gamitin ang pag-zone sa loob ng mga kuweba, na may iba't ibang mga daanan na may iba't ibang antas ng proteksyon at pag-access, depende sa kahinaan at mga panganib sa mapagkukunan.

*Mga aksyon sa pamamahala* - Ang mga tiyak na aksyon na isasagawa upang makamit ang mga layunin, na may mga priority na aktibidad na natukoy, at ang mga tungkulin at responsibilidad ng iba't ibang stakeholder. Ang mga detalye ay maaaring ibigay sa isang hiwalay na taunang plano sa pagpapakabo. Maaaring bumuo ng hiwalay na mga plano sa pamamahala para sa ilang aksyon o site, tulad ng para sa mga show cave o adventure cave, o para sa pamamahala sa pagbabago ng klima at mga epekto nito. Ang mga sumusuportang planong ito ay maaaring may parehong mga pangunahing elemento gaya ng halimbawang ito. Maaaring kabilang sa mga aksyon sa pamamahala ang:

- Pamamahala ng biodiversity at geodiversity.
- Pamamahala ng Catchment.

- Pamamahala sa kultura.
- Pagpapanumbalik ng mga nasirang mapagkukunan.
- Pamamahala ng bisita at nauugnay na imprastruktura.
- Kamalayan sa konserbasyon at outreach sa mga paaralan.
- Pagsubaybay.
- Siyentipikong pananaliksik.
- Paggalugad at pagsisiyasat ng mga kuweba.
- Pagpatrolya at pagpapatupad ng batas.
- Mga sistema ng maagang babala, pagtugon sa sakuna at pagliligtas.
- Pagpapaunlad ng kabuhayan sa nayon.
- Pagsasanay at pangangasiwa.

*Pagsubaybay at pagsusuri* – Binabalangkas ng seksyong ito kung paano susubaybayan ang pagpapatupad ng plano sa pamamahala, at kung kailan at paano isasagawa ang pagsusuri ng plano. Dapat itong isama ang mga tagapagpahiwatig kung saan susukatin ang pagganap ng protektadong lugar. Ang mga pagsusumikap sa pagsubaybay ay dapat na nakatuon sa pamamagitan ng pagbibigay-prioridad sa mga likas na yaman batay sa kanilang halaga o kahalagahan, ang kanilang kahinaan o kahinaan at ang kalubhaan ng aktwal o inaasahang mga banta o epekto.

## **Paglahok ng mga Katutubo sa pamamahala ng karst**

Sa kasaysayan, ang mga protektadong lugar na itinatag at pinamamahalaan ng mga katawan ng estado ay ang pangunahing mekanismo para sa pag-iingat ng mga mapagkukunan ng karst sa mundo. Gayunpaman, ipinakita ng karanasan na ang mga salungatan ay karaniwang umuusbong sa pagitan ng mga nakatira o malapit sa protektadong lugar at ng mga ahensyang may tungkulin sa pamamahala sa mga lugar na iyon. Kung saan ang karamihan o lahat ng lupain sa protektadong lugar ay pag-aari ng estado o mga pampublikong katawan, posible ang mas malaking antas ng kontrol sa paggamit ng lupa, ngunit kung ang lupa ay nasa pribadong pagmamay-ari ito ay maaaring maging mas mahirap. Sa mauunlad na mundo, ang mga lokal na komunidad ay karaniwang nasasangkot sa proseso ng paggawa ng desisyon, tulad ng sa pamamagitan ng mga lokal na inihalal na kinatawan sa mga lupon ng pamamahala o sa pamamagitan ng mga lokal na konsultasyon sa mga pinagtatalunang isyu. Sa bagay na ito, may maliit na pagkakaiba sa pagitan ng mga protektadong lugar na naglalaman ng karst at mga kuweba at mga lugar na protektado para sa iba pang mga halaga. Gayunpaman, noong ika-21 siglo CE, tumataas ang pag-aalala sa pamamahala ng mga lugar kung saan mayroong malaking bilang ng mga Katutubo.

Ang paglahok ng mga Katutubo sa pamamahala ng World Heritage ay isang pagtaas ng prioridad. Mula noong 2005, ang UNESCO World Heritage Operational Guidelines (paragraph 40) ay nagsulong ng "partnership approach sa nominasyon, pamamahala at pagsubaybay". Ang mga alituntuning ito ay binago at pinalawak noong 2017, na may aktibong pakikilahok ng mga Katutubo sa pamamahala ng World Heritage na itinuturing na mahalaga at humahantong sa pamamahala ng pinakamahasag na kasanayan. Noong 2015, itinatag ng Word Heritage Committee ang isang International Indigenous Peoples Forum on World Heritage. Ang layunin ng forum na ito ay itaas ang papel ng mga katutubong komunidad sa "pagkilala, pag-iingat at pamamahala ng mga ari-arian ng World Heritage" at ginaganap bawat taon, kasabay ng pulong ng World Heritage Committee. Noong 2018, inendorso ng UNESCO ang Patakaran nito sa Pakikipag-ugnayan sa mga Katutubo 201EX/6. Kasama sa mahalagang dokumentong ito ang tungkulin ng mga katutubo mga tao sa konserbasyon ng natural at kultural na pamana, at nalalapat sa lahat ng aktibidad na sinusupportahan ng UNESCO – hindi lamang World Heritage. Samakatuwid, ang pagpapalano ng pamamahala ay dapat isaalang-alang ang tradisyonal o lokal na mga sistema ng pamamahala na ginagamit ng mga Katutubo. Maaaring mayroong umiiral na titulo ng lupa sa ilalim ng nakagawiang batas na nanatili sa loob ng maraming siglo. Maaaring hindi ito pormal na kinikilala o ninanais ng pambansang pamahalaan, ngunit mayroon pa ring obligasyon na pamahalaan nang malinaw sa isip ito.

Sa kabanatang ito, nagbibigay kami ng apat na halimbawa ng pangangasiwa ng protektadong lugar sa karst na kinasangkot ang mga Katutubo sa pagpapalano at pamamahala mula sa simula. Marami ang natutunan mula dito, at marami pa rin ang natitira sa pag-unlad at pag-mature ng mga relasyon.

### *Hin Nam No National Park – Laos: Collaborative governance in action*

Ang Hin Nam No ay isang protektadong lugar ng karst sa gitnang Laos, kung saan inihahanda ang isang nominasyon bilang natural na World Heritage site. Ang lugar ay naglalaman ng polygonal karst at may kabuuang 94,000 ha. Ang pinakamalaking kweba ng ilog sa mundo, ang Xe Bang Fai, ay isang mahalagang katangian ng lugar at lalong binibisita ng mga adventure tourist. Dahil sa limitadong pinansiyal at human resources, gayunpaman, mayroong kakulangan ng kapasidad at impormasyon upang epektibong pamahalaan at masubaybayan ang protektadong lugar. Bilang tugon, isang sistema ng collaborative management (co-management) ang naitatag para sa Hin Nam No, kung saan gumaganap ang mga lokal na komunidad ng aktibong papel, at may mas maraming kapangyarihan at responsibilidad sa pamamahala ng mga likas na yaman kung saan sila umaasa. Kaya, mayroong iisang layunin ang biodiversity at geodiversity conservation, gayundin ang pagpapagaan ng kahirapan sa loob at paligid ng Hin Nam No.

Mayroong 18 'tagapag-alaga' na mga nayon na nakapalibot sa Hin Nam No, na binubuo ng humigit-kumulang 8,000 katao mula sa pitong pangkat etniko. Ang pagbuo ng matagumpay na collaborative na pamamahala ay nangangailangan na ang mga barangay ng tagapag-alaga at mga ahensya ng gobyerno ay kumuha ng naaangkop at malinaw na tinukoy na mga tungkulin at responsibilidad para sa konserbasyon at proteksyon.



*Mga gabay sa nayon na may inflatable boat na ginagamit para sa mga cave tour, Hin Nam No National Park, Laos. Larawan ni Terry Bolger.*



*Mga tauhan ng Protektadong Lugar at mga gabay sa nayon sa Hin Nam No National Park, Laos. Larawan ni Terry Bolger.*

Limang 'building blocks' ng collaborative governance model sa Hin Nam No National Park ang natukoy at ipinatupad:

1. *Pagtatasa ng pamamahala sa pamamagitan ng participatory consultation* – isang governance baseline assessment ang ipinatupad sa mga antas ng nayon, distrito at probinsya. Ang layunin ay idokumento ang kasalukuyang katayuan ng pamamahala at pamamahala ng Hin Nam No National Park. Ang mga resulta ng pagtatasa ay humantong sa mga napagkasunduang interbensyon na kailangan at naging bahagi ng Hin Nam No co-management plan.
2. *Pagse-set up ng isang collaborative na istraktura ng pamamahala at pamamahala* - Kailangang may legal at patakarang batayan (pambansang antas) para sa pagtatatag ng isang collaborative na sistema ng pamamahala. Isang Hin Nam No collaborative management committee ang itinatag. Ang pangunahing stake-at rights-holder ng komite ay ang mga guardian villages (na may mga customary rights) at protected area management authority, na may mga pangalawang stakeholder mula sa concerned (distrito) na ahensya ng gobyerno, tulad ng law enforcement, agriculture at turismo.
3. *Participatory land zonation batay sa tradisyunal na kaalaman at kaugaliang mga karapatan* - ang Hin Nam No National Park ay ibinabahagi sa mga lugar para sa pagpapatrolya ng bawat guardian village, batay sa mga ginamit na daanan at mga kaugaliang karapatan ng mga nayon. Ang mga lugar ay na-zone din bilang controlled use zone (CUZ) para sa napapanatiling pag-aani ng mga likas na yaman ng mga guardian village, batay sa mga lugar na tradisyonal na ginagamit para sa layuning ito. Ang mga CUZ ay binubuo ng 14% ng lugar ng Hin Nam No National Park. Ang natitirang 86% ng lugar ng Hin Nam No ay naka-zone sa Totally Protected Zone para sa konserbasyon ng kalikasan.
4. *Mga collaborative management agreement* – binuo sa pagitan ng Hin Nam No co-management committee at bawat guardian village, ang mga co-management agreement ay nagbibigay ng mga patakaran para sa paggamit ng mga likas na yaman mula sa CUZ, at kabilang ang mga kaayusan sa pagbabahagi ng benepisyo patungkol sa patrolling, batas pagpapatupad at turismo.

5. *Isali ang mga lokal na taganayon sa mga aktibidad sa pamamahala ng protektadong lugar – humigit-kumulang 120 na mga tanod ng nayon mula sa 18 guardian village ang binabayaran para sa regular na paglalakbay sa protektadong lugar kasama ang mga tauhan ng Hin Nam No National Park upang itala ang mga nakita at pagbabanta ng wildlife at makisali sa patrolling para sa pagpapatupad ng batas. Ang mga tagapangasiwa ng nayon ay tumutulong sa mga misyon sa paggalugad at pagsasaliksik sa Hin Nam No National Park, kung saan ang kanilang lokal na kaalaman sa karst, mga kuweba, kagubatan at mga trail ay napakahalaga. Mayroong humigit-kumulang 35 village ecotourism guide sa ilang mga guardian village na may mga aktibidad sa turismo. Ginagabayan nila ang mga paglilibot sa Xe Bang Fai cave at ilang iba pang kuweba, at nangunguna sa paglalakad sa kamangha-manghang karst landscape ng Hin Nam No National Park.*

Ang mga bloke ng gusali 3, 4 at 5 (sa itaas) ay partikular na matibay na bahagi ng collaborative na sistema ng pamamahala - pagbuo sa umiiral na tradisyunal na sistema ng pamamahala ng mapagkukunan sa halip na lumikha ng isang bagong sistema ng pamamahala na sumisira sa mga tradisyonal na nakagawiang diskarte, na hindi sinasadyang nagdudulot ng salungatan. Ang homogeny na ito na may mga nakagawiang sistema ng pamamahala ay naghihikayat sa pakikilahok sa nayon, na mahalaga sa mga site na may mababang kapasidad at badyet ng pamahalaan.

Nagkaroon ng 16% na pagpapabuti sa pagiging epektibo ng pamamahala mula noong pinasimulan ang co-management ng Hin Nam No National Park noong 2014, na may malalaking pagpapabuti sa teknikal na kapasidad at kasanayan sa pamamahala. Ang karagdagang gawain sa pagpapahusay ng kapasidad, pagpapatupad ng mga plano sa pamamahala at adaptive na pamamahala at napapanatiling financing ay kinakailangan upang mapanatili ang sistemang ito ng co-management, at sa gayon ay maprotektahan at mapangalagaan ang mga mapagkukunan ng karst ng Hin Nam No National Park.



*Mga bisita sa isang trail at suspension bridge na bahagi ng isang karst circuit sa protektadong lugar ng Phou Pha Marn, Laos. Larawan ni Terry Bolger.*

### *Haida Gwaii, British Columbia, Canada – Mga taong Haida: animo na prinsipyong etikal*

Ang kagubatan ay isa sa pinakalaganap na aktibidad sa paggamit ng lupa sa karst sa British Columbia (BC) at isang halimbawa kung bakit patuloy na nangangailangan ng mas pinabuting pag-unawa sa karst. Ang mga kuweba ang pangunahing pinagtutuunan ng pansin sa proteksyon ng mga kagubatan na lugar ng karst hanggang sa huling bahagi ng 1990s, nang unang inihayag ng BC Ministry of Forests ang isang mas nakabatay sa sistemang diskarte sa pamamahala ng karst. Ngayon ay malawak na tinatanggap na ang anumang paggamit ng lupa o mga aktibidad sa pagpapaunlad ng mapagkukunan na nagaganap sa o malapit sa karst ay nangangailangan ng pagsasaalang-alang sa mga epekto sa kapaligiran sa mga sistema ng karst, ang mga epekto sa mga karst aquifer at kanilang mga catchment

at ang potensyal para sa mga geo-hazard na nauugnay sa karst.

Nakipag-ugnayan ang isang makabagong proyekto sa mga tradisyonal na may-ari sa Haida Gwaii. Ang mga kontinental na islang ito, kasama ang Gwaii Haanas NP, ay nasa hilagang-kanlurang baybayin ng British Columbia, sa hilaga ng Vancouver Island. Mayroong napakalawak na coniferous forested karst sa mga isla at kuweba na may mahalagang pang-aghambing at kultural na mga halaga. Ang mga aktibidad sa panggugubat ay naganap na may mga epekto sa integridad ng mga mapagkukunan ng karst at kuweba. Sinakop ng mga Haida Gwaii ang mga lupaing ito sa dagat mula pa noong unang panahon at bumuo ng mga ugnayan sa pagtatrabaho sa mga ahensya ng gobyerno sa antas ng probinsya at pambansang. Mayroong malinaw na binibigkas na pananaw sa paggamit ng lupa na binuo ng Haida Gwaii Council of Elders. Nalalapat ito hindi lamang sa mga lugar ng karst kundi sa buong Haida Gwaii, kabilang ang marine domain.

Ang anim na etika at pagpapahalaga ng Haida kung saan binuo ang pananaw na ito ay nakalista sa ibaba sa Haida, pagkatapos ay sa Ingles:

1. *Yahguudang o Yakguudang* – "Respeto". Ang paggalang, sa isa't isa at sa lahat ng bagay na may buhay, ay nakaugat sa ating kultura. Kinukuha lang namin ang kailangan namin, nagpapasalamat kami, at kinikilala namin ang mga kumikilos nang naayon.
2. *Giid tll'juus* – "Ang mundo ay kasing matalim ng talim ng kutsilyo". Kailangan ang balanse sa ating pakikipag-ugnayan sa natural na mundo. Kung hindi tayo mag-iingat sa lahat ng ating ginagawa, madali tayong makakarating sa point of no return. Ang ating mga gawi at ng iba ay dapat na nagpapatuloy.
3. *Gina waadluxan gud ad kwaagiida* – "Lahat ay nakasalalay sa lahat ng iba pa". Ang prinsipyong ito ay maihahambing sa isang pinagsamang diskarte sa pamamahala.
4. *Isda ad diigii isda* – "Pagbibigay at Pagtanggap". Ang pagbibigay at pagtanggap (reciprocity) ay isang iginagalang na kasanayan sa ating kultura, mahalaga sa ating pakikipag-ugnayan sa isa't isa at sa natural na mundo. Patuloy kaming nagpapasalamat sa natural na mundo para sa mga regalong natatanggap namin.
5. *Gina k'aadang nga gii uu tl' k'anguudang*– "Paghahanap ng Matalinong Payo" Tinuturuan tayo ng ating mga nakatatanda tungkol sa mga tradisyunal na paraan at kung paano magtrabaho nang may pagkakaisa. Tulad ng kagubatan, ang mga ugat ng ating mga tao ay magkakaugnay. Sama-sama, isinasaalang-alang natin ang mga bagong ideya at impormasyon alinsunod sa ating kultura, mga halaga at batas.
6. *'Laa guu ga kanhllns* – "Responsibilidad". Tinatanggap natin ang responsibilidad na ipinasa (sa atin) ng ating mga ninuno na pangasiwaan at pangalagaan ang dagat at lupa. Sisiguraduhin natin na ang ating pamana ay maipapasa sa mga susunod na henerasyon.

Ang anim na etikal na prinsipyo at pagpapahalagang ito ay nakapaloob sa gumaganang kahulugan ng pamamahalang nakabatay sa ecosystem ng Haida:

*"Ang paggalang ay ang pundasyon ng pamamahalang nakabatay sa ecosystem. Kinikilala nito na ang lupa, dagat, hangin at lahat ng nabubuhay na bagay, kabilang ang pamayanan ng tao, ay magkakaugnay at mayroon tayong responsibilidad na mapanatili at maibalik ang balanse at pagkakaisa."*

Gwaii Haanas Gina 'Waadluxan KilGuhlGa Land-Sea-People Management Plan, 2018.

May resonance sa pagitan ng mga prinsipyong ito ng Haida Gwaii at pinakamahusay na kasanayan sa siyentipikong pamamahala, gaya ng nakabalangkas sa talahanayan sa ibaba.

*Paghahambing ng Haida at mga siyentipikong prinsipyo para sa pamamahalang nakabatay sa ecosystem. Mula sa Council of the Haida Nation, 2007. Haida land use vision–Haida Gwaii yah'guudang (respecting Haida Gwaii).*

<b>Prinsipyo ng Haida</b>	<b>Parallel Scientific Principle</b>	<b>Mga Posibleng Aplikasyon</b>
Paggalang	Maingat na diskarte	Account para sa kagalingan ng lahat ng mga species; maiwasan ang mga maaksayang pangingsda, hal., bycatch.
Balanse	Sustainable na paggamit sa mahabang panahon	Tiyakin ang napapanatiling pangisdaan; isaalang-alang ang ekolohikal at socioeconomic na impormasyon.
Pagkakaugnay (lahat ay nakasalalay sa lahat ng iba pa)	Pinagsamang pamamahala	Link sa mga desisyon sa pagpapalano ng paggamit ng lupa; isaalang-alang ang pagiging tugma ng mga aktibidad sa dagat at pinagsama-samang epekto ng mga pag-unlad.
Pagbibigay at pagtanggap (katumbasan)	Pantay na pagbabahagi	Pinahahalagahan ang likas na halaga ng lahat ng nabubuhay na bagay sa pagpapalano; bumuo ng patas at patas na mga diskarte sa pagbabahagi ng limitadong mga mapagkukunan.
Naghahanap ng matalinong payo	Adaptive na pamamahala Pinakamahasay na impormasyon	Gumamit ng tradisyonal na kaalaman; mapabuti ang pag-unawa sa pamamagitan ng pananaliksik, edukasyon at pagsubaybay.
Pananagutan	Inklusibo at participatory	Paggalang sa titulo at karapatan ng Haida; tiyakin ang sapat na kapasidad sa pagpapatupad.

### *Gunung Mulu WHA, Sarawak – Mga taong Penan and Berawan: kamalayan sa pamamagitan ng edukasyon at pagsasanay*

Ang Gunung Mulu karst ng hilagang Sarawak ay nagho-host ng ilan sa pinakamahabang kuweba sa timog-silangang Asya. Matatagpuan ang Mulu mga 100 km silangan ng Miri, isang baybaying lungsod. Ang maliit na bayan ng Mulu ay mapupuntahan sa pamamagitan ng pang-araw-araw na mga serbisyo sa himpapawid at maaari ding maabot ng mga bangka paakyat sa mga ilog ng Baram at Tutoh. Ang Gunung Mulu NP ay may lawak na 90,000 ektarya at karamihan sa mga bisita ay nakatuon sa pinakatimog na karst, na mapupuntahan mula sa punong-tanggapan ng parke na katabi ng bayan. Higit sa 90% ng parke ay nananatiling hindi nabisita at nasa malinis na kondisyon. Ang Gunung Mulu NP ay naging paksa ng isang ekspedisyong ng Royal Geographical Society noong 1978 at ang lipunan ay sumulat ng isang plano sa pamamahala para sa parke noong 1982. Sinundan ito ng isang bagong plano sa pamamahala na sumasaklaw sa panahon ng 1992–1995, at ang mga sumunod na pagsusuri ay humantong sa Mundo nominasyon ng pamana. Ang parke ay isinulat sa Listahan ng World Heritage noong Nobyembre 2000, at pagkatapos ay naging isa sa mga pinaka-iconic na pambansang parke sa timog-silangang Asya, at isang modelo para sa napapanatiling pag-unlad na tinularan sa ibang lugar. Ang tourism resort firm na Borsarmulu Sdn. Bhd. ay inatasang bumalangkas ng isang estratehikong plano sa pamamahala at makipag-ugnayan sa isang pormal na kasunduan sa pamahalaan upang pamahalaan at bumuo ng Mulu bilang isang huwarang parke at showcase para sa Sarawak at Malaysia. Mula 2001, mabilis na lumago ang interes sa turismo, gayundin ang internasyonal na profile ng turismo. Kasama nito ang responsibilidad na ipasa ang kaalaman ng Mulu sa mga bisita, "upang tunay na maunawaan ang kahalagahan", gaya ng binasa sa slogan ng Gunung Mulu NP.

Isa sa mga pangunahing kinakailangan para sa patuloy na katayuan ng World Heritage ay ang pangangailangan na magbigay ng tama, tumpak na impormasyon sa siyensiya sa mga bisita at upang mapadali ang pagsasaliksik. Kaakibat nito ang pangangailangang bigyang kapangyarihan ang lokal na komunidad at magbigay ng makabuluhang oportunidad sa trabaho sa liblib na lugar na ito. Ayon sa mga prinsipyo ng World Heritage at ang plano ng pamamahala, ang mga lokal na tao ay dapat sanayin bilang mga gabay at interpreter. Ang mga lokal na tao ay mayroon nang pakiramdam para sa kagubatan at kamangha-manghang mga kasanayan, ngunit ang mga kakulangan sa wika at kakulangan ng edukasyon ay nanaig, sa abot ng mga agham. Ang pamamahala ng Gunung Mulu NP ay nagpasimula ng isang pamamaraan ng pagsasanay para sa pagsasanay ng mga bagong gabay at upang i-refresh ang mga kasalukuyang gabay. Ang kursong ito ay ipinakita sa mga modyul na sumasaklaw sa mga aspeto ng karst at kuweba, gayundin ang kagubatan, ganap na protektadong mga lugar at kaugnay na mga ordinansa, biodiversity at geodiversity. Mayroong isang espesyal na seksyon na nakikitungo sa paghawak ng mga kliyente at pagtatanghal ng isang paglilibot sa parehong isang show cave at isang setting ng pakikipagsapalaran. Ang isang kurso sa pangunahing akreditadong First Aid ay karaniwang bahagi ng pagsasanay.





*Isang lokal na Park Ranger sa upstream na pasukan ng Deer Cave, Mulu, Larawan ni John Gunn.*

Kailangan ng Gunung Mulu NP ang lokal na komunidad at kailangan ng komunidad ang parke. Batay sa magkaparehong pagpapalagay na ito, ang Mulu ay maaaring ituring na isang kwento ng tagumpay, ngunit nangangailangan ito ng patuloy na trabaho. Noong 2021, ginamit ng mga negosyo ng Mulu ang 97% ng mga manggagawa nito sa lokal. Ang mga hamong ito para mapaunlad ang komunidad ay natutugunan mula sa murang edad sa lokal na paaralan, Batu Bungan Primary, kung saan ang Educational and Research Liaison Officer, na itinalaga ni Mulu, ay may pribilehiyong magtrabaho kasama ang mga lokal na bata. Para sa Gunung Mulu NP, ang paaralan ay ang karaniwang lugar kung saan ang lahat ng mga lokal ng iba't ibang etnisidad ay may iisang layunin - ang mga bata. Itinuturing ito ng Gunung Mulu NP bilang isang napakapraktikal na paraan upang itaas ang kamalayan at interes para sa mga susunod na henerasyon ng mga gabay at iba pang manggagawa sa parke.



*Mga lokal na gabay na nagdadala ng mga bisita sa Sungei Lansat, Gunung Mulu National Park. Larawan ni John Gunn.*

Ang Gunung Mulu NP ay nagbibigay ng sarili sa mga may gabay na karanasan para sa parehong malambot at mas matinding mga karanasan. Sa kasalukuyan, ang Park ay sineserbisuhan ng 70 rehistradong gabay. Dalawampu lamang sa mga gabay na ito ang direktang ginagamit. Ang natitirang mga numero ay Agency o Tour operator guide, pati na rin ang papuri ng mga freelance na gabay. Nangangahulugan ito na ang isang patas na bahagi ng mga gabay na tumatakbo sa Gunung Mulu NP ay wala sa payroll ng parke at wala sa ilalim ng hurisdiksyon ng Borsarmulu, na kadalasang ginagawang mahirap ang mga operasyon. Ang mga freelance na gabay na ito ay maaaring dumalo sa mga karagdagang sesyon ng pagsasanay ng gabay at gawin ito nang paminsan-minsan.

### *YUS Conservation Reserve, Papua New Guinea: Sustainable resource utilization*

Ang Yopno-Uruwa-Som Conservation Area (YUS CA) ay matatagpuan sa hanay ng Saruwaged sa lalawigan ng Morobe ng Papua New Guinea (PNG). Ang mga matataas na bundok na ito (3,500 m plus) ay naglalaman ng malalawak na lugar ng karst na binuo sa interbedded limestone at mudstones. Maraming mga kuweba, na tinatawag na makna sa mga wikang Yupna at Nung sa lugar. Ang mga kuweba ay may ritwal na kahalagahan, gayundin ang ginagamit bilang magdamag na silungan at mga lugar kung saan nangangaso ang mga paniki. Ang mga komunidad sa kanayunan sa PNG ay namumuhay sa pangunahing pamumuhay, na umaasa sa kanilang likas na yaman at matabang lupa gaya ng ginawa ng kanilang mga ninuno sa mga henerasyon bago sila. Gayunpaman, napansin ng mga pinuno ng komunidad ng YUS ang mga nakababahalang hamon na hindi pa nararanasan ng mga nakaraang henerasyon: ang mga mahahalagang mapagkukunan ay nagiging mahirap.

*"Ang aming mga mangangaso ay kailangang maglakbay ng mas mahabang distansya upang makahanap ng mga hayop sa kagubatan. Minsan kailangan naming manghuli sa mga lugar na kabilang sa ibang mga angkan nang walang pahintulot nila dahil hindi kami makahanap ng sapat sa aming tradisyonal na lupain upang pakainin ang aming mga pamilya"*

Matthew Tombe, nayon ng Isan, YUS.

Mahigit sa 90% ng lupain ng PNG ay pagmamay-ari ng mga Katutubo, kaya mahalaga ang suporta ng lokal na komunidad para sa proteksyon ng landscape ng YUS. Sa loob ng mahigit isang dekada, ang Tree Kangaroo Conservation Program ay nakikipagtulungan sa mga nayon upang mapanatili ang pamamahala sa landscape na ito at sa mga mapagkukunan kung saan umaasa ang mga tao at wildlife. Para mapadali ito, bumuo ang Karau Kuna ng Community Land-Use Plans (LUP) na may 50 nayon upang matiyak ang pinagkasunduan sa paggamit ng mapagkukunan na parehong isinasaalang-alang ang kapakanan ng mga tao at ang kanilang mga prayoridad sa konserbasyon.

Ang YUS CA, na inihayag noong 2009, ay sumasaklaw sa 76,000 ektarya ng lupa at binubuo ng mga parsela ng lupa na ipinangako ng mga lokal na may-ari ng lupa at angkan sa lugar para sa konserbasyon ng biodiversity. Ang lugar ng konserbasyon ay dating bahagi ng tradisyonal na lugar ng pangangaso na kabilang sa limang pangkat ng wika. Ang ipinangakong lupa ay nasa ilalim pa rin ng kaugaliang pagmamay-ari, ngunit ang pagtotroso at pangangaso ay teknikal na ilegal na ngayon sa ilalim ng PNG Conservation Act (1978). Ang pangunahing kagubatan ay ang nangingibabaw na ecosystem sa landscape ng YUS, na sumasaklaw sa 70% ng lugar ng konserbasyon. Ang mga kagubatan ay nangingibabaw mula sa antas ng dagat hanggang 3,100 m at ang mga alpine grasslands ay matatagpuan sa itaas ng elevation na ito. Ang mga kagubatan ay kritikal na tirahan para sa Matschie's Tree-kangaroo, isang endangered species, at iba pang arboreal marsupial, pati na rin ang mga ibon ng paraiso. Ang mga tropikal na kagubatan na ito ay isa ring mahalagang tindahan ng carbon. Kabilang sa iba pang mga uri ng landcover sa YUS ang madalas na nasusunog na anthropogenic na damuhan, nababagabag at pangalawang kagubatan, at isang halo ng shifting at mas masinsinang agrikultura, shade coffee plantation, cocoa plantation at small-scale agroforestry plots.

Ang YUS Project ay naglalayong pangalagaan ang forest carbon, endemic biodiversity at mga serbisyo ng ecosystem, gayundin upang makinabang ang mga lokal na komunidad sa kanayunan sa pamamagitan ng pagbibigay ng mga kita mula sa napapanatiling mga aktibidad na may mababang epekto sa tradisyonal na paraan ng pamumuhay. Ang pagsasama ng mga modelo ng napapanatiling pag-unlad na may maraming layunin ay isang malaking hamon sa pagpapalano ng paggamit ng lupa. Sa simula, ang mga pinadali na workshop ay pinatakbo sa lahat ng mga teritoryo ng angkan upang makipag-ugnayan sa mga lokal na may-ari ng lupa at alamin ang kanilang mga adhikain para sa YUS CA. Ang zonation ng YUS CA sa mahigpit na conservation reserve, at maramihang paggamit at mga village production zone ay isinagawa ng mga lokal na clans at pagkatapos ay na-map ng mga lokal na tao gamit ang GPS at satellite imagery. Sa bawat teritoryo ng angkan, ang mga lokal na tao ay nakakuha ng part-time na trabaho bilang conservation rangers

at education officer. Naitatag na ang mga plantasyon ng shade na kape, na may silvicultural na pagsasanay na ibinigay ng isang marketer ng kape ng Fair Trade na nakabase sa USA. Pinangangasiwaan din ng kumpanyang ito ang pagproseso at pagmemerkado ng kape ng YUS bilang isang natatanging tatak ng 'tree kangaroo'. Ang mga plot ng agroforestry ay itinatag sa mga anthropogenic na damuhan upang madagdagan ang magagamit na mapagkukunan ng troso para sa mga taganayon. Ang iba pang mga inisyatiba ay nagpabuti ng pag-access sa paaralan at nagbigay ng pangangalagang pangkalusugan sa rehiyon, parehong mga isyung natukoy sa mga workshop.



*Uruwa valley sa Yopno-Uruwa-Som Conservation Area, mula sa Wasaunon field camp. Ang alpine grassland sa karst ay nasa itaas ng upper montane forest, na may iregular na mas mababang hangganan sa mga clear na lugar sa paligid ng mga nayon. Larawan ni David Gillieson.*

Isang pangunahing inisyatiba, na pinondohan ng German development bank na KfW Bankengruppe, ay nag-assess ng carbon stocks gamit ang REDD+ methodology (tingnan ang Internet Resources) sa iba't ibang uri ng land cover sa YUS. Ang mga pagtatasa na ito ay umakma sa vegetation mapping gamit ang remote sensing at field survey para sa rehiyon. Ang proyektong ito ay nagbigay ng mga kinatawan ng carbon stock sa pamamagitan ng pag-sample ng mga pangunahing kagubatan sa isang malawak na hanay ng kapaligiran. Sinukat din ng pangkat ng proyekto ang mga stock ng carbon sa pangalawang kagubatan, mga plantasyon ng kape na may lilim, mga pinababang hardin at anthropogenic na damuhan upang ipaalam sa hinaharap na pamamahala sa paggamit ng lupa para sa mas mataas na carbon sequestration.

Dahil binibigyang-diin ng pamamaraan ng REDD+ ang pagsasama ng mga lokal na tao sa pagbuo, pamamahala at pagsubaybay sa mga proyekto ng carbon offset, ang pangkat ay gumawa ng isang module ng pagsasanay na naglalayong isama ang mga lokal na tao sa lahat ng pagtatasa ng carbon bilang bayad na trabaho. Ang pagkolekta ng data ng biomass sa itaas ng lupa at pagsubaybay sa mga stock ng carbon sa kagubatan ng mga lokal na tao ay maaaring magsilbi upang bumuo ng mga baseline na imbentaryo ng carbon para sa carbon at upang masubaybayan ang carbon ng kagubatan sa mga umiiral na proyekto ng REDD+, gayundin ang pagbibigay ng mga kabuhayan para sa mga taong humihinto sa pagsasamantala sa kagubatan. Ang mga livelihood landscape, gaya ng garden fallows, agroforestry system o plantasyon ay maaaring mag-sequester at mag-imbak ng malaking halaga ng carbon na may maayos na pamamahala sa lupa. Ang pagsasama ng Spatial Monitoring and Reporting Tool (SMART) na pamamaraan at mga tool ay nagpapahusay sa kakayahan ng YUS Conservation Area Management Committee na tumanggap at magsuri ng mga datos na nakalap ng YUS Rangers sa mga buwanang patrol, bumuo ng data-driven na mga tugon sa pamamahala upang mabawasan ang mga banta at hamon sa konserbasyon, pati na rin i-highlight ang mga positibong uso sa pagkakaroon ng mga pangunahing species.

### *Mga Alituntunin*

*(72) Para sa anumang protektadong lugar kung saan mayroong mga Katutubo, kailangang may legal at patakarang batayan para sa pagtatatag ng isang collaborative na sistema ng pamamahala, kasama ang isang lokal na komite ng pamamahala. Ang pangunahing mga stake at mga may hawak ng karapatan ng komite ay ang mga lokal na residente at mga awtoridad sa pamamahala ng protektadong lugar, na ang mga pangalawang stakeholder ay ang mga kaugnay na ahensya ng gobyerno.*

*(73) Para sa mga lugar na protektado ng karst kung saan mayroong mga Katutubo, kailangang magkaroon ng participatory land zonation batay sa tradisyonal na kaalaman at mga kaugaliang karapatan. Ito ay dapat na*

*perpektong kasama ang mga controlled use zone kung saan ginagawa ang ilang aktibidad sa ekonomiya, at ganap na protektadong mga zone kung saan ang pangangalaga sa kalikasan ang pangunahing layunin.*

- (74) Ang mga tagapamahala ng mga parke kung saan mayroong mga Katutubo ay dapat bumuo ng mga kasunduan sa co-management sa mga lokal na komunidad, na nakasulat sa angkop na wika, upang ang bawat komunidad ay may malinaw na tinukoy na lugar para sa pamamahala at pang-ekonomiyang aktibidad nito.*
- (75) Ang mga tagapamahala ng mga parke kung saan mayroong mga Katutubo ay dapat isangkot ang mga lokal na tao sa mga aktibidad sa pamamahala ng protektadong lugar. Ang mga aktibidad ng Ranger at paggabay sa mga turista sa mga kuweba at sa mga paglalakad sa karst ay nagbibigay ng makabuluhang mga pagkakataon sa trabaho at maaaring makatulong upang bigyang kapangyarihan ang lokal na komunidad. Ang mga programa upang turuan ang mga tanod at gabay sa wikang malamang na gagamitin ng karamihan ng mga bisita at sa natural na kasaysayan ay mahalaga.*
- (76) Ang isang pangunahing kinakailangan para sa pamamahala ng pinakamahusay na kasanayan ay ang pangangailangan na magbigay ng tama, tumpak na impormasyon sa siyensya sa mga bisita at upang mapadali ang may-katuturang, mababang epekto na pananaliksik.*



*Mga taganayon ng Yopno-Uruwa-Som Conservation Area at project mapping team na gumagawa ng above ground carbon inventory. Larawan ni David Gillieson.*

## Mga konklusyon

Ang mga karst at mga kuweba ay napakaespesyal na mga lugar, ngunit kadalasan ay lubos na nakadepende sa mas malawak na mga impluwensya kung saan napakalimitadong kontrol ay magagamit sa mga tagapamahala ng lupa, tubig, at ekolohikal na mapagkukunan, pati na rin ang mga protektadong lugar na tagapamahala. Ilang mga lugar ng karst ang pinamamahalaan lamang para sa pangangalaga ng kalikasan at maraming protektadong lugar ang nagpapakita ng kanilang mga kuweba at tanawin ng karst para sa turismo at libangan, na gumaganap ng mahalagang papel sa paghikayat sa pampublikong edukasyon tungkol sa mga sistema ng karst at ang kanilang pagiging sensitibo sa kaguluhan. Pinahihintulutan din ng ilang hurisdiksyon ang iba pang mga aktibidad na may layuning panlipunan o pang-ekonomiya, o maaaring mangyari ang mga aktibidad na ito sa lokasyong iyon sa pamamagitan ng makasaysayang precedent. Ang sitwasyong ito ay nangangailangan ng maingat na pagsasaalang-alang, upang matiyak na ang lahat ng mga aktibidad sa loob at paligid ng protektadong lugar ng karst ay pinamamahalaan sa mga paraan na tumutugma sa isang pangkalahatang layunin ng pangangalaga ng kalikasan. Dapat tukuyin ng mga awtoridad ng pamamahala ang mga karst na lugar na hindi kasama sa loob ng mga protektadong lugar, at bigyang-konsiderasyon ang pangangalaga sa mga halaga ng mga lugar na ito sa pamamagitan ng mga paraan tulad ng mga kontrol sa pagpapalano, mga programa ng pampublikong edukasyon, mga kasunduan sa pamana o mga tipan sa paggamit ng lupa.

Ang pagbabago ng klima ay natural na naganap sa mga geological timescale kung saan ang mga sistema ng karst ay umunlad. Gayunpaman, ang interbensyon ng tao ay mabilis na binabago ang klima sa mga paraan na maaaring makaapekto sa mga natural na proseso ng karst. Ang mga reseta ng pamamahala ay dapat na may kakayahang umangkop, kilalanin ang katotohanang ito at gumagana upang mapakinabangan ang katatagan ng system. Ang mga epekto ng mataas na magnitude-mababang dalas ng mga kaganapan, tulad ng mga baha, tsunami, sunog at lindol, ay dapat na matugunan sa mga diskarte sa pamamahala sa rehiyonal, lokal at tiyak na mga sukat sa site. Ang mga kaganapang ito ay nagiging mas madalas at higit pa sa kakayahan ng lipunan na makayanan ang mga epekto nito.

Ang mga lokal na salik ay tutukuyin ang mga tiyak na presyur at pagkakataon na lumitaw sa bawat lugar ng karst. Kaya, ang mga alituntuning ito ay naglalayong i-highlight ang mga opsyon nang hindi masyadong nag-uutos, na magiging hindi praktikal sa pandaigdigang saklaw. Kailangan nating tumuon sa mga isyu na nag-iiba ng karst mula sa iba pang mga estilo ng lupain, kumpara sa mas pangkalahatang mga aspeto ng pamamahala na nalalapat sa lahat ng mga lugar, karst o iba pa. Dapat bigyang-diin na ang mga alituntuning ito ay dapat palaging mailapat sa loob ng lokal na konteksto. Kabilang dito ang pagkilala sa lokal na biodiversity at geodiversity, kasama ang sensitivity sa socio-economic at political factors.

Nagkaroon ng kapansin-pansing pagbabago sa buong mundo sa pinagbabatayan na pilosopiya ng pamamahala ng likas na yaman. Ang mga naunang rehimen ng pamamahala tungkol sa proteksyon ay hindi kasama at mahigpit, na may maliit na pagsasaalang-alang sa opinyon ng publiko. Mabilis tayong lumilipat ngayon sa mas maliwanag na mga rehimen sa pamamahala, kung saan ang magandang relasyon sa mga naninirahan sa o malapit sa mga mahihina at mahahalagang lugar ay nakikitang kritikal, at ang mga lugar na ito ay pinapatakbo gamit ang mga prinsipyo ng adaptive na pamamahala. Ang hamon para sa mga tagapamahala ng kuweba at karst ay yakapin ang mga bagong paradigma habang pinangangalagaan ang mga hindi nababagong mapagkukunan.

Ang account na ito at ang mga alituntunin ay inaasahang magbibigay sa mga tagapamahala at tagaplano ng mga kapaki-pakinabang na tulong tungo sa pagpapabuti ng kamalayan ng komunidad sa mga sistema ng karst at kuweba, at samakatuwid ay madaragdagan ang mga pagkakataon upang matiyak ang lokal na pagtanggap at pakikilahok sa pinabuting proteksyon at pamamahala. Ang mga alituntunin ay dapat ding tumulong sa paghahanda ng mas tiyak na mga estratehiya o mga plano sa pamamahala sa antas ng pambansa, rehiyon o lugar. Sa pangkalahatan, ang mga ahensya ng pamamahala ay dapat maghangad na bumuo ng kanilang kadalubhasaan at kapasidad para sa pamamahala ng karst.

## Karagdagang Pagbasa

- 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*, 3<sup>rd</sup> 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>

## Internet Resources

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](http://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](http://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](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](http://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>

## Scientific References

- 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%2038Use%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 CO<sub>2</sub> 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>

## Appendix 1: Karst at Mga Kuweba sa Non-carbonate na Bato

Ang karst landscape ay binubuo ng isang serye ng mga espesyal na anyong lupa, kabilang ang mga kuweba, na pangunahing nagreresulta mula sa mga proseso ng paglusaw. Sa klasiko, ang karst ay unang pinag-aralan at nauunawaan na nangyayari sa mga carbonate na bato, tulad ng limestone, dolomite at marmol. Ang mga batong ito ay madaling natutunaw sa acidic na tubig at bumubuo sa karamihan ng mga kuweba at karst landscape na kilala sa Earth. Gayunpaman, ang mga proseso ng dissolutional ay maaari ding gumana sa ilang iba pang mga uri ng bato, kung mayroong sapat na mga kondisyon. Halimbawa, ang evaporite (gypsum at salt) na mga bato ay mas natutunaw kaysa sa carbonates at sa gayon ay maaari ding bumuo ng mga karst landform at kuweba. Ang iba't ibang mga bato na naglalaman ng silica, tulad ng quartzites at sandstone, ay maaari ding bumuo ng mga karst landscape. Bagama't hindi gaanong natutunaw, ang paglusaw sa mga batong mayaman sa silica ay gumagana kasama ng iba pang mga prosesong hindi kemikal. Malaki ang papel ng klima sa paglitaw ng mga dissolutional na kuweba sa mga batong ito. Ang dyipsium at asin ay natutunaw kaya malamang na maaalis ang panahon sa mahalumigmig na klima. Kaya, ang mga karst landform sa mga evaporitic na batong ito ay kadalasang naroroon sa mga tuyong kapaligiran. Sa kabilang banda, ang silica ay mas natutunaw sa ilalim ng mainit na klima at ang pinakakinakatawan na karst at mga kuweba sa mga batong ito ay nangyayari sa tropiko.

Ang iba pang mga kuweba ay ganap na nilikha ng mga mekanikal (erosional) na proseso, na may limitadong paglahok ng mga ahente ng kemikal. Ito ang kaso para sa dagat o littoral caves na nabuo sa pamamagitan ng epekto ng mga alon o kuweba sa mga tuyong zone na likha ng hangin. Ang isang karagdagang kategorya ng mga kuweba ay kinabibilangan ng mga nilikha kasama ng bato kung saan sila binuo, tulad ng mga lava tube, o sa pamamagitan ng mga prosesong tectonic (crevice caves). Sa buod, maraming paraan upang makabuo ng mga kuweba at karst at hindi ito limitado sa mga carbonate na bato. Kaya mahalaga na panatilihin ang isang holistic na pananaw kapag binibigyang kahulugan ang karst at mga kuweba.

### Mga kuweba at karst sa dyipsium

Ang dyipsium ay mas natutunaw kaysa sa limestone at sa gayon ay may potensyal para sa malawak na mga anyong lupa at mga kuweba na mabuo. Gayunpaman, bilang isang bato, ang gypsum ay hindi gaanong karaniwan sa ibabaw kaysa sa mga carbonate at sa gayon ang pandaigdigang pamamahagi ng mga gypsum caves at karst ay mas limitado. Sa pangkalahatan, dahil sa mataas na solubility nito, ang gypsum karst ay may posibilidad na mas mapangalagaan sa mga tuyong klima. Halimbawa, ang Wood Buffalo National Park sa Canada ay isang World Heritage Property na naglalaman ng makabuluhang internasyonal na gypsum karst sa isang tuyong klima ng boreal. Ang mga gypsum cave ay kadalasang nangyayari sa mga gypsum strata na nakasabit sa iba pang mga bato at sa gayon ay may limitado o walang mga outcrop, isang sitwasyon na kilala bilang 'interstratal karst'. Ang ilan sa pinakamahabang kuweba sa mundo, tulad ng mga maze caves ng Kanlurang Ukraine, ay nabuo sa medyo manipis na mga layer ng gypsum.

Medyo ilang gypsum caves ang naangkop sa mass tourism, ang pinakakilala marahil ay ang Sorbas caves sa Spain. Ang mga gypsum caves at karst ay, sa maraming paraan, ay mas marupok kaysa sa mga carbonate. Ang katigasan ng bato ay medyo mababa, na nagpapahiwatig na madali itong masira o maisulat. Ang mga speleothem ay malamang na hindi gaanong karaniwan at parehong marupok. Dahil ang mga kuweba na ito ay kadalasang nangyayari sa mga tuyong lugar, may limitadong pagkakaroon ng drainage, na nagreresulta sa mababang kapaligiran ng enerhiya na naglilimita sa pagbabagong-buhay ng mga epekto sa kapaligiran. Ang mababang mekanikal na katatagan ng gypsum rock ay nagreresulta sa medyo maliit na mga daanan ng kuweba. Ang pinakamahabang gypsum cave ay kadalasang binubuo ng malalawak na maze na naglalaman ng karamihan sa maliliit na daanan, gaya ng 257 km ang haba na Optymystychna cave sa Ukraine. Ang pagbagsak ng mga kuweba sa loob ng gypsum interstratal layer ay karaniwang nagreresulta sa mga sinkhole sa ibabaw. Ang mabilis na pag-unlad ng mga sipi sa dyipsium ay maaari ring humantong sa mga problema sa engineering.

## Mga kuweba at karst sa asin

Ang asin ay isang mataas na natutunaw na bato, higit pa sa gypsum at limestone, at sa gayon ay mabilis na lumalayo. Ang mga kuweba ng asin at karst ay nananatili lamang sa mga napakatuyo na kapaligiran. Ang hyperarid na Atacama Desert sa Chile, ang disyerto na lugar ng Mount Sedom sa Israel at Qeshm sa Iran ay kumakatawan sa mga pangunahing halimbawa. Karamihan sa mga pagsasaalang-alang na iniharap para sa mga kweba ng dyypsum ay maaari ding ilapat sa asin, bagaman ang mga kuweba ay malamang na mas maliit, na ang pinakamahabang isa, ang Malham Cave sa Israel, na humigit-kumulang 10 km ang haba. Ang bato ay medyo malambot, hindi maaaring mapanatili ang malalaking butas nang hindi gumuho at dahil sa tuyong klima ay walang aktibong paagusan. Ang mga ibabaw ng asin ay may posibilidad na maging abrasive, bagaman marupok. Ang mga speleothem ng asin ay kadalasang naroroon ngunit napakadaling masira. Ang pagiging matatagpuan sa malupit at sa pangkalahatan ay malayo, kakaunti ang populasyon na mga kapaligiran ay nakakatulong sa proteksyon ng mga kuwebang ito.

Sa Iran, ang ilan sa mga kweba ng asin sa Qeshm Island, na isang UNESCO Global Geopark, ay bukas para sa turismo, gayundin ang mga matatagpuan malapit sa San Pedro de Atacama, sa Chile, bagaman walang adaptasyon o plano sa pamamahala ang ipinatupad sa huli. kaso. Ang mga malalawak na kuweba ng Mount Sedom ay binuksan para sa adventure turismo at nakakaakit ng ilang daang bisita bawat taon.



*Mga kristal ng asin sa isang kuweba, Mount Sedom, Israel. Larawan ni Rainer Straub.*



*Nakatingin sa isang malalim na baras na nabuo sa halite, Colonel Cave, Mount Sedom, Israel. Larawan ni Rainer Straub.*

### **Mga kuweba at karst sa mga batong mayaman sa silica**

Ang mga batong mayaman sa silica, tulad ng sandstone, quartzite, o kahit ilang igneous na bato tulad ng mga granite, ay maaaring matunaw. Sa mga batong ito, hindi tulad ng mga carbonate, ang solubility ay tumataas sa temperatura at sa gayon ang paglusaw ay malamang na pinapaboran sa ilalim ng mainit na tropikal na klima. Dahil sa mas mababang rate ng dissolution, kailangang may mahabang available na timescales para maganap ang proseso. Ang mga sinaunang tanawin na umusbong sa ilalim ng mas matatag na mga kondisyong tectonic ay nagtataglay ng mga angkop na kondisyon para sa pagpapakita ng ganitong uri ng kuweba. Ang mga dissolutional cave sa mga batong mayaman sa silica ay laganap sa maraming lugar ng South America (karamihan sa Brazil at Venezuela), Africa, Australia at Asia (India at Thailand). Sa South America, dahil ang mga quartzite ay luma (Mid-Proterozoic) at chemically resistant, sila ay may posibilidad na bumuo ng mataas na elevation ridges.



*Aroe Jari Cave, isang sandstone cave sa Chapada dos Guimarães National Park, Brazil. Larawan ni Csaba Egri.*

Ilang kilometrong quartzite at sandstone cave ang na-map at pinag-aralan, ang pinakamalaking ay matatagpuan sa Canaima National Park World Heritage Property ng timog-silangang Venezuela. Sa Brazil, ang mga kuweba na ito ay nangyayari sa ilang bulubunduking lugar sa silangang bahagi ng bansa, gayundin sa mababang lugar ng Amazon basin. Ang mga kuweba na ito ay kumakatawan sa isang bagong larangan ng pag-aaral at maraming lugar ang nananatiling sapat na paghahanap para sa mga kuweba. Mayroong malawak na sandstone karst at kuweba sa Proterozoic sandstones ng hilagang Australia, na ang pinakakilala ay nasa Purnululu National Park (isang World Heritage Property), ang Kimberley ng Western Australia at Kakadu National Park sa Northern Territory.

Ang mga quartzite at sandstone ay mga bato na nagpapakita ng magkakaugnay na mga butil ng quartz na may o walang siliceous matrix. Ang mga conglomerates na binubuo ng mga fragment ng mga batong mayaman sa silica na nasemento ng matrix na mayaman sa silica ay maaari ding mangyari. Ang kemikal na pagbabago ng mga batong ito ay unang naghihiwalay sa mga butil, isang prosesong kilala bilang arenization. Bilang isang resulta, ang bedrock sa mga kuwebang ito ay may posibilidad na maging napaka-friable. Sa Ibitipoca State Park sa timog-silangang Brazil, ang madalas na pagdaan ng mga turista sa mas mahigpit na mga lugar sa 2.7 km ang haba ng Bromélias Cave ay kilala na permanenteng nagbago sa profile ng ilang mga sipi. Ang pagbagsak ng bubong ng daanan, sanhi din ng hindi sinasadyang paghawak ng mga turista sa mga hindi matatag na bahagi ng kuweba, ay nagdulot ng pagsasara ng kuweba na ito sa mga turista. Ang napakarupok na katangian ng mga pader ng kuweba ay lumilitaw na nagbibigay ng insentibo para sa pag-ukit ng mga inskripsiyon sa mga kuweba. Maraming sandstone cave ang nagpapakita ng intensive abrasional graffiti.

Ang mga kuweba sa mga batong mayaman sa silica ay maaaring mag-harbor ng magkakaibang troglobitic fauna; halimbawa, mayroong dalawang cave adapted species ng hito sa Chapada Diamantina National Park sa hilagang-silangang Brazil. Ang mga kuwebang ito ay halos walang mga magagandang speleothem na karaniwan sa mga carbonate na bato. Gayunpaman, maraming mga kuweba sa Timog Amerika ang regular na tumatanggap ng mga turista, bagama't wala, sa kasalukuyan, ay maayos na inangkop sa mass tourism na may artisyal na pag-iilaw at nakaplanong mga ruta. Ang mga plano sa pamamahala ng kuweba ay naaprubahan para sa ilang kuweba, gaya ng

Saltire Cave sa Diamantina, sa timog-silangang Brazil, at ang mga dokumentong ito ay may posibilidad na makilala ang marupok na katangian ng mga kuweba at limitahan ang pagbisita sa mas malaki at mas madaling ma-access na mga bahagi ng mga kuweba. Ang quartzite at sandstone, bilang karaniwang mga bato, ay may limitadong halaga sa ekonomiya. Bilang karagdagan, dahil sa hindi magandang mabuhangin na lupa na nauugnay sa landscape na ito at ang madalas na lokasyon sa mataas na altitude, ang trabaho ng tao ay karaniwang kalat-kalat. Nililimitahan nito ang pagbisita ng tao at may posibilidad na paboran ang pangangalaga sa kuweba. Dahil sa mga magagandang tanawin, pagkakaroon ng mga talon at kadalian ng paglalaan, maraming mga lugar na iyon ang na-convert sa mga yunit ng konserbasyon sa pambansa, estado at lokal na antas.



*Chamber of a thousand pillars sa Auyán tepui, isang quartzite cave sa Canaima National Park World Heritage Property, Venezuela. Larawan ni Vittorio Grobu.*

## **Mga kuweba sa mga pormasyon ng bakal**

Ang mga kuweba ng Iron Formation ay unang naitala sa speleological literature noong 1960s, ngunit napunta sa spotlight mula noong 2014 dahil sa kapansin-pansing pagpapalawak ng mga minahan ng bakal dahil sa tumaas na pangangailangan sa buong mundo. Sa kasalukuyan, libu-libong kuweba ang natukoy sa mga pormasyon ng bakal, pangunahin sa Brazil, ngunit gayundin sa Australia at Africa. Bagama't maliit ang sukat, bihirang lumampas sa 100 m ang haba, nagho-host sila ng isang kahanga-hangang cave fauna na naninirahan hindi lamang sa kuweba mismo kundi pati na rin sa interstitial rock porosity. Daan-daang bagong troglolithic species ang naitala kamakailan.

Ang orihinal, unweathered iron formation rock, na kilala bilang Banded Iron Formation ay binubuo ng mga alternatibong layer ng silica at iron. Ang bakal ay mas lumalaban sa kemikal kaysa sa silica, kaya ang silica ay unang na-leach, na humahantong sa mataas na grado ng iron ore. Ang genesis ng kuweba ay nagsasangkot hindi lamang ng mga kemikal na proseso, kundi pati na rin ang isang kumplikadong interplay ng mga geomicrobiological na mekanismo kung saan ang iron reducing bacteria ay nagbabago ng hindi matutunaw na Fe (III) sa natutunaw na Fe. (II). Dahil ang mga kuwebang ito ay karaniwang nauugnay sa mataas na grado ng mga katawan ng bakal, nahaharap sila sa pang-ekonomiyang presyon mula sa pagmimina dahil karaniwang walang mga alternatibong lokasyon para sa



pagkuha ng bakal. Ilang mga lugar ng pagbuo ng bakal na may mga kuweba ang legal na mina sa Brazil, na humahantong sa malaking kabayaran sa kapaligiran na nauugnay sa mga kuweba, tulad ng mga bagong pambansang parke, pananaliksik sa pagpopondo, mga publikasyon. Gayunpaman, dahil sa limitadong pandaigdigang paglitaw ng ganitong uri ng bato, at ang katunayan na ang karamihan sa mga lugar na bakal ay naisama na sa mga plano sa pagmimina, karamihan sa kabayaranang ito ay inilapat sa mga kuweba sa ibang mga bato, na nag-iiwan ng kawalan ng balanse sa mga yunit ng konserbasyon.



*Ang pagbuo ng bakal na kuweba, hanay ng Southern Espinhaço, Brazil. Larawan nina Luciana Alt at Vitor Moura.*

Sa Australia, ang isang mataas na profile na pagkasira ng isang archaeological site na nauugnay sa isang kweba ng pagbuo ng bakal ay humantong sa malakas na protesta ng publiko. Ang site ng Juukan Gorge ay naglalaman ng mga materyales mula sa trabaho ng tao na may petsang 46,000 taon na ang nakalilipas, ngunit ganap na nawasak ng pagmimina. Nagkaroon ng napakalakas na reaksyon mula sa mga Tradisyunal na May-ari, ang mga Puutu Kunti Kurrama at Pinikura na mga tao, pati na rin ang mga pangkat ng kapaligiran. Ang kasunod na parlyamentaryo na pagtatanong ay nagbigay-diin sa kakulangan ng parehong estado at pederal na mga batas sa proteksyon sa pamana. Sa kasalukuyan ay may iba pang mga site sa rehiyon na nasa ilalim ng banta mula sa mga naaprubahang aktibidad sa pagmimina sa ilalim ng batas na ito.

Ang mga kweba sa pagbuo ng bakal ay halos walang mga magagandang speleothem at ang kanilang panloob na pagsasaayos, na binubuo ng makitid na mga daanan, ay hindi ginagawang mga kaakit-akit na kandidato para sa turismo. Dahil doon ay higit na hindi sila pinansin ng mga recreational caver, kahit na ang kanilang kahalagahan ay na-highlight sa pamamagitan ng gawaing pagkonsulta sa kapaligiran. Iilan lamang sa mga naturang kweba ang regular na binibisita at walang may maayos na plano sa pamamahala at imprastruktura. Ang ilan ay permanenteng napreserba sa Brazil, kasama ang isang buffer ng proteksyon. Marami sa mga kuwebang ito, gayunpaman, ay matatagpuan sa loob ng mga lugar ng pagmimina, kaya ang pagpapanatili ng kanilang integridad ay mahirap. Dahil kakaunti ang nalalaman tungkol sa mga kuwebang ito, lalo na ang mobility at range ng cave fauna sa loob ng porous na bato, hindi tiyak kung paano mabisang protektahan ang kanilang mga ecosystem.



*Isang iron formation cave na nagpapakita ng canga (iron-rich conglomerate) sa bubong at Banded Iron Formation (BIF) sa mga dingding. Hanay ng Southern Espinhaço, Brazil. Larawan nina Luciana Alt at Vitor Moura.*

## Non-karstic caves

Maraming mga kuweba ang hindi nagpapakita ng pangigingibabaw ng mga proseso ng kemikal sa kanilang simula, ngunit sa halip, ay nabuo ng iba't ibang mga ahente at mekanismo ng geological. Dahil sa kawalan (o menor de edad na papel) ng mga proseso ng dissolutional, ang mga kuweba na ito ay hindi karaniwang nabibilang sa isang klasikal na karst landscape. Ang mga tipikal na tampok ng karst, tulad ng dolines at karren, ay malamang na wala. Ang ganitong mga landscape ay minsan kasama sa ilalim ng medyo kahina-hinalang kahulugan ng 'pseudokarst'. Gayunpaman, ang mga di-karstic na kuwebang ito ay maaaring magkaroon ng kahanga-hangang pang-agham at aesthetic na mga halaga.

Ang ilang mga kuweba ay maaaring mabuo nang sabay-sabay sa bato kung saan sila nakapasok. Ganito ang kaso ng lava tubes, kung saan ang lava na umaagos pababa kasunod ng pagsabog ay may mga panlabas na limitasyon sa pakikipag-ugnayan sa atmospera o sa basement, na unang nagpapatigas, habang ang panloob na bahagi ay nananatiling tunaw. Kapag naubos na ang suplay ng lava, mananatili ang isang mahabang tubo na sumusunod sa slope. Ang mga kuweba na ito ay karaniwan sa mga aktibong lugar ng bulkan sa buong mundo at ang ilan ay inangkop sa turismo. Sa Lanzarote, Canary Islands, Spain, ang Jameos de Agua ay isa sa mga lava tube na binuksan para sa malawakang turismo. Ang mga tubo ng lava ay may intrinsic na geological at biological na halaga, at bagama't maraming mga naturang kweba ay bata sa heolohikal (karaniwan ay may maximum na edad na ilang daang libong taon) sila ay na-kolonya at nagpapakita ng isang mayamang cave-adapted na fauna. May mga lava caves sa labing-isang UNESCO Global Geopark at apat na UNESCO World Heritage Properties: Galapagos, Ecuador; Rapa Nui, Chile; ang Jeju Volcanic Island, South Korea; at Hawaii Volcanoes National Park, USA.

Ang mga kuweba ay maaari ding mangyari sa tufa, na kung minsan ay tinatawag na travertine - bagaman ang terminong iyon ay pinakamahusay na nakalaan para sa mga deposito mula sa thermal water. Ang tufa at travertine ay parehong mga bato na nabuo sa pamamagitan ng pag-ulan ng calcium carbonate, kadalasan sa o kaagad sa ibaba ng agos mula sa mga bukal. Sa karaniwan sa mga kuweba ng lava, ang mga kuweba sa tufa ay pangunahing nabuo

kasabay ng pagdeposito ng bato. Karamihan ay ilang metro lamang ang haba at lapad, kahit na ang ilan ay mas mahaba. Sa Europa, mayroong hindi bababa sa pitong mga kuweba ng turista sa tufa, ang pinakamahaba ay ang Olga's Cave sa Honau, Germany (170 m).

Ang mga kuweba ay kadalasang binuksan ng tectonism, na kumakatawan sa pinalaki na mga kasukasuan, ay nangyayari sa maraming lugar sa buong mundo. Ang mga kuweba na ito ay minsang tinutukoy bilang siwang o mga kwebang fissure. Mas karaniwan ang mga ito sa mas malamig na klima at tectonically active na mga lugar kung saan ang dissolution ay isang maliit na proseso, tulad ng sa Tibetan Plateau at sa Greenland. Ang maliliit na kuweba na ito ay maaaring may malaking biyolohikal na interes at naglalaman ng mga sinaunang speleothem. Ang pinakamalalim na kweba ng quartzite sa mundo, ang Centenário Cave sa timog-silangang Brazil, ay binubuo ng malalalim na dugtong na nakabukas sa ibabaw sa tuktok ng isang talampas, na lumiliit sa hindi madaanan na mga sukat sa lalim na 484 m.



*Pagpapatong ng lava sa Kazumura cave, Hawaii, USA. Ang kumplikadong kwebang ito na may maraming pasukan ay matatagpuan sa gilid ng Kilauea volcano, at sa kasalukuyan ay ang pinakamahabang (65.5km) at pinakamalalim (1100m) lava tube sa mundo. Larawan ni Philippe Crochet.*

Ang mga kuweba na nilikha ng mga proseso ng erosional ay sagana saanman sa mundo at maaaring mangyari sa ilang uri ng mga bato. Maraming dagat o littoral cave ang nabuo sa pamamagitan ng erosional action ng mga alon. Ang mga mahuhusay na halimbawa ay nangyayari sa baybayin ng California, USA, at sa kanlurang baybayin ng Waitakere Ranges, New Zealand. Ang isang kilalang lugar ay ang Fingal's Cave, sa baybayin ng Scotland, na binisita ng mga turista sa loob ng maraming siglo at naging inspirasyon ang isa sa mga symphony ni Mendelssohn. Ang hangin ay maaaring bumuo ng mga kuweba, lalo na sa 'malambot' na mga bato tulad ng sandstone sa mga kapaligiran sa disyerto. Ang mga bilugan na mababaw na lukab na may iba't ibang laki na kilala bilang tafoni ay kadalasang matatagpuan sa mga granite, sandstone at sa ilang metamorphic na bato. Lumilitaw na nabuo ang mga ito sa pamamagitan ng kumbinasyon ng mga prosesong mekanikal, tectonic at kemikal. Ang pagkilos ng paghuhukay ng mga hayop, kabilang ang mga patay na armadillos, ay lumikha ng mga kuweba na mahigit 1 km ang haba, gaya ng naobserbahan sa Brazilian Amazon basin. Ang pagguho ng mga outcrop sa pamamagitan ng paliko-liko na mga ilog ay maaaring magresulta sa mga kuweba, pati na rin ang daloy ng tubig sa loob ng hindi pinagsama-samang mga bato

o lupa, na bumubuo ng mga maikli ang buhay at karamihan ay maliliit na kuweba. Ang mga ito ay kilala bilang mga tubo at malamang na karaniwang mga tampok, lalo na sa mga tuyong lugar. Ang mga magagandang halimbawa ay nauugnay sa topograpiya ng 'Badlands' sa American West.

Ang isang partikular na grupo ng mga kuweba ay nabuo sa yelo. Ang mga glacier cave na ito ay kadalasang nabubuo sa pamamagitan ng pagtunaw at maaaring ganap na napapalibutan ng yelo o matatagpuan sa contact sa basement. Ang pagkatunaw ay mas mabilis sa panahon ng tag-araw, kapag ang mga kuweba na ito ay may posibilidad na makaranas ng mas mataas na rate ng pag-unlad. Ang init na kailangan para matunaw ang yelo ay maaaring nagmula sa friction sa pagitan ng tubig at ng yelo o dahil sa panlabas na pinagmumulan tulad ng tubig na pinainit ng mga proseso ng bulkan. Ang mga kuweba ng yelo ay maaaring mabilis na umunlad, lalo na sa ilalim ng mabilis na pagbabago ng klima, na nangyayari dahil sa mga epekto ng anthropogenic. Maraming mga kuweba ng glacier, kasama ang mga glacier kung saan sila matatagpuan, ay nahaharap sa isang hindi tiyak na hinaharap. Ang mga kuweba ng glacier ay naging isang pokus para sa turismo ng pakikipagsapalaran sa Iceland.

Ang magulong pag-aayos ng mga nahulog na bloke na pangunahing matatagpuan sa paanan ng mga bundok (o nauugnay sa mga glacier) ay maaaring maglaman ng mga talus cave. Ito ay isa pang halimbawa ng pinagmulan ng kuweba na kasabay ng deposito kung saan ito namamalagi. Maraming uri ng bato ang maaaring makabuo ng mga talus cave, ngunit lumilitaw na mas karaniwan ang mga ito sa mga igneous na bato na napapailalim sa exfoliation. Ang mga kuweba ng Talus sa New Hampshire, USA, ay mga sikat na atraksyong panturista. Sa Australia, ang mga talus caves ng Black Mountain, malapit sa Cooktown sa hilagang Queensland, ay malawak at puno ng malalaking populasyon ng paniki. Kung saan naganap ang malalim na weathering, maaaring mabuo ang mga malalaking kuweba. Ang mga ito ay naiiba sa mga talus cave sa kahulugan na ang mga ito ay nabuo sa pamamagitan ng subsurface weathering, na may mga corestone o boulder na napapalibutan ng grus o weathering residue. Sa paglaon, ang pag-alis ng nalalabi sa panahon (regolith) sa pagitan ng mga malalaking bato sa pamamagitan ng paglubog ng mga sapa ay maaaring magbunga ng malalawak na kuweba na may mga amorphous na silica speleothems at kawili-wiling biota. Sa Australia, may mga dokumentadong granite boulder caves sa Labertouche, Victoria, at Wyberba, Queensland. Ang rehiyon ng Galicia ng hilagang Spain ay nagpapakita ng mga kahanga-hangang mga kuweba ng malalaking bato na mahigit 1 km ang haba.



*Mga kuweba ng dagat sa Gennargentu National Park sa silangang baybayin ng Sardinia, Italy. Larawan ni Csaba Egri.*

Sa pangkalahatan, ang mga kuweba sa mga bato maliban sa mga carbonate ay malamang na hindi gaanong pinag-aralan, bagaman maaaring pareho silang mahalaga sa mga terminong heolohikal at biyolohikal. Dahil madalas silang matatagpuan sa mga malalayong lugar, kadalasan ay mas maliit at kulang sa detalyadong aesthetic na halaga na ibinigay ng malalaking silid, mga ilog sa ilalim ng lupa at lalo na sa mga speleothems, hindi gaanong binibisita ang mga ito at hindi gaanong nalandad sa paninira. Ang mga tubo ng lava ay isang pagbubukod dito dahil ang mga ito ay mahusay na dokumentado sa buong mundo, ay mahalaga sa rehiyon para sa turismo at may malawak na siyentipikong panitikan na nakatuon sa kanila.

## Bibliografiya

- 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.



## Appendix 2: Mga Kumpletong Patnubay

### Ilang halaga ng karst at kuweba

- (1) *Ang mabisang pagpapalano para sa mga rehiyon ng karst ay nangangailangan ng ganap na pagpapahalaga sa lahat ng kanilang pang-ekonomiya, pang-agham at mga pagpapahalagang pantao, sa loob ng lokal na konteksto ng kultura at pulitika.*
- (2) *Dapat kilalanin ng mga tagapamahala na sa mga karst catchment, ang mga aksyon sa ibabaw ay nagreresulta sa direkta o hindi direktang mga epekto sa ilalim ng lupa o sa ibaba ng agos.*
- (3) *Ang isang mahusay na pag-unawa sa mga katangian ng kuweba at ang kanilang mga natatanging halaga ay mahalaga sa pinabuting pamamahala ng anumang lugar ng karst.*

### Mga espesyal na katangian ng mga kapaligiran ng karst at mga sistema ng kuweba

- (4) *Ang pangangalaga sa mga natural na proseso, lalo na ang hydrological system, ay mahalaga sa proteksyon at pamamahala ng mga karst landscape.*
- (5) *Ang nangunguna sa mga proseso ng karst ay ang kaskad ng carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) mula sa mababang konsentrasyon sa panlabas na atmospera sa pamamagitan ng lubhang pinahusay na konsentrasyon sa kapaligiran ng lupa hanggang sa pinababang konsentrasyon sa mga daanan ng kuweba. Ang mataas na konsentrasyon ng carbon dioxide sa lupa ay resulta ng paghinga ng ugat ng halaman, aktibidad ng microbial at malusog na invertebrate na fauna sa lupa. Ang kaskad na ito ay dapat mapanatili para sa epektibong operasyon ng mga proseso ng solusyon sa karst.*
- (6) *Ang pangangailangan para sa kabuuang pamamahala ng catchment ay mas mahalaga para sa mga karst landscape kaysa sa maraming iba pang lithologies.*
- (7) *Mayroon na ngayong medyo kakaunting malinis na karst landscape at ang mga natitira ay dapat pangalagaan at panatilihin bilang isang mataas na priyoridad. Sa ibang lugar, ang pagtuon ay dapat sa pagwawasto ng anumang negatibong epekto mula sa nakaraan at kasalukuyang mga kasanayan sa pamamahala.*

### Mga sukat ng pamamahala sa mga lugar ng karst

- (8) *Ang isang solong reseta ng pamamahala na inilapat sa isang kumplikadong karst hydrological system (o complex integrated cave system) ay malamang na hindi sapat na maprotektahan ang patuloy na geomorphological at ecological na proseso sa iba't ibang bahagi ng system. Samakatuwid, ang pagpapalano ng pamamahala ay dapat isaalang-alang ang mga salik ng sukat sa sistema ng karst.*
- (9) *Ang biology ng karamihan sa mga kuweba ay higit na nakadepende sa mga pinagmumulan ng pagkain na dinala mula sa kapaligiran sa ibabaw. Ang pag-access ng pagkain at enerhiya mula sa mga panlabas na mapagkukunan ay kritikal sa kaligtasan ng mga mabubuhay na populasyon ng mga organismo, at ang dalas at laki ng mga input ng enerhiya sa ekosistema ng kuweba ay mahalaga sa pagpapanatili ng mga populasyon ng organismo.*
- (10) *Ang isang indibidwal na karst hydrological system (o cave system) ay maaaring maglaman ng ilang bahagi o uri ng daanan, mula sa mga aktibong stream passage hanggang sa hindi aktibo, mas mataas na*



*antas, pati na rin ang mga hindi magandang konektadong relict passage. Ang bawat isa ay mangangailangan ng ibang reseta sa pamamahala.*

- (11) *Sa loob ng isang lugar ng karst, ang ilang mga seksyon ay maaaring masyadong sensitibo sa mga kontaminant ng tubig sa lupa, habang ang ibang mga lugar ay maaaring hindi gaanong sensitibo. Samakatuwid, kailangan ang komprehensibong pagpapalano sa paggamit ng lupa upang maprotektahan ang mga yamang tubig sa lupa ng karst.*

## **Recreational at adventure caving**

- (12) *Ang isang imbentaryo ng mga kuweba ay kanais-nais bilang batayan para sa pamamahala. Ang mga tampok ng partikular na interes sa bawat kuweba ay dapat na matukoy sa isang mapa.*
- (13) *Ang pagtatasa ng panganib ay kanais-nais at dapat sumaklaw sa mga grupo ng mga kuweba, mga indibidwal na kuweba, o mga seksyon sa loob ng isang kuweba na naaangkop sa lugar. Dapat saklawin ng pagtatasa ang parehong panganib sa mga taong explorer at ang panganib na dulot ng mga taong explorer sa kuweba. Ang kahinaan ng bawat uri ng tampok ay dapat masuri upang mapadali ang pagkilala sa mga kuweba, o mga sona sa loob ng mga kuweba na angkop para sa mga partikular na gamit.*
- (14) *Ang pamamahala sa mga epekto ng caving ay pinakamainam na lapitan sa pamamagitan ng proseso ng estratehikong pagpapalano na may pakikilahok sa stakeholder. Ang isang naaangkop na diskarte ay malamang na nangangailangan ng isang kumbinasyon ng mga inisyatiba, kung saan ang patakaran sa pag-access ay palaging gaganap ng isang mahalagang papel.*
- (15) *Ang sinumang instruktur na nag-aalok ng adventure caving ay dapat makapagbigay ng katibayan na nakatanggap sila ng sapat na pagsasanay sa mga aspeto ng kaligtasan at sa konserbasyon ng kuweba.*
- (16) *Ang lahat ng mga caver ay dapat na inaasahan na pamilyar sa, at sundin, ang isang minimal na epekto ng caving code (MICC). Kung saan walang pambansa o panrehiyong MICC na nalalapat sa isang protektadong lugar, isang partikular na code ang dapat na malikha batay sa mga nai-publish na code.*
- (17) *Ang paghuhukay, orihinal na pagsaliksik at pagsasaliksik sa mga kuweba sa loob ng mga protektadong lugar ay dapat kontrolin alinman sa pamamagitan ng mga partikular na kasunduan o sa pamamagitan ng pag-aatas ng mga permit.*
- (18) *Ang mga protektadong tagapamahala ng lugar ay inirerekumenda na gumawa ng isang plano na maaaring ipatupad sakaling magkaroon ng aksidente sa pag-caving sa lugar. Ang plano ay dapat na iguhit na may paglahok mula sa rehiyonal o pambansang katawan ng caving at ng mga katawan ng estado na responsable para sa aksidente at mga sitwasyong pang-emerhensiya, at dapat magsama ng mga alituntunin upang mabawasan ang epekto ng pagsagip sa kuweba at sa ibabaw.*
- (19) *Ganap na hindi naaangkop na payagan ang anumang uri ng motorized na transportasyon sa mga ligaw na kuweba at ang mga ligaw na kuweba ay hindi dapat gamitin para sa mga running event o para sa iba pang uri ng sporting event.*

## **Show caves**

- (20) *Ang mga kasalukuyang show cave ay dapat pangasiwaan sa pinakamataas na posibleng mga pamantayan at dapat magtrabaho tungo sa pagsunod sa ISCA Recommended Guidelines, gayundin sa*

*mga alituntuning ibinigay dito.*

- (21) Dapat magsagawa ng masusing pag-aaral upang matukoy ang kapaligiran at pang-ekonomiyang pananatili bago bumuo ng isang kuweba upang maging isang palabas na kuweba.*
- (22) Ang kaligtasan ay dapat ang numero unong prioridad para sa bawat palabas na kuweba.*
- (23) Ang pagtukoy sa kapasidad na dala ng bisita ng isang partikular na show cave ay ang balanse sa pagitan ng pagbibigay ng ligtas, nagbibigay-kaalaman at kasiya-siyang karanasan sa paglilibot sa cavern para sa mga bisita at pagliit ng epekto sa kapaligiran ng kuweba, habang nakakamit ang mga layuning pang-ekonomiya. Lahat ng tatlo – karanasan ng bisita, epekto sa kapaligiran at mga layunin sa ekonomiya – ng mga salik na ito ay dapat isaalang-alang.*
- (24) Kinakailangang magkaroon ng site plan na naglalarawan sa detalye sa ibabaw at detalye sa ilalim ng lupa ng isang kweba upang masuri ang potensyal na epekto ng mga gawa sa ibabaw sa isang kuweba.*
- (25) Ang angkop na imprastraktura sa pasukan ng isang palabas na kuweba ay mahalaga para sa pagpapanatili ng likas na kapaligiran ng kuweba.*
- (26) Sa lahat ng bagong pag-unlad, maging sa mga kasalukuyang show cave o sa mga bagong site, ang mga pangangailangan sa imprastraktura ay dapat maingat na tasahin, idinisenyo at i-install, na isinasaalang-alang ang kasalukuyang pinakamahuhusay na kagawian.*
- (27) Ang network ng electric lighting sa isang kweba ay mas mainam na hatiin sa mga zone, kaya ang mga bahagi lamang ng kweba na kasalukuyang inookupahan ng mga bisita ang mabisang masisindi. Ang paggamit ng liwanag ay dapat na i-minimize upang maipaliwanag lamang ang ilang mga tampok at lumikha ng isang kapaligiran na nagpapahusay sa karanasan ng bisita.*
- (28) Ang mabisang pamamahala ng show cave ay sinusuportahan ng pagsubaybay upang payagan ang adaptive na pamamahala sa site. Sa pinakamababa, ang pangunahing pagsubaybay sa kweba, fauna, klima at mga konsentrasyon ng carbon dioxide ay dapat isagawa ayon sa iskedyul ng pagsubaybay.*
- (29) Ang mga tagapamahala ng show cave ay dapat na may kakayahan sa parehong pamamahala ng negosyo ng show cave at pangangalaga sa kapaligiran nito.*
- (30) Ang mga gabay sa anumang palabas na kuweba ay gumaganap ng napakahalagang papel bilang ugnayan sa pagitan ng kuweba at ng bisita. Mahalaga na ang mga gabay ay wastong sinanay sa mga halaga ng partikular na kuweba at sa kanilang interpretasyon para sa mga bisita.*
- (31) Ang lahat ng palabas na kuweba ay dapat bumuo ng mataas na kalidad na interpretive na impormasyon upang matulungan ang publiko na mas maunawaan at pahalagahan ang kapaligiran ng kuweba.*

## **Mga aktibidad sa pakikipagsapalaran at turismo sa surface karst**

- (32) Ang masungit at malalayong surface karst habitat ay maaaring may hindi nakikilalang biodiversity at geodiversity values na dapat suriin at tasahin bilang bahagi ng proseso ng pagdedesisyon kung papayagan ang mga aktibidad sa pakikipagsapalaran at turismo sa mga ito, sa ilalim ng anong mga kondisyon at kung saan.*
- (33) Ang mga imprastraktura na kinakailangan upang suportahan ang mga aktibidad sa ibabaw ng karst ay dapat na idisenyo at i-install upang ito ay may maliit na epekto sa karst, kapwa sa paningin at sa mga tuntunin ng integridad nito at, kung kinakailangan, ay madaling alisin sa hinaharap, ibabalik ang karst*

*halos sa natural nitong kalagayan.*

## **Siyentipikong pananaliksik**

- (34) *Ang lahat ng protektadong lugar na may mga kuweba at karst ay dapat bumuo ng mga patakaran para sa pamamahala ng pananaliksik, na dapat lamang pahintulutan kasunod ng pagtanggap at pag-apruba ng isang aplikasyon.*
- (35) *Ang mga nagnanais na magsaliksik sa mga kuweba ay dapat na maipakita na pamilyar sila sa mga kapaligiran sa kuweba at sa lokal na Minimal Impact Caving Code, o na nakikipagtulungan sila sa mga may karanasang siyentipikong kuweba na magtitiyak ng pagsunod sa code.*
- (36) *Para sa mga kuweba na may plano sa pamamahala, dapat mayroong isang seksyon sa mga aktibidad sa pananaliksik.*
- (37) *Ang lahat ng mga mananaliksik na nagtatrabaho sa mga kuweba o sa karst maging sa loob o labas ng mga protektadong lugar ay inirekomenda na maingat na suriin ang kanilang mga panukala, kabilang ang paghahambing ng mga potensyal na benepisyo na may panganib ng pinsala sa kapaligiran o mga kultural na halaga.*
- (38) *Dapat magkaroon ng diin sa minimal na mga paraan ng sampling para sa fauna, speleothems at sediments, at ang mga mananaliksik ay dapat mangako sa pag-publish ng mga resulta sa isang form na madaling maunawaan ng publiko gayundin sa akademikong media. Ang mga mananaliksik ay dapat mangako sa pag-alis ng kagamitan at rehabilitasyon sa lugar (kung kinakailangan) sa pagtatapos ng proyekto.*

## **Agrikultura at kagubatan**

- (39) *Ang aktibidad ng agrikultura ay may potensyal na magdulot ng makabuluhang masamang epekto sa mga karst geocosystem. Ang mga protektadong tagapamahala ng lugar ay dapat (a) magbigay ng partikular na atensyon sa anumang iminungkahing pagbabago sa paggamit ng lupa at (b) magbigay ng patnubay na angkop sa uri ng pagsasaka at ang mga partikular na kondisyon sa lupa upang mabawasan ang mga epekto sa dami at kalidad ng tubig.*
- (40) *Kaugnay ng paggamit ng lupa, ang lupang taniman ay nangangailangan ng maingat na pamamahala ng lupa upang mabawasan ang erosive na pagkawala at pagbabago ng mga katangian ng lupa tulad ng aeration, pinagsama-samang katatagan at nilalaman ng organikong bagay, at upang mapanatili ang isang malusog na biota ng lupa. Dapat pangasiwaan ang pastulan upang mapanatili ang takip ng mga halaman, na nagbibigay ng partikular na atensyon sa mga antas ng stocking. Dahil ang mga doline ay nagbibigay ng point recharge, dapat silang iwanan sa kanilang natural na estado at hindi kailanman dapat punuin o gamitin para sa pagtatapon ng basura.*
- (41) *Hangga't maaari, ang mga buffer zone ay dapat na itatag sa paligid ng mga lugar na puro recharge, tulad ng mga lumulubog na sapa, dolines o iba pang natural na bukana, dahil ang mga ito ay mga conduits para sa paggalaw ng mga contaminant at pollutant papunta sa subsurface karst environment. Sa lupang pang-agrikultura, hindi dapat pahintulutan ang pag-aararo sa mga buffer zone at dapat panatilihin ang isang kumpletong takip ng halaman upang salain ang anumang sediment sa runoff mula sa naararo na lupa. Sa kagubatan, ang pangangalaga at potensyal na pagpapahusay ng mga katutubong halaman sa mga buffer zone ay kritikal*
- (42) *Kaugnay ng dami ng tubig, ang mga kontrol ay dapat ilagay sa dami ng tubig sa lupa na nakuha para sa patubig. Ang pag-aani ng tubig-ulan ay dapat gamitin hanggang sa abot ng makakaya.*

- (43) *Kaugnay ng kalidad ng tubig, ang paggamit ng pestisidyo at herbicide ay dapat na iwasan maliban kung talagang kinakailangan upang makontrol ang mga peste at mga damo. Dapat bawasan ang paggamit ng pataba at, kung posible, dapat gamitin ang mga natural na pataba. Ang mga buffer zone sa paligid ng mga lugar ng concentrated recharge ay dapat igalang at ang mga kemikal na aplikasyon ay hindi dapat maganap sa mga oras na ang mga lupa ay nasa o malapit sa saturation at may panganib ng pagdaloy sa lupa na naghuhugas ng mga kemikal sa karst.*
- (44) *Bago ang anumang aktibidad sa pagtotroso o panggugubat sa mga lugar ng karst, kinakailangan ang isang pamamaraan upang imbentaryo at mapa ang lugar, masuri ito para sa pagiging sensitibo at/o kahinaan, at bumuo ng angkop na mga reseta sa pamamahala. Dapat isaalang-alang ang isang paunang pagsusuri ng uri at laki ng mga aktibidad sa panggugubat sa loob ng isang partikular na karst catchment, kasama ang follow up na pagsubaybay upang matiyak kung paano ipinatupad ang mga reseta at kung gaano kahusay naprotektahan ang mga sensitibong lugar ng karst.*
- (45) *Sa halip, ang mga kagubatan na ito ay dapat na mahigpit na protektahan ng sapat na pamamahala ng konserbasyon, upang ang mga kapaligiran sa ibabaw at ilalim ng lupa na karst ay patuloy na matamasa ang mga benepisyo ng kanilang mga serbisyo sa ecosystem.*
- (46) *Sa mga lugar kung saan ang katutubong kagubatan ay nilinis at pinalitan ng iba pang mga species, ang mga tagapamahala ay dapat magplano para sa pagpapalit ng mga hindi katutubong uri ng hayop sa pamamagitan ng uri ng kagubatan na pinakaangkop sa mga kondisyong ekolohikal ng lugar.*

### **Extractive na mga industriya**

- (47) *Dapat magkaroon ng pagpapalagay laban sa mga bagong minahan o quarry sa mga lugar na protektado ng karst maliban kung maipakita na walang alternatibong mapagkukunan para sa isang mineral na kulang sa suplay at mataas ang pang-ekonomiya o estratehikong halaga.*
- (48) *Anumang panukala para sa isang bagong minahan o quarry sa karst ay dapat sumailalim sa isang detalyadong pagtatasa ng kapaligiran na isinasaalang-alang ang parehong mga tampok sa at sa hangganan ng lugar, pati na rin ang potensyal para sa malalayong epekto sa pamamagitan ng tubig sa ibabaw at tubig sa lupa ng karst.*
- (49) *Ang pagtatasa sa kapaligiran ay dapat ilarawan at tasahin ang halaga ng mga kweba at karst na anyong lupa at ecosystem. Dapat itong masuri kung may mga alternatibong site para sa pagkuha kung saan magkakaroon ng hindi gaanong makabuluhang epekto. Kung saan walang alternatibong mga site, dapat mayroong maingat na idinisenyong buffer protection zone, hangga't maaari, sa paligid ng mga makabuluhang kweba at karst features upang maprotektahan ang integridad ng ekosistema ng kuweba, gayundin ang pagpapatuloy ng mga prosesong hydrological.*
- (50) *Kung walang alternatibo sa pagkawasak, ang mga tampok ay dapat na itala at, kung saan nauugnay, alisin para sa siyentipikong pag-aaral - ibig sabihin, itala at alisin ang speleothem at sediment para sa paleo-pangkaligiran na pag-aaral.*
- (51) *Kung pinahihintulutan ang pagpapaunlad, dapat mayroong isang mahusay na disenyong sistema ng proteksyon sa kapaligiran, gayundin ang isang protocol sa pagsubaybay upang itala ang mga kondisyon sa panahon ng operasyon at ang bisa ng sistema ng proteksyon upang magawa ang mga pagbabago kung kinakailangan. Dapat ding magkaroon ng detalyadong plano sa pagsasara na kinabibilangan ng naaangkop na pagpapanumbalik at pangmatagalang pagsubaybay, kabilang ang isang bono na binayaran nang maaga upang matiyak na magagamit ang pagpopondo para sa pagsasara.*

## Pag-unlad at imprastruktura

- (52) Ang lahat ng pag-aaral sa pagiging posible para sa mga proyekto sa pagtatayo sa mga lugar ng karst ay dapat magsama ng maingat na pagsusuri sa nakaplanong lokasyon, isang detalyadong pagtatasa sa kapaligiran at ang laki ng isang proteksiyon na buffer zone. Kung saan posible na ilipat ang isang proyekto o pag-unlad ng lungsod palayo sa isang lugar ng karst maaari itong maging isang pang-ekonomiya at positibong desisyon sa kapaligiran.
- (53) Ang mga protocol ay dapat na binuo at inilapat upang harapin ang pagtatapon ng mga atmospheric, likido at solidong mga basura na nabuo sa panahon at pagkatapos ng konstruksiyon. Dapat itong umabot sa kabuuan ng karst critical zone, na kinabibilangan ng atmosphere, lupa, epikarst at upper zone ng karst aquifers.
- (54) Ang mga code ng gusali para sa karst ay dapat ipatupad sa parehong paraan tulad ng para sa lindol o mga lugar na madaling bahain. Ang urban zoning sa mga rehiyon ng karst ay dapat isaalang-alang ang mga detalye at kahinaan na likas sa kapaligiran ng karst.
- (55) Dapat ipatupad ang isang matibay na balangkas ng pagpaplanong pambatasan na nakabatay sa agham sa lokal, rehiyonal at pambansang antas.
- (56) Ang mga hakbangin sa edukasyon ay dapat isabuhay, lalo na sa mga hindi gaanong maunlad na bansa, upang ipaalam sa mga may-ari ng lupa o mga naninirahan sa lungsod ang marupok na kalikasan ng mga karst terrain.
- (57) Sa mga protektadong lugar, ang imprastruktura ay dapat panatilihin sa pinakamaliit at, kung maaari, ay matatagpuan malayo sa mga kweba at karst features.
- (58) Ang isang wastong plano sa pamamahala ng lugar na protektado ay dapat na maingat na timbangin ang mga kalamangan at kahinaan ng mga istruktura ng gusali sa loob ng lugar, na nangangalaga sa kapaligiran at proteksyon ng bisita sa halip na magbigay ng hindi kinakailangang kaginhawahan. Ang mga malalaking proyekto sa imprastruktura sa mga kuweba, maliban kung kinakailangan, ay dapat na masiraan ng loob.
- (59) Ang mga mapanganib na materyales ay dapat hawakan nang may mahusay na pag-iingat at maayos na kontrolin upang mabawasan ang mga paglabas. Ang mga unang tumugon sa insidente ng HazMat ay dapat sanayin sa mga partikular na paraan ng pagtugon para sa karst.
- (60) Ang mga mapanganib na materyales, maging ang mga ito ay gasolina o iba pang panggatong, solvents, dumi sa alkantarilya o iba pang mga mapanganib na basura ay hindi dapat itapon sa ilalim ng lupa. Ang pagsisiyasat at remediation ng tubig sa lupa ay napakahirap at mahal. Sa pinakamalawak na lawak na posible, ang mga mapanganib na materyales ay dapat na nilalaman at alisin sa ibabaw. Ang mas detalyadong pagsisiyasat ng potensyal na epekto sa kapaligiran ay dapat isagawa ng mga may karanasang propesyonal sa karst.

## Supply ng tubig

- (61) Tukuyin ang mga buffer ng proteksyon para sa mga pinagmumulan ng tubig ng karst, tulad ng mga bukal, balon at mga kuweba. Sa mga protektadong lugar na ito, dapat itatag ang mga protocol sa mga gawi sa agrikultura, na may wastong paggamit ng mga pataba at kontroladong pumping ng tubig. Ilang mga scheme para sa pagpapatupad ng mga zone ng proteksyon sa mga bukal ay iminungkahi, ngunit malawak na inilapat lamang sa Europa at USA.

- (62) *Ang mga hakbangin sa edukasyon ay dapat magsulong ng kamalayan ng kapwa may-ari ng lupa at ordinaryong mamamayan kaugnay ng mga partikularidad ng mga kapaligiran ng karst upang maiwasan ang hindi tamang pagtatapon ng solid, sanitary at mapanganib na basura.*
- (63) *Ang isang matatag na sistema ng pagsubaybay ay dapat na maitatag sa mga pangunahing bukal at mga piling balon sa madaling kapitan at lubos na ginagamit na mga sistema ng tubig sa lupa sa karst. Ang long term, high resolution na remote monitoring ay isang posibilidad na ngayon sa maraming spring at dapat na ipatupad nang mas malawak.*
- (64) *Dapat ituring ng mga bansa ang tubig sa karst bilang isang marupok at may hangganang mapagkukunan, na nagpapatupad ng mga batas upang kontrolin at disiplinahin ang pagkuha ng tubig, gayundin payagan ang naaangkop na pagpopondo para sa mabilis na reaksyon sa kaso ng kontaminasyon. Sa partikular, ang mga rekomendasyon tungkol sa wastong disenyo at pagpapatupad ng mga septic tank at ang lokasyon ng mga landfill ay dapat isabuhay.*
- (65) *Dahil kakaunti ang nalalaman tungkol sa pag-uugali ng maraming mga kontaminant sa mga kapaligiran ng karst, dapat na magamit ang tamang pagpopondo upang maisulong ang siyentipikong pag-unawa sa paksang ito.*

### **Pagbuo ng epektibong pagsubaybay at pagpapagaan**

- (66) *Ang pagsubaybay ay isang mahalagang kasangkapan sa pamamahala at pagprotekta sa mga kuweba at mga mapagkukunan ng karst, lalo na sa mga protektadong lugar. Ang mga resulta mula sa patuloy na pagsubaybay ay maaaring gamitin upang ipaalam sa pamamahala at upang mabawasan ang mga epekto.*
- (67) *Ang mga pagsisikap sa pagsubaybay ay dapat ituon sa pamamagitan ng pagbibigay-prioridad sa mga likas na yaman batay sa kanilang halaga o kahalagahan, ang kanilang kahinaan o kahinaan at ang kalubhaan ng aktwal o inaasahang mga banta o epekto.*
- (68) *Ang polusyon ng tubig sa lupa ay nagdudulot ng mga espesyal na problema sa karst at dapat palaging bawasan at subaybayan. Ang pagsubaybay na ito ay dapat na nakabatay sa kaganapan sa halip na sa mga regular na agwat lamang, dahil ang mga konsentrasyon ng mga solute at mga kemikal na pollutant ay karaniwang pinakamataas sa panahon ng mababang daloy, gayunpaman, ito ay sa panahon ng mga bagyo at baha na ang pinakamalaking load ng mga pollutant ay dinadala sa pamamagitan ng karst system.*
- (69) *Iwasan ang mataas na dalas ng pagsubaybay sa mga marupok na lugar, maliban kung kritikal na kinakailangan, dahil maaari itong makabuo ng sarili nitong mga epekto. Ang awtomatikong pagsubaybay, kung magagawa, ay dapat unahin.*
- (70) *Habang kinikilala ang hindi nababagong katangian ng maraming mga tampok ng karst, lalo na sa loob ng mga kuweba, hinihiling ng mahusay na pamamahala na ibalik ang mga nasirang katangian hangga't magagawa.*
- (71) *Hangga't maaari, ang mga natural na sistema at proseso sa mga lugar ng karst ay dapat mapanatili o maibalik. Kung kinakailangan ang interbensyon, mas pipiliin ang paggamit ng mga solusyong nakabatay sa kalikasan, lalo na ang mga gumagana nang may simpatiya sa mga natural na proseso at mas napapanatiling kapaligiran kaysa sa mga solusyon sa engineering.*

## Paglahok ng mga Katutubo sa pamamahala ng karst

- (72) Para sa anumang protektadong lugar kung saan mayroong mga Katutubo, kailangang may legal at patakarang batayan para sa pagtatatag ng isang collaborative na sistema ng pamamahala, kasama ang isang lokal na komite ng pamamahala. Ang pangunahing mga stake at mga may hawak ng karapatan ng komite ay ang mga lokal na residente at mga awtoridad sa pamamahala ng protektadong lugar, na ang mga pangalawang stakeholder ay ang mga kaugnay na ahensya ng gobyerno.
- (73) Para sa mga lugar na protektado ng karst kung saan mayroong mga Katutubo, kailangang magkaroon ng participatory land zonation batay sa tradisyonal na kaalaman at mga kaugaliang karapatan. Ito ay dapat na perpektong kasama ang mga controlled use zone kung saan ginagawa ang ilang aktibidad sa ekonomiya, at ganap na protektadong mga zone kung saan ang pangangalaga sa kalikasan ang pangunahing layunin.
- (74) Ang mga tagapamahala ng mga parke kung saan mayroong mga Katutubo ay dapat bumuo ng mga kasunduan sa co-management sa mga lokal na komunidad, na nakasulat sa angkop na wika, upang ang bawat komunidad ay may malinaw na tinukoy na lugar para sa pamamahala at pang-ekonomiyang aktibidad nito.
- (75) Ang mga tagapamahala ng mga parke kung saan mayroong mga Katutubo ay dapat isangkot ang mga lokal na tao sa mga aktibidad sa pamamahala ng protektadong lugar. Ang mga aktibidad ng Ranger at paggabay sa mga turista sa mga kuweba at sa mga paglalakad sa karst ay nagbibigay ng makabuluhang mga pagkakataon sa trabaho at maaaring makatulong upang bigyang kapangyarihan ang lokal na komunidad. Ang mga programa upang turuan ang mga tanod at gabay sa wikang malamang na gagamitin ng karamihan ng mga bisita at sa natural na kasaysayan ay mahalaga.
- (76) Ang isang pangunahing kinakailangan para sa pamamahala ng pinakamahusay na kasanayan ay ang pangangailangan na magbigay ng tama, tumpak na impormasyon sa siyensya sa mga bisita at upang mapadali ang may-katuturang, mababang epekto na pananaliksik.



ISBN: 978-0-646-85845-6