



Branje tisočletnega pepela

Vezuvski izziv

Kako z najsodobnejšo tehnologijo odkrivajo skrivnosti zgodovine

Pred skoraj dvema tisočletjema, oktobra 79, so se na južnem delu Apeninskega polotoka večkrat zatresla tla. Potresi v tem delu Mediterana niso redkost – vsaka štiri leta Apeninski polotok strese potres z magnitudo vsaj 5,5 – zato tresenju tal niso pripisovali velikega pomena. Teško bi se bili bolj zmotili, saj je štiri dni pozneje izbruhnil ognjenik Vezuv.

MATEJ HUŠ

V znamenitem izbruhu je oblak plina in raztaljenih kamnin segal 30 kilometrov v višino, okoliške kraje pa je pokopal pod debelimi nanosi sedimentov. Pompeji so gotovo najbolj znano mesto, ki je leta 79 izginilo pod štiri do šest metrov debelo plastjo usedlin za več kot poldrugo tisočletje, niso pa edino.

Čeprav so Pompeji znani po dobrih tisoč ljudeh, ki so ostali pokopani pod vulkanskim prahom, se je približno 95 odstotkom prebivalcev uspelo rešiti, nekateri so s seboj celo odnesli vrednejše predmete. Večino žrtev je terjala strahovita vročina, ki je bila smrtonosna tudi več kilometrov stran od piroklastičnega toka vročega plina s temperaturo več kot 1000 stopinj Celzija.

Sorodna usoda je doletela mesto Herkulanej, ki je ležalo na drugi strani ognjenika, saj je tudi njegove ulice in stavbe prekrila večmetrska plast piroklastičnih sedimentov. Zaradi smeri vetra ob izbruhu so imeli prebivalci Herkulaneja več časa za umik, zato jih je umrlo manj. Prav tako so mesto pokrili drugačni, karbonizirani sedimenti, zato se je pod njimi ohranilo več predmetov kot v Pompejih. Herkulanej je takisto utonil v pozabo, a z manj žrtvami in bolj ohranjenimi artefakti.

Prva izkopavanja

V začetku 18. stoletja, še preden so odkrili danes bolj znane Pompeje, so ponovno našli lokacijo Herkulaneja. Izkopavanja so se za kratek čas začela leta 1709, nato pa so jih močno pospešili leta 1738 pod pokroviteljstvom Karla III. Španskega. Med izkopavanji so okrog leta 1750 odkrili tudi luksuzno vilo, ki je bila najverjetneje v lasti konzula Lucija Kalpurnija Pizona Cezonina, ki je bil Kalpurnijin oče in s tem tast Julija Cezarja. V njej je bila ogromna knjižnica papirusov, ki so jih prekrili karbonizirani sedimenti, zato so se zvitki v zogleneli obliki ohranili.

S tem smo dobili izjemen zgodovinski vir, ki pa je imel pomembno napako. Kot Schrödingerjeva mačka, ki ostaja živa in

mrtva, dokler ne odpremo škatle, so tudi številni zvitki prekrhki, da bi jih mogli brati. Raziskovalci so šele ob poskusu odvijanja razočarano ugotovili, kateri so razpadli na drobne kosce in kje so sledi odvijanja preveč poškodovale zapise, da bi jih bilo mogoče brati.

Med prvimi izkopavanji so jih našli več kot tisoč, a so veljali za neuporabne, številnih pa sploh niso prepoznali. Ker so bili bolj podobni kosom premoga, so jih zavrgli, preden je postalo jasno, za kako dragocene predmete gre. Druge so nehote uničili med izkopavanjem, tretje med poskusi odpiranja. S čudnim zoglenelim materialom, ki so ga našli, ni zares znal ravnati nihče. Po uradnih podatkih se jih je ohranilo 1756 in kasneje jim je nekatere fragmente uspelo prebrati.

Camillo Paderni, ki je bil v 18. stoletju pristojen zanje, jih je odpiral z navpičnim rezom na polovico. Prepisal je vidno besedilo, nato pa postrgal in prepisoval plast za plastjo, pri čemer je zvitke sproti uničeval, s čimer jih je nepovratno pogubil več sto. Leta 1754 je vatikanski duhovnik Antonio Piaggio razvil stroj za mehanično odvijanje. Na zunanjo stran zvitka je nalepil pozlatarsko opno, nato pa z vzmetmi in utežmi zelo počasi in previdno razprl zvitke. Vse črkam podobne čačke, ki so se pokazale med razpiranjem, je budno zapisoval. Po več kot desetletju mu je uspelo razpreti več sto zvitkov, a uspehi so bili pičli, cena zanje pa strahovita. Piaggio je odkril pomembna starogrška filozofska besedila, ki jih je večinoma napisal Epikur, a pri tem zvitke močno poškodoval. Več sto zvitkov pa je ostalo neodvitih, čakajoč na izume prihodnosti, medtem ko so se raziskovalci posvetili branju in interpretaciji odvitih.

Drugo odkritje

Ko so še pred koncem 18. stoletja izkopavanja ustavili, se je lokacija vile za dve stoletji izgubila. V tem času so sicer posamezniki še vedno skušali odviti in prebrati posamezne zvitke, pri čemer so bili nekateri bolj, drugi pa manj uspešni. Znamenitemu kemiku Humphryju Davyju jih je uspelo v začetku 19. stoletja s kemično metodo deloma prebrati kakšna dva ducata, medtem ko so bili francoski poskusi z repliko Piaggievega stroja neuspešni. Do sredine 20. stoletja je bila odprta slaba polovica zvitkov – kar se je kasneje izkazalo za napako.

Dirk Obbink z Oxforda in Daniel Delattre s francoskega CNRS sta v 80. letih minulega stoletja neodvisno ugotovila,

kako lahko sestavita ostanke po Padernijevem masakru, ki so jih kasneje posneli v več valovnih dolžinah. Tedaj se je vno- vič razmahnilo tudi zanimanje za Vilo papirusov, ko so s sistematičnim proučevanjem arhivov našli njeno lokacijo, potem pa odkopali še dobrih sto zvitkov. Odkopavanje še ni končano in morda nikoli ne bo, čeprav nekateri strokovnjaki po velikosti vile sklepajo, da bi lahko bilo v njej kar 40.000 zvitkov. Razlogi za skromno odkopavanje pa še zdaleč niso le finančni. Da bi v celoti odkopali znamenito vilo, bi morali podreti stavbe, ki danes stojijo nad njo.

V 20. in 21. stoletju zvitkov nihče več ni skušal fizično odviti, še dotikali se jih najraje niso. Knjižnica v Neaplju, ki jih hrani največ, je zavrnila tudi prošnje za neinvazivne preiskave. Napake so nepovratne, včasih pa pravilne poteze sploh ni. Nekaterih zvitkov se ne da odviti, ker postopka ne bi preživeli, zato so se moderni znanstveniki obrnili k strojem. Kakor lahko danes kukamo v človeško telo, ne da bi ga rezali, lahko slikamo tudi antične zvitke, zoglenele in postarane. Prisposoba ni naključna, saj za oboje uporabljajo računalniško tomografijo (CT). Izziv pa je te slike prebrati.

Strojne oči

Profesor računalništva na Univerzi v Kentuckyju Brent Seales je prebiranju zvitkov posvetil več kot dve desetletji življenja. Že leta 2000 je sestavil tridimenzionalni računalniški model poškodovanega rokopisa Otho B. x. iz 11. stoletja, ki ga je potem z algoritmom virtualno poravnal in raztegnil. Vprašal se je, ali je možno še korak dlje. Bi lahko poskenirani neodviti zvitke digitalno odvili?

Poskusil je na zaprti knjigi iz 15. stoletja – delovalo je. Njegova raziskovalna skupina je razvila metodo, ki omogoča virtualno odvitje iz tridimenzionalnih posnetkov z računalniško tomografijo. Leta 2016 je s to metodo poskeniral in nato prebral zvitke iz 3. ali 4. stoletja, ki so ga arheologi leta 1970 našli v vasi Ein Gedi blizu Mrtvega morja. A zvitki iz Herkulaneja so bili toliko starejši, da so iz neke druge dobe.

Na zvitku iz Ein Geditja so avtorji pisali s črnolom, ki vsebuje kovine, zato je na posnetkih s CT zažarelo. Precej drugače pa je z zvitki iz Herkulaneja, saj je na njih črnilo na ogljikovi osnovi. Morda bi lahko opazovali sledove svinca iz črnila, ki so tam zaradi nečiste vode ali posodic. Toda Seales je razočarano ugotovil, da je

s posnetkov zvitkov sicer možno izluščiti posamezne plasti, a razlikovati črnilo od papirusa je praktično nemogoče. Preveč podobno gostoto imata, rezultat pa je tridimenzionalna sestavljanica s popačenimi koščki, za katero nimamo predloge.

Rešitev za prenizke koncentracije je pogosto močnejša metoda, na kar je pomislil tudi Seales. Dva zvitka iz pariškega arhiva je smel odnesti v pospeševalnik delcev blizu Oxforda, kjer so leta 2019 napravili visokoločljivostne posnetke z zelo močnim snopom rentgenskih žarkov. Zaradi njih je tudi zelo majhna količina svinca v črnilu dovolj svetila, da se je kaj videlo. Končno so imeli metodo za skeniranje zvitkov, a rešitve ne bo našla nobena posamezna raziskovalna skupina, morda sploh ne človek.

Bogate nagrade

Tako je menil tehnološki poslovnež Nat Friedman, ki je Sealesu predlagal organizacijo nagradnega natečaja, da bi pri reševanju problema lahko sodelovalo vse človeštvo. Friedman je prispeval 125.000 dolarjev svojega kapitala, skupaj z Danielom Grossom je zbral še nekajkrat toliko z množičnim financiranjem, Seales pa je javno objavil vse posnetke in svojo programsko opremo. Marca 2023 se je rodil natečaj Vezuvski izziv. Za glavno nagrado je bilo treba z umetno inteligenco ali kako drugače iz posnetkov prebrati vsaj štiri odstavke, ki so imeli 140 znakov ali več, za manjše dobitke pa je zadostovalo že manj.

Na prvi spodbuden rezultat ni bilo treba čakati dolgo. Lanskega oktobra je 21-letni študent računalništva Luke Farritor z Univerze v Lincolnu v Nebraski razvil algoritem strojnega učenja, ki je v posnetkih prepoznal linije, podobne grškim črkam. Pomagalo mu je opažanje nekdanjega fizika in poslovneža Caseyja Handmerja, ki je na nekaterih posnetkih opazil bežne teksture, komajda opazne s prostim očesom. Farritor jih je uporabil za urjenje algoritma in kmalu je razvozal besedo *πορφύρας*, kar pomeni vijolična. Zanj je prejel nagrado v višini 40.000 dolarjev. Drugo mesto in 10.000 dolarjev je osvojil Youssef Nader z berlinske univerze, katerega algoritem je še lepše prepoznaval znake, a kaj, ko ni bil prvi.

Čas pa se je iztekal. Vezuvski izziv je trajal le do konca decembra 2023. Sealesova skupina je na internet nalagala nove in nove posnetke, raziskovalci, študentje in drugi nadobudneži po vsem svetu pa so preizkušali najrazličnejše zamisli za njihovo branje. V zadnjem tednu so prejeli 18 prijav, ki so jih najprej preverili tehnično, nato pa posebna komisija strokovnjakov za papiruse še vsebinsko. Ena sama prijava je izpolnjevala vse pogoje, za kar so prijavitelji prejeli 700.000 dolarjev. Izziv je bil premagan!

Farritor, Nader in študent robotike Ju-

lian Schilliger s švicarske državne tehniške visoke šole (ETH Zürich) so prebrali več kot 2000 znakov oziroma približno pet odstotkov enega zvitka. Čeprav avtor v prebranem delu zvitka ni imenovan, gre bržkone za Filodema, epikurejskega filozofa in pesnika, ki je v besedilu razpravljal o uživanju življenja. To dokazuje, da so hrana, glasba, odnosi resnično brezčasne teme, razprave o njih pa stalnica človeškega bivanja.

Tehnologija je tu

Še pomembnejši od besede vijolično in kratke razprave o življenjskih radostih izpred dveh tisočletij je uvid, da je branje neodprtih zvitkov z današnjo tehnologijo možno. Ne gre le za zvitke, temveč tudi druge podobne materiale, denimo reciklirani papirus, v katerega so Egipčani zavijali mumije. Umetna inteligenca pa pomaga tudi na druge načine. DeepMind v Londonu je razvil algoritem Ithaca, ki pomaga dopolnjevati nepopolne zapise v stari grščini, kjer manjkajo deli znakov ali besed. Branje starih zapisov, ki jih je v zgodovini doletela marsikakšna ujma, je kompleksen problem, ki na več mestih terja sodelovanje strokovnjakov najrazličnejših ved in tudi umetne inteligence.

Žal so številni zvitki iz Herkulaneja danes nepopravljivo poškodovani ali uničeni, ker so bili prvi poskusi branja robati in destruktivni. Paradoksalno je v najboljšem položaju približno 300 zvitkov, ki so bili v izbruhu ognjenika in kasnejšem ždenju pod sedimenti najbolj poškodovani, zato jih ni nihče niti poskušal odpreti.

Zgodovina ni brez smisla za ironijo, zato se utegne ponoviti. Nova tehnologija prebiranja zvitkov vnovič mikavno vabi k obsežnejšim izkopavanjem. Bob Fowler z Univerze v Bristolu in Richard Janko z Univerze v Michiganu, ki sta v izzivu sodelovala kot sodnika, menita, da je večji del Vile papirusov v Herkulaneju vključno z glavno knjižnico še neodkopen. Pritličje vile so v 18. stoletju povsem obšli, pod knjižnico pa bi bilo lahko še celo nadstropje starejših zvitkov. Cilj je privlačen, ker gre za edino nedotaknjeno knjižnico iz klasičnega sveta. Vsi drugi antični teksti so se ohranili zgolj v bolj ali manj vernih prepisih.

Bodo sedaj premetali stotine kubičnih metrov zemlje in porušili več stavb, potem pa čez stoletja ugotovili, da to ni bilo potrebno? Za zdaj je jasno le, da je Vezuvski izziv razpisal novo nalogo. Do konca leta je treba za novo nagrado prebrati 90 odstotkov kakšnega zvitka.

Dr. Matej Huš je višji znanstveni sodelavec na **Kemijskem inštitutu** in Zavodu za varstvo kulturne dediščine.

Dva tisoč let po vulkanskem izbruhu, ki je ožgal in prekril antične

papirusne zvitke, jih berejo zaprte.

Z računalniško tomografijo in umetno inteligenco so prebrali nekaj odstotkov prvega zvitka.

Pod zemljo je morda še na tisoče neodkritih zvitkov.



Vezuvski izziv je razpisal drugo nologo:
do konca leta je treba za novo nagrado
prebrati 90 odstotkov kakšnega zvitka.
FOTO VESUVIUS CHALLENGE



© Vesuvius Challenge

Z najnovejšo tehnologijo vidijo v notranjost zvitkov. FOTO VESUVIUS CHALLENGE