

# **PODZEMNI JEDRSKI POSKUS SEVERNE KOREJE 12. FEBRUARJA 2013 IN SEIZMOLOŠKO NADZOROVANJE SPORAZUMA O PREPOVEDI POSKUSOV The 12 February 2013 North Korea's Underground Nuclear Test and Seismological Control of Nuclear Test Ban Treaty**

**Andrej Gosar\* UDK 550.348.42(519.3)"2013"**

Povzetek Abstract

Severna Koreja je 12. februarja 2013 izvedla podzemni jedrski poskus, ki je povzročil potres z magnitudo 5,1, kar ustreza moči eksplozije od 6 do 7 kiloton trinitrotoluena (TNT). Ta poskus je sledil predhodnima leta 2006, ki je povzročil potres magnitude 4,3 (0,5 kilotone TNT), in leta 2009 z magnitudo 4,7 (2,4 kilotone TNT). Po mednarodnem sporazumu o prepovedi jedrskih poskusov iz leta 1996, ki ga Severna Koreja ni podpisala, so vsi taki poskusi prepovedani. Mednarodna skupnost nadzira spoštovanje prepovedi z monitoringom organizacije CTBTO, ki temelji predvsem na seizmološkem opazovanju, vključuje pa tudi hidroakustično in infrazvočno opazovanje ter analizo radionuklidov v zraku. Spektralna razmerja med različnimi vrstami potresnih valov se pri podzemni eksploziji značilno razlikujejo od tistih pri naravnem potresu, zato njihova analiza predstavlja enega glavnih načinov za razlikovanje. Moč eksplozije se prav tako lahko določi le na podlagi seizmološko določene magnitude. Severnokorejski jedrski poskus iz leta 2013 so zaznale potresne opazovalnice, razporejene po vsem svetu, tudi v Sloveniji. Do Ljubljane, ki je vzdolž površja Zemlje oddaljena 8360 km, je potresno valovanje potovalo 11 minut in 43 sekund.

On 12 February 2013, North Korea performed an underground nuclear test that caused an earthquake with magnitude 5.1, which corresponds to an explosion of 6–7 kilotons of TNT. This test followed the previous ones in 2006, which caused an earthquake of magnitude 4.3 (0.5 kilotons of TNT) and in 2009 with magnitude 4.7 (2.4 kilotons of TNT). According to the international Nuclear Test Ban Treaty from 1996, which was not signed by North Korea, such tests are forbidden. International community supervises the respect of the treaty through the monitoring of CTBTO organisation, which is based mainly on seismological observations, but includes also hydroacoustic and infrasound observation, as well as analyses of radionuclides in the air. The spectral ratios between different kinds of seismic waves of an explosion are significantly different from the characteristic of natural earthquakes. Their analysis is therefore one of the principal methods for discrimination. The explosion's yield can also be estimated exclusively from the seismological determined magnitude. The 2013 North Korea's nuclear test was detected by seismological stations located all around the world, including Slovenia. The travel time of seismic waves to Ljubljana, which is located at the distance of 8360 km measured along the Earth's surface, was 11 minutes and 43 seconds.

\* dr., Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska cesta 47, Ljubljana, andrej.gosar@gov.si

## Uvod

Poskusne jedrske eksplozije so bile vedno sestavni del svetovne oboroževalne tekme in razvoja jedrskega orožja po juliju 1945, ko je bila v ZDA opravljena prva. Vrhunec so dosegle v šestdesetih letih 20. stoletja, ko so v posameznih letih izvedli na svetu tudi več kot 80 poskusnih eksplozij, največ leta 1962, ko jih je bilo kar 140. Skupno je bilo do zdaj izvedenih več kot 2100 takih eksplozij [ZDA 1054, Sovjetska zveza 715, Velika Britanija 45, Francija 210, Kitajska 45, Indija 6, Pakistan 7 in Severna Koreja 3] (Wikipedia, 2014). Od tega je bilo eksplozij v atmosferi 574. Seveda je kmalu dozorelo spoznanje, da so poskusne eksplozije v atmosferi okolju in človeštvu zelo škodljive in da je tudi sicer širjenje seznama držav z jedrskim orožjem velika grožnja svetovnemu miru. Zato so z mednarodnimi sporazumi poskušali čim bolj omejiti poskusne eksplozije. Leta 1962 so s sporazumom, imenovanim Partial Nuclear Test Ban Treaty (PTBT), prepovedali vse vrste testiranj razen podzemnih. Do celovite prepovedi vseh jedrskih poskusov, tudi podzemnih, tako v miroljubne kot vojaške namene, pa je minilo še 34 let, ko so leta 1996 sprejeli mednarodni sporazum Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty (CTBT). Do maja 2012 je sporazum podpisalo 183 držav, tudi vseh pet držav z jedrskim orožjem: ZDA, Rusija, Kitajska, Velika Britanija in Francija. Od tega je 157 držav sporazum tudi ratificiralo, med njimi pa ni ZDA, Izraela in Irana. Sporazuma niso podpisale Indija, Pakistan in Severna Koreja, torej tri države, ki so se zadnje pridružile jedrskemu »klubu«. Po sprejetju CTBT sta le še Indija in Pakistan leta 1998 izvedla več podzemnih jedrskih poskusov, pozneje pa se je zdelo, da bo sporazum trajno spoštovan. Toda pojavila se je nova jedrska država, Severna Koreja, ki je v letih 2006, 2009 in 2013 izvedla tri podzemne jedrske poskuse. Ti so zaradi stalnih groženj nedemokratskega severnokorejskega režima povzročile v svetovni skupnosti precejšnje vznemirjenje. Ker je seizmološki monitoring glavni način nadzora sporazuma o prepovedi ter določanja lokacije in moči podzemne eksplozije, je v članku podrobno opisan predvsem ta vidik. Severnokorejski podzemni jedrski poskus 12. februarja 2013 je povzročil potres z magnitudo 5,1, kar ustreza moči eksplozije od 6 do 7 kiloton TNT. Eksplozija je bila tako močna, da jo je zaznala večina potresnih opazovalnic v Sloveniji.

## Organizacija Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty Organization (CTBTO)

Ker je za spoštovanje sporazuma o prepovedi vseh jedrskih poskusov CTBT potreben predvsem učinkovit nadzor, je bila hkrati z njegovim sprejetjem leta 1996 ustanovljena tudi Pripravljalna komisija za organizacijo pogodbe za celovito prepoved jedrskih poskusov (angl. *Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty Organization*



Slika 1: Karta Severne Koreje in sosednjih držav z označeno lokacijo podzemnih jedrskih poskusov, ki jih je Severna Koreja izvedla v letih 2006, 2009 in 2013

Figure 1: Map of North Korea and adjacent countries with marked location of North Korea's underground nuclear tests in 2006, 2009 and 2013.

– CTBTO) s sedežem na Dunaju. Glavna naloga te organizacije je vzpostavljanje, verificiranje in vzdrževanje infrastrukture, potrebne za zaznavanje morebitnih jedrskih poskusov. Organizacija je vzpostavila globalni sistem za opazovanje, ki bo po dokončanju sestavljen iz omrežja 337 opazovalnic z različnimi senzorji. Do danes je dokončanega 85 odstotkov tega omrežja. Sistem bo obsegal:

- **50 primarnih in 120 pomožnih potresnih opazovalnic.** Primarne opazovalnice posredujejo podatke v realnem času, pomožne pa na zahtevo. Zbrani seizmološki podatki se uporabljajo za lociranje vseh seizmičnih dogodkov in razlikovanje med morebitno podzemno jedrsko eksplozijo in številnimi potresi, ki nastajajo skoraj povsod na Zemlji.
- **11 hidroakustičnih opazovalnic,** ki zaznavajo akustična valovanja v oceanih. Šest izmed teh opazovalnic ima podvodne mikrofone, ki pošiljajo podatke prek kablov na kopno. Hidrofoni so zelo občutljivi in zaznavajo akustične signale od podvodnih dogodkov, vključno eksplozij, ki lahko nastanejo zelo daleč. Preostalih pet potresnih opazovalnic je nameščenih na otokih. Te uporabljajo seizmometre za zaznavanje akustičnih valov, ki se na meji med vodo in kopnim spremenili v seizmične valove.
- **60 infrazvočnih opazovalnic,** ki uporabljajo mikrobarografe (senzorji za akustični pritisk) za zazna-

vanje zelo nizkofrekvenčnih zvočnih valovanj v atmosferi, ki jih povzročajo naravni ali umetno povzročeni dogodki. Te opazovalnice sestavljajo nizi štirih do osmih senzorjev, ki so med seboj oddaljeni od 1 do 3 kilometre. Njihovi podatki se uporabljajo za lociranje in razločevanje eksplozij v atmosferi od naravnih pojavov, kot so meteoriti, eksplozije ognjenikov ali meteorološki pojavi, oziroma umetnih, kot so izstrelitve raket, nadzvočna letala ali padci ostankov satelitov.

- **80 opazovalnic radionuklidov**, na katerih se vzorčuje zrak za zaznavanje radioaktivnih delcev, ki izhajajo iz eksplozij v atmosferi ali pa so prišli v atmosfero iz podvodnih ali podzemnih eksplozij. Prisotnost nekaterih radionuklidov predstavlja nedvoumen dokaz za jedrsko eksplozijo. Na 40 opazovalnicah so tudi detektorji žlahtnih plinov.
- **16 laboratorijev za radionuklide**, v katerih analizirajo vzorce iz opazovalnic radionuklidov.

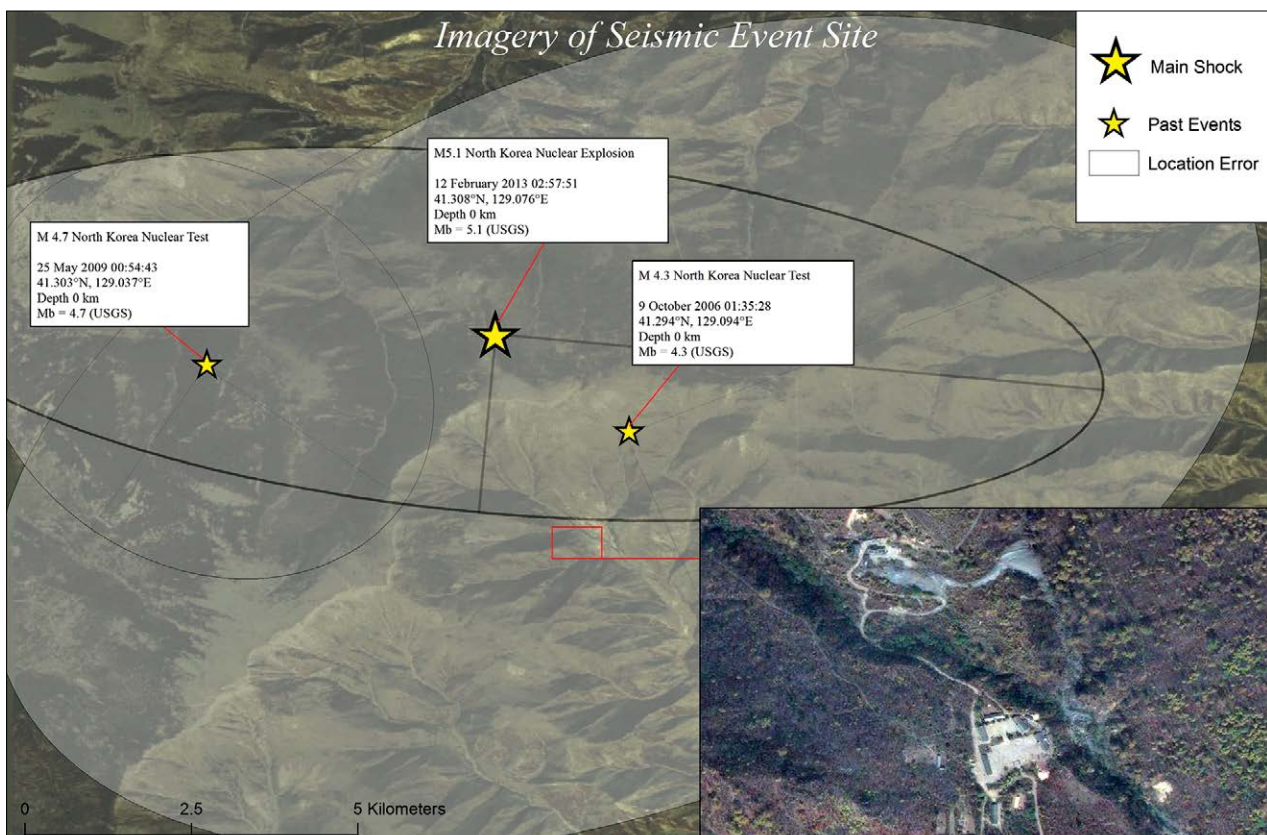
Podatki iz vseh opazovalnic se prenašajo v stvarnem času v Mednarodno podatkovno središče (International Data Centre) na Dunaju po zaprtem omrežju, ki temelji predvsem na satelitskih povezavah. Vsak dan se zbere okoli 16 gigabajtov podatkov, ki se samodejno analizirajo s posebnimi računalniškimi programi, nato pa jih pregledajo usposobljeni analitiki.

Poleg osnovne naloge, zaznati vsak prepovedan jedrski poskus, se podatki, ki jih zbere CTBTO, uporabljajo tudi v

druge civilne in znanstvene namene. Od leta 2006 pošiljajo podatke iz seizmoloških in hidroakustičnih opazovalnic neposredno tudi centrom zgodnjega opozarjanja pred nevarnostjo cunamija na območju Tihega in Indijskega oceana. Po poškodbi reaktorjev jedrske elektrarne Fukušima zaradi potresa in cunamija 11. marca 2011 na Japonskem so opazovalnice za radionuklide sledile širjenju radioaktivnosti v ozračju po vsem svetu. Na več kot 40 opazovalnicah so več kot 1600-krat zaznali radioaktivne izotope iz poškodovanih reaktorjev. Zbrani podatki so bili na voljo za nadaljnje znanstveno proučevanje na več kot 1200 inštitutih in univerzah. Mreža opazovalnic CTBTO je registrirala tudi infrazvok ob eksploziji meteorita 15. februarja 2013 nad Čeljabinskim v Rusiji, in sicer na 17 opazovalnicah po svetu, tudi na Antarktiki.

## Severnokorejski podzemni jedrski poskusi

Severna Koreja je 3. oktobra 2006 napovedala izvedbo jedrskega poskusa in bila tako prva država na svetu, ki je vnaprej napovedala svojo prvo jedrsko poskusno eksplozijo. Šest dni pozneje, 9. oktobra 2006, je res izvedla podzemni poskus. Dvajset minut prej so o tem posebej obvestili tudi kitajsko vlado, saj je Kitajska najbližja država in tudi sicer ima Severna Koreja z njo razmeroma dobre odnose. Na podlagi seizmoloških

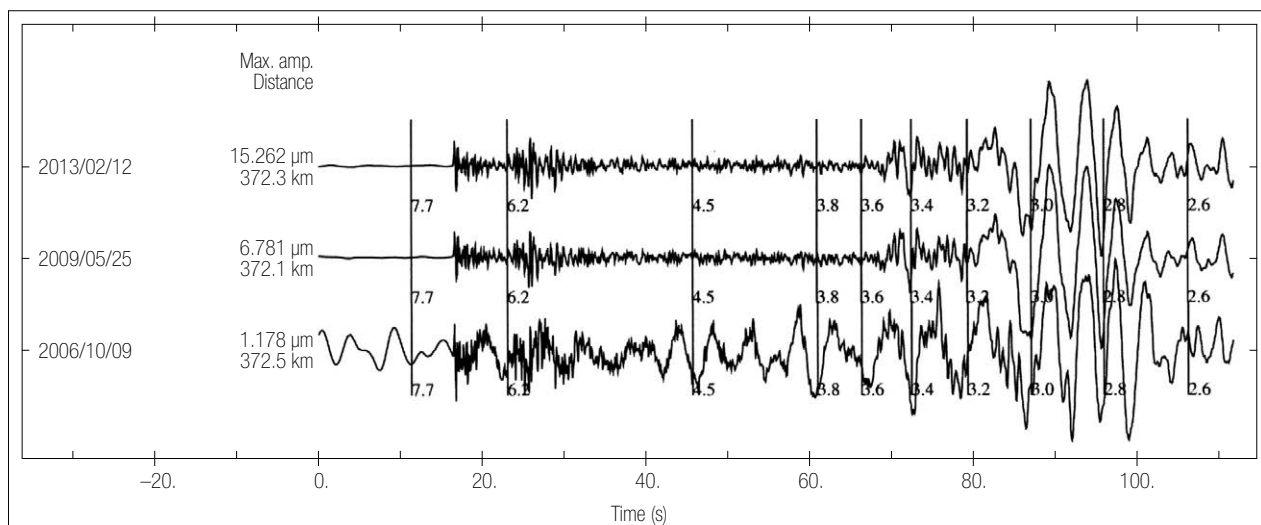


Slika 2: Podrobna karta območja treh podzemnih jedrskih poskusov v Severni Koreji

Figure 2: Detailed map of the area in North Korea where three underground nuclear tests were performed.

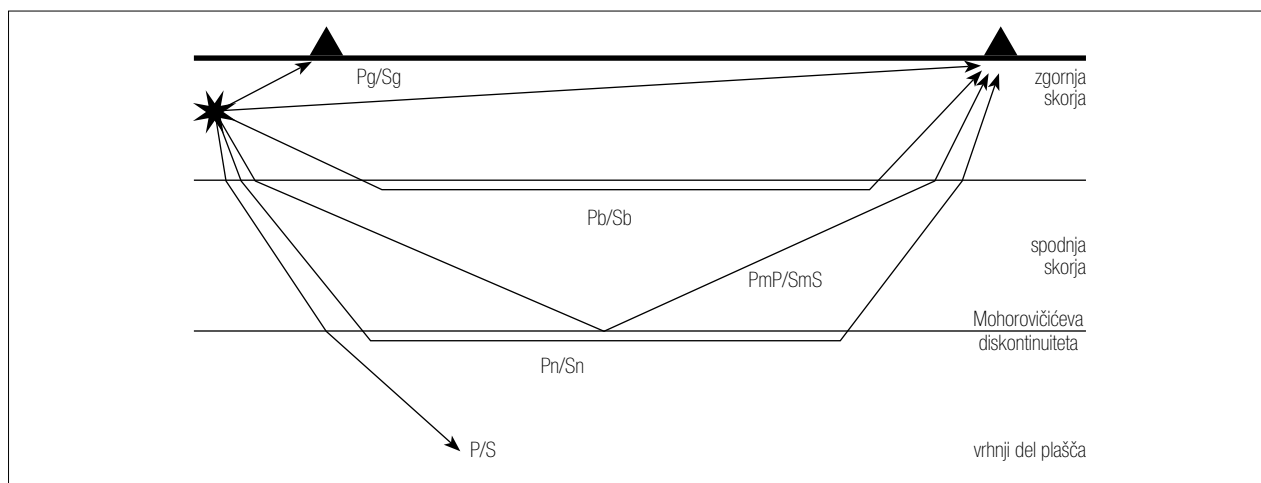
opazovanj so izračunali, da je bila moč eksplozije 0,5 kilotone TNT. Zaznali so tudi nekoliko povečano radioaktivno sevanje v ozračju. Neimenovan uradnik severnokorejske ambasade v Pekingu je izjavil, da je bila moč eksplozije manjša od pričakovane. Zaradi te izjave in razmeroma majhne moči eksplozije so se pojavila ugibanja, ali ni šlo za ponesrečen poskus ali pa celo za lažno jedrsko eksplozijo, s katero bi Severna Koreja

»dokazala«, da ima tehnologijo za izdelavo atomske bombe, čeprav je v resnici ne bi imela. Povečana radioaktivnost v ozračju, ki so jo zaznala ameriška vojaška letala, pa je zavrnila namigovanja o lažni jedrski eksploziji. Dva tedna po eksploziji so celo v severni Kanadi zaznali v zraku sledove radioaktivnega ksenona, za katerega so z modeliranjem izračunali, da prihaja iz Severne Koreje. Organizacija CTBTO je zaznala eksplo-



Slika 3: Seizmogrami, zapisani na potresni opazovalnici MDJ na Kitajskem, ki je od testnega območja oddaljena 372 km. Prikazani so normalizirani navpični odmiki tal za vse tri jedrske poskuse. Številke na seizmogramih označujejo navidezne hitrosti različnih potresnih valov.

Figure 3: Seismograms recorded at the MDJ seismic station in China, which is located 372 km from the test site. Normalized vertical displacements are shown for all three nuclear tests. Numbers on the waveforms indicate apparent group velocities for different seismic waves.



Slika 4: Prerez skozi Zemljino skorjo in vrhnji del plašča s potmi glavnih regionalnih seizmoloških faz

Figure 4: A cross-section through the Earth's crust and upper mantle with paths of main regional seismological phases.

Leto	Datum	Ura (UTC) hh.mm.ss	Magnituda Mb	Moč TNT ekvivalent
2006	9. oktober	01.35.28	4,3	≈ 0,5 kt
2009	25. maj	00.54.43	4,7	≈ 2,4 kt
2013	12. februar	02.57.51	5,1	≈ 6–7 kt

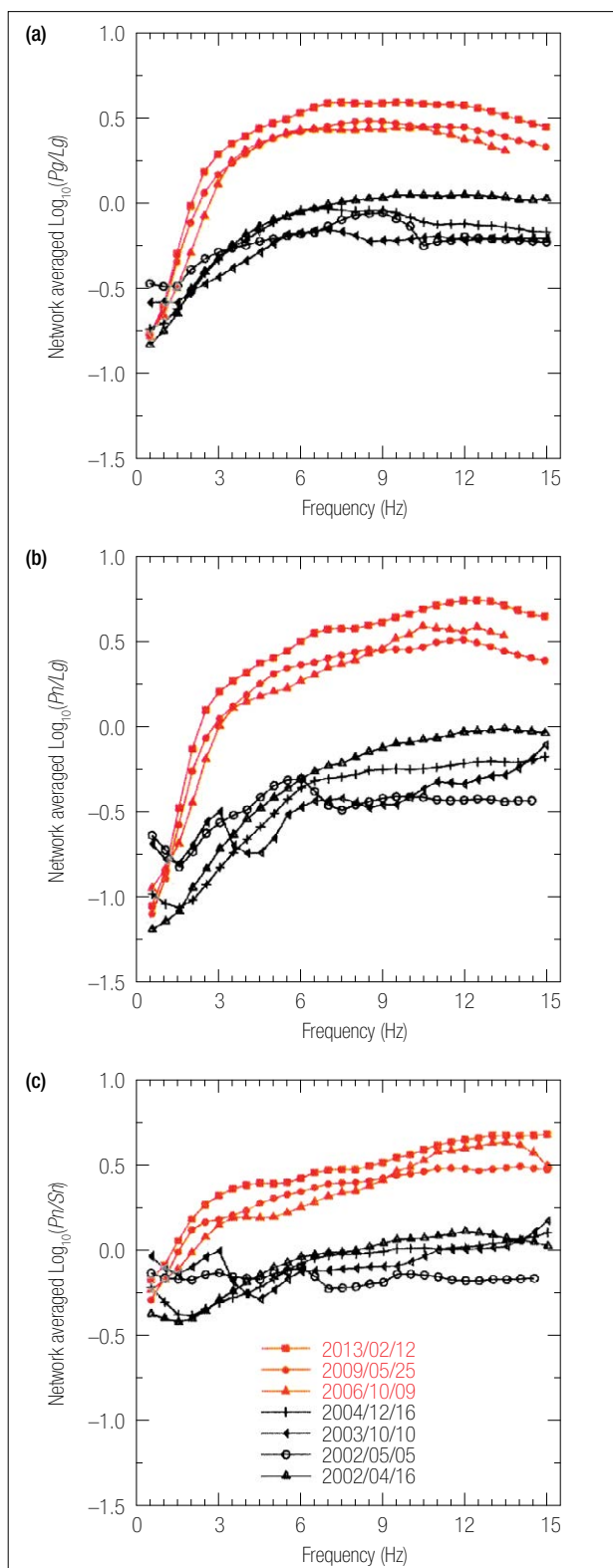
Preglednica 1: Osnovni podatki o treh severnokorejskih podzemnih jedrskih poskusih

Table 1: Basic data on three North Korea's underground nuclear tests.

zijo na 22 potresnih opazovalnicah svoje globalne mreže kot potres magnitude 4,3 in v manj kot dveh urah o poskusu obvestila svoje članice. Z analizo podatkov so lahko locirali eksplozijo znotraj 880 km<sup>2</sup> velikega območja [Punggyeri] v severovzhodnem delu Severne Koreje.

Svoj drugi podzemni jedrski poskus je Severna Koreja izvedla 25. maja 2009. Potres magnitude 4,7 je zaznalo bistveno več potresnih opazovalnic kot v prvem primeru, zato so lahko tudi natančneje izračunali lokacijo poskusa znotraj 264 km<sup>2</sup> velikega območja. Moč so ocenili na 2,4 kilotone TNT. CTBTO je o izvedenem poskusu, ki tokrat ni bil napovedan, obvestila svoje članice dve uri po dogodku. V svetovni politiki je prevladalo prepričanje, da je Severna Koreja izvedla ta poskus zaradi nasledstvene krize v državi. Po kapi, ki je prizadela Kim Džong Ila po leti 2008, so namreč potekale priprave, da ga po smrti nadomesti njegov tretji sin Kim Džong Un. Z jedrskim poskusom naj bi Severna Koreja dokazala svetu, da tudi v času morebitne politične šibkosti v državi ne bo opustila svojega jedrskega programa. Presenetljivo niti CTBTO s svojo mrežo opazovalnic radionuklidov niti ameriška vojaška letala tokrat niso zaznali njihove prisotnosti v zraku kot pri poskusu leta 2006. To ne pomeni, da eksplozija ni bila jedrska, temveč, da je bila verjetno izvedena dovolj globoko in v kamninah, ki so preprečile širjenje radionuklidov v ozračje. Pri dveh poskusih, po katerih v ozračju niso zaznali radionuklidov, se je namreč vedno odprlo vprašanje, ali ni Severna Koreja mogoče le simulirala jedrske eksplozije z običajnim eksplozivom, da bi svetu lažno dokazala svoj napredek pri razvoju jedrskega orožja. Po poskusu leta 2009 je varnostni svet Združenih narodov soglasno sprejel resolucijo številka 1874, s katero ga je ostro obsodil, poostriil ekonomske sankcije in pooblastil članice Združenih narodov, da povečajo nadzor nad izvozom v Severno Korejo, da bi tako preprečili kakršen koli tovor, ki bi bil lahko uporabljen v jedrskem programu.

Severna Koreja je 12. februarja 2013 izvedla svoj tretji podzemni jedrski poskus, ki je povzročil potres z magnitudo 5,1. Ocenjena moč eksplozije je bila od 6 do 7 kiloton TNT, poskus pa je bil izveden na istem območju [Punggyeri] kot predhodna dva. Tudi za ta poskus niso zaznali povečane koncentracije radionuklidov ali sevanja v ozračju, vendar zaradi precej večje moči kot pri predhodnih ni bilo več dvoma, da gre za jedrsko eksplozijo. Ponovno so se ocene v moči zelo razlikovale med različnimi organizacijami in nekatere segale celo do 15 kiloton TNT. Lokacija eksplozije je bila določena zelo natančno s polmerom napake le okoli 100 m. Seveda velesile zelo natančno opazujejo testno območje Punggyeri tudi s sateliti in na podlagi gradnje novih objektov, vidnih vhodov v podzemne predore in drugih aktivnosti poskušajo ugotoviti, kaj pripravlja Severna Koreja. Seizmološko izračunana lokacija eksplozije se tako dobro ujema z objekti, vidnimi na površju.



Slika 5: Povprečna spektralna razmerja zapisov v seizmološki mreži za različne vrste potresnih valov: a) Pg/Lg, b) Pn/Lg in c) Pn/Sn za sedem seizmičnih dogodkov na podobni oddaljenosti. S črno so prikazani potresi, z rdečo pa podzemni jedrski poskusi.

Figure 5: The network-averaged spectral ratios for different seismic waves: a) Pg/Lg, b) Pn/Lg and c) Pn/Sn for seven regional seismic events. Natural earthquakes are shown in black and underground nuclear tests in red.

## Seizmološko opazovanje severnokorejskih podzemnih jedrskih poskusov

Cilji seizmološkega opazovanja prepovedanih podzemnih jedrskih poskusov so zelo številni:

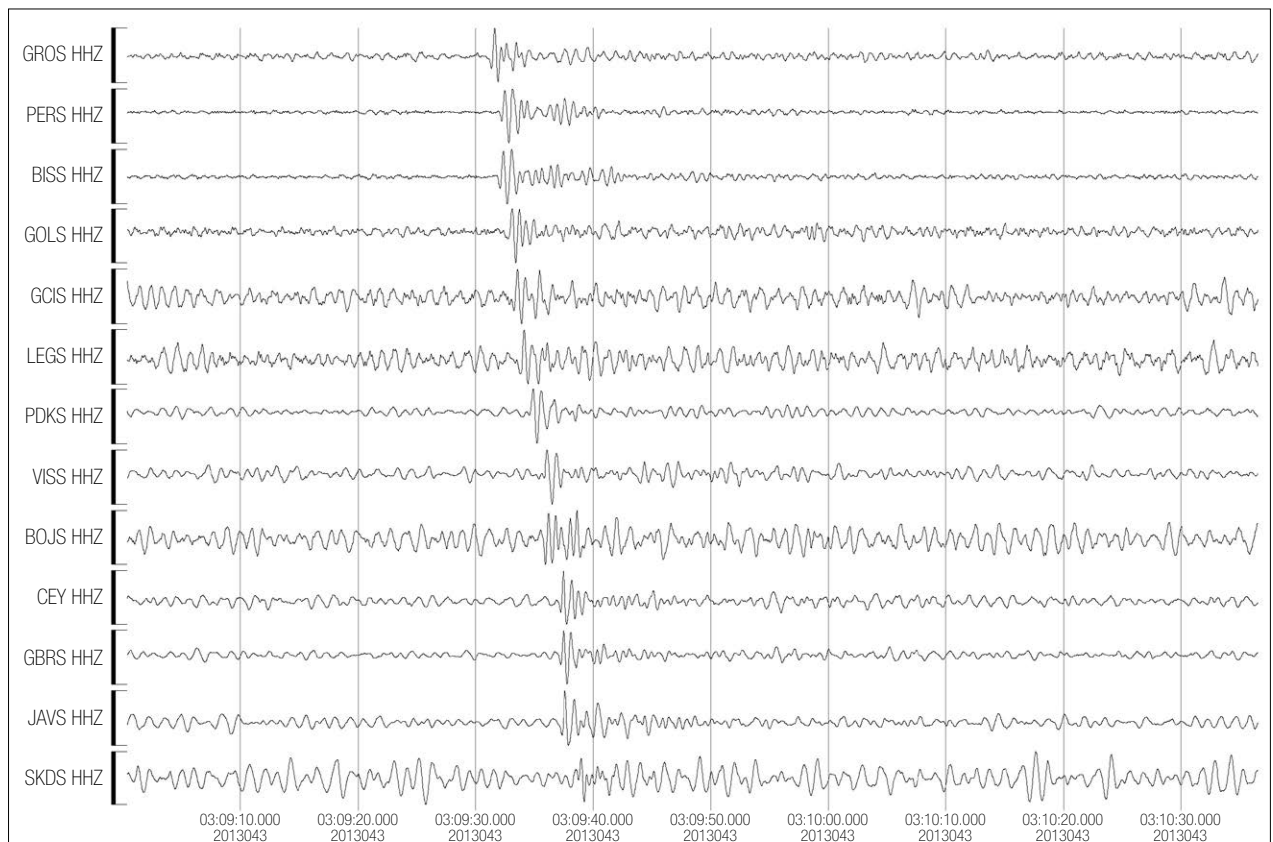
- zaznati tak poskus in o njem čim prej obvestiti svetovno javnost;
- nedvoumno dokazati, da je šlo za umetno povzročeno eksplozijo in ne za naravni potres;
- na podlagi magnitude »potresa« oceniti moč eksplozije;
- čim bolj natančno določiti lokacijo eksplozije in njeno globino.

Vsi trije severnokorejski podzemni jedrski poskusi so pokazali, da je CTBTO zelo učinkovita pri njihovem zaznavanju in je lahko v manj kot dveh urah po vsaki eksploziji obvestila svetovno javnost in z veliko verjetnostjo potrdila, da gre za jedrski poskus in ne za morebiten naravni potres. Na ožjem območju izvajanja poskusov sicer iz preteklosti ni znanih močnih potresov. Ker pa je Korejski polotok blizu meja velikih litosferskih plošč z izrazito seizmičnostjo, pojava potresov z magnitudo do 5,5 tu ne moremo izključiti.

Primerjava zapisov treh poskusnih eksplozij na 372 km oddaljeni potresni opazovalnici MDJ na Kitajskem lepo

pokaže, da so vse tri nastale praktično na isti lokaciji, največ 400 metrov narazen. Seizmološki zapis na navpični komponenti pokaže, da je do potresne opazovalnice prvo prispelo najhitrejšo longitudinalno valovanje (Pn faza), približno 7 sekund pozneje transversalno valovanje (Sn faza), sledi razmeroma šibka Lg faza (predvsem Lovejevo valovanje) in nazadnje Rayleighjevo valovanje s periodo med 3 in 5 sekundami ter fazno hitrostjo okoli 3 km/s. Pri najšibkejši eksploziji iz leta 2006 je razmerje med signalom in šumom razumljivo najslabše, med eksplozijama v letih 2009 in 2013 pa ni take razlike. Največje navpične amplitude nihanja tal na opazovalnici MDJ so znašale 1,2 leta 2006, 6,8 leta 2009 in 15,3 mikrometre leta 2013. Zadnji jedrski poskus iz leta 2013 so zaznale potresne opazovalnice, razporejene po vsem svetu tudi v Sloveniji. Do Ljubljane, ki je vzdolž površja Zemlje oddaljena 8360 km, je potresno valovanje potovalo 11 minut in 43 sekund. Na sliki je prikazano nihanje tal zaradi te eksplozije na trinajstih opazovalnicah državne mreže potresnih opazovalnic v Sloveniji.

Razlikovanje med naravnim potresom in podzemnim jedrskim poskusom na podlagi analize seizmičnih zapisov temelji predvsem na dejstvu, da je eksplozija v primerjavi z naravnim potresom zelo neučinkovit vir transversalnega (S) valovanja. Zato se pri tako imeno-



Slika 6: Zapis severnokorejskega podzemnega jedrskega poskusa na trinajstih opazovalnicah državne mreže potresnih opazovalnic v Sloveniji. Potresni valovi so potovali do Slovenije 11 minut in 40–45 sekund. Razdalja vzdolž površja Zemlje do Ljubljane je 8360 km.

Figure 6: Seismograms of North Korea's underground nuclear test recorded by Slovenian seismological network. The travel time of seismic waves was 11 minutes and 40–45 seconds. The distance along the Earth's surface to Ljubljana is 8360 km.

vanih regionalnih seizmoloških fazah pri oddaljenosti potresne opazovalnice od nadžarišča, večji kot 1,5 ločne stopinje ali 160 km, spektralna razmerja med longitudinalnim (P) in transverzalnim (S) valovanjem znatno razlikujejo. Poti seizmičnega valovanja za glavne regionalne seizmološke faze so prikazane na prerezu Zemljine skorje in vrhnjega dela plašča. Uporabljajo se predvsem razmerja  $P_g/L_g$ ,  $P_n/L_g$  in  $P_n/S_n$ . Pri analizi so uporabili vse razpoložljive zapise na bližnjih potresnih opazovalnicah. Povprečne krivulje spektralnih razmerij za vse tri podzemne jedrske eksplozije in tri različne pare faz (rdeče krivulje na sliki) se znatno razlikujejo od štirih krivulj (črne barve), ki ustrezajo naravnim potresom, ki so nastali na podobni nadžariščni oddaljenosti. Pri rdečih krivuljah je spektralno razmerje skoraj prek celotnega spektra (3–15 Hz) večje od nič v primerjavi s črnimi krivuljami, pri katerih je manjše od nič. To je najbolj zanesljiv znanstven dokaz, da je šlo za tri jedrske poskusne eksplozije in ne za naravne potrese.

Oceniti moč eksplozije (TNT-ekvivalent) na podlagi magnitude »potresa« ni preprosto, saj niso znane številne okoliščine njegove izvedbe od geoloških razmer, globine, tehnične izvedbe in podobnega, zato so različni raziskovalci in organizacije posredovali zelo različne vrednosti. Po najmočnejšem poskusu leta 2013 so nekateri prevrednotili (dvignili) tudi ocene moči za prejšnja dva in posredovali za poskus leta 2006 vrednost 1 kilotona in za tistega leta 2009 vrednost do 5 kiloton TNT. Kljub temu prevladujejo precej nižje ocene na podlagi izračunane magnitude: 0,5 kilotona TNT (2006), 2,4 kilotona TNT (2009) in od 6 do 7 kiloton TNT (2013). Pri primerjanju magnitude in moči, izražene v TNT-ekvivalentu, moramo sicer upoštevati, da povečanju magnitude za ena ustreza približno 27,5-kratno povečanje sproščene energije, vendar sproščena energija ni nujno neposredno povezana z ekvivalentom TNT. Za primerjavo: atomski bombi, ki so ju ob koncu druge svetovne vojne odvrgli na Japonsko, sta imeli moč 16 kiloton TNT (Hirošima) in 21 kiloton TNT (Nagasaki).

## Sklepne misli

Po dolgem obdobju hladne vojne je večina članic Združenih narodov leta 1996 podpisala sporazum o prepovedi opravljanja jedrskih poskusov. Mednarodna skupnost nadzira spoštovanje prepovedi z monitoringom organizacije CTBTO, ki temelji predvsem na seizmološkem opazovanju. Ko je že kazalo, da s spoštovanjem sporazuma ne bo večjih težav, se je pojavila nova jedrska država, Severna Koreja, ki je v letih 2006, 2009

in 2013 izvedla tri podzemne jedrske eksplozije. Seizmološki sistem opazovanja CTBTO se je ob teh eksplozijah izkazal za zelo učinkovitega in je omogočil, da so v manj kot dveh urah po vsakem dogodku o njem obvestili svetovno javnost. Razlikovanje poskusne eksplozije od naravnega potresa ni povsem preprosto in zahteva poglobljeno seizmološko analizo zbranih podatkov. Tudi podatek o moči posamezne eksplozije, ki je najbolj pomemben, v celoti temelji na izračunani magnitudi nastalega »potresa«, saj kršitelj sporazuma točnega podatka nikoli ne izda. Vse to omogoča mednarodni skupnosti, da izdelava oceno, koliko je država, ki razvija jedrsko orožje, pri tem napredovala.

## Viri in literatura

1. Carluccio, R., Giuntini A., Materni, V., Chiappini S., Bignami C., D'Ajello Caracciolo F., Pignatelli A., Stramondo S., Console R., Chiappini M., 2014. A multidisciplinary study of the DPRK nuclear tests. *Pure and Applied Geophysics*, 171/3–5, 341–359.
2. Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty (CTBTO), 1996. Organizacija Združenih Narodov.
3. Partial Nuclear Test Ban Treaty (PNTBT), 1962. Organizacija Združenih Narodov.
4. Richards, P. G., 2002. Seismological methods of monitoring compliance with Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty. V: Lee, W. H. K., Kanamori, H., Jennings, P. C., Kisslinger, C.: *International Handbook of Earthquake & Engineering Seismology*, 369–382.
5. Storchak, D. A., Schweitzer, J., Bormann, P., 2003. The IASPEI standard seismic phase list. *Seismological Research Letters*, 74/6, 761–772.
6. USGS, 2013. Poster of the North Korea Nuclear Explosion of 12 February 2013 – Magnitude 5.1. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/poster/2013/20130212.php>.
7. Zhang, M., Wen, L., 2013. High-precision location and yield of North Korea's 2013 nuclear test. *Geophysical Research Letters*, 40, 2941–2946.
8. Zhao, L. F., Xie, X. B., Wang, W. M., Yao, Z. X., 2014. The 12 February 2013 North Korean underground nuclear test. *Seismological Research Letters*, 85/1, 130–134.
9. Wikipedia, 2013. 2013 North Korean nuclear test. [http://en.wikipedia.org/wiki/2013\\_North\\_Korean\\_nuclear\\_test](http://en.wikipedia.org/wiki/2013_North_Korean_nuclear_test).
10. Wikipedia, 2014. Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty Organization Preparatory Commission. <http://en.wikipedia.org/wiki/CTBTO>.