

The January 6, 2016 underground nuclear test carried out by North Korea

Észak Korea 2016 január 6-i földalatti atomrobbantása

István Bondár, Bálint Süle and Csenge Czanik

Hungarian Academy of Sciences
Research Centre for Astronomy and Earth Sciences
Geodetic and Geophysical Institute
Kövesligethy Radó Seismological Observatory

Magyar Tudományos Akadémia
Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont
Geodéziai és Geofizikai Intézet
Kövesligethy Radó Szeizmológiai Obszervatórium



Technical Report, MTA CSFK GGI KRSZÖ 2016/1

2016 January 15

North Korea has claimed to have successfully tested a hydrogen bomb at its test site, Punggye-ri on 2016-01-06 01:30:01 UTC. Seismic records confirm that an underground nuclear explosion indeed took place, but the claim that it was a thermonuclear bomb is disputed by experts. The difference between a fission (atomic) and a thermonuclear (hydrogen) weapon is that the latter uses a fission reaction to ignite the hydrogen fusion reaction. Hence, the much larger yield of a thermonuclear device would produce a larger magnitude event than a fission device.

Figure 1 shows the underground nuclear tests carried out by North Korea so far. These are summarized in the table below.

Origin time Kipattanási idő	Latitude Szélesség	Longitude Hosszúság	mb	MS	Yield Töltet	Author Forrás
2006-10-09 01:35:27	41.2867	129.0902	4.1	2.9	1 kT	IASPEI ¹
2009-05-25 00:54:45	41.2925	129.0657	4.8	3.9	4 kT	IASPEI ¹
2013-02-12 02:57:51	41.3143	129.0933	5.1	4.0	7 kT	ISC ²
2016-01-06 01:30:01	41.308	129.049	5.1	4.0	5-8 kT	USGS ³

¹ IASPEI Reference Event List (Bondár and McLaughlin, 2009; Bennett et al., 2010).

² International Seismological Centre, *On-line Bulletin*, <http://www.isc.ac.uk>, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2016.

³ US Geological Survey National Earthquake Information Center

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/poster/2016/20160106.php>

The seismological stations belonging to the Hungarian National Seismological Network (Fig. 2) have recorded not only the 2016-01-06 underground nuclear test, but also the previous tests by North Korea that were conducted in 2006-10-09, 2009-05-25 and 2013-02-12.

Figures 3-6 show the ground displacements recorded at the Hungarian stations for the 2006-10-09, 2009-05-25, 2013-02-12 and the 2016-01-06 underground nuclear tests. The waveforms are bandpass filtered between 1 and 5Hz and ordered by the distance from the source. The closest station, Tarpa (TRPA) is at 69.9° (7,750 km) and Kövágótöttös (KOVH) is at 73.5° (8,150 km) away from the Punggye-ri test site. Note that the signals from the 2006-10-09 are obscured by the background noise at the Hungarian stations.

Assuming that the source mechanisms of the four underground tests are similar, thus they will produce similar signals that only differ in amplitudes, we can perform waveform cross-correlation to detect the smaller events embedded in noise using the signal of a larger event with higher signal-to-noise ratio. This is illustrated in Figure 7. The signal recorded at Mórág (MORH; PKSM until 2012) from the 2016-01-06 event (top) is slided over a longer window that presumably contains the signal of the 2009-05-25 event (middle). The cross-correlation between the waveforms at each relative window position is calculated to produce the cross-correlation trace (bottom). The clear peak in the correlation trace represents the detection of the smaller event in the noisy waveform. Figure 8 shows the waveform cross-correlation between the 2016-01-06 event (top) and the 2006-10-09 event (middle) at Mórág. In this case the correlation trace

(bottom) shows no indication of the presence of the template signal in the target window. We conclude that the 2006-10-09 test did not produce large enough signals to be detected at the Hungarian National Seismological Network.

Figures 9-12 show the signals from the 2009-05-25, 2013-02-12 and the 2016-01-06 underground nuclear explosions recorded at Tarpa, Piszkéstető, Mórág and Sopron. The waveforms are shifted by the differential time obtained from the waveform cross-correlation between the traces using the 2016-01-06 event as template. This optimally aligns the waveforms on the first-arriving P phase. The bottom figures show the waveforms plotted in the same frame. The remarkable similarity between the waveforms of the three underground tests suggests that the source mechanisms must have been very similar, casting further doubt on the claim that the 2016-01-06 was a hydrogen bomb explosion.

References

Bennett, T.J., V. Oancea, B.W. Barker, Y-L. Kung, M. Bahavar, B.C. Kohl, J.R. Murphy and I.K. Bondár, The Nuclear Explosion Database (NEDB): A new database and web site for accessing nuclear explosion source information and waveforms, *Seism. Res. Let.*, **81**, 12-25, 2010.

Bondár, I. and K. McLaughlin, A new ground truth data set for seismic studies, *Seism. Res. Let.*, **80**, 465-472, 2009.



Észak-Korea hivatalosan bejelentette, hogy sikeres hidrogénbomba-robbantást hajtott végre 2016-01-06 01:30:01 UTC szerint a Punggye-ri kísérleti telepen. A szeizmikus felvételek igazolják, hogy valóban történt egy földalatti atomrobbantás, de a szakértők szerint kétséges, hogy ez hidrogénbomba lett volna. A különbség a fissziós (atom) és a termonukleáris (hidrogén) bomba között az, hogy az utóbbi fissziós láncreakciót használ a hidrogénfúzió beindításához. Emiatt egy termonukleáris eszköz jóval nagyobb energiafelszabadítása nagyobb magnitúdójú eseményt okozna, mint egy fissziós bomba.

Az 1. ábra az Észak-Korea által végrehajtott földalatti atomrobbantások helyét mutatja, amelyeket az alábbi táblázatban sorolunk fel.

Origin time Kipattanási idő	Latitude Szélesség	Longitude Hosszúság	mb	MS	Yield Töltet	Author Forrás
2006-10-09 01:35:27	41.2867	129.0902	4.1	2.9	1 kT	IASPEI ¹
2009-05-25 00:54:45	41.2925	129.0657	4.8	3.9	4 kT	IASPEI ¹
2013-02-12 02:57:51	41.3143	129.0933	5.1	4.0	7 kT	ISC ²
2016-01-06 01:30:01	41.308	129.049	5.1	4.0	5-8 kT	USGS ³

¹ IASPEI Reference Event List (Bondár and McLaughlin, 2009; Bennett et al., 2010).

² International Seismological Centre, *On-line Bulletin*, <http://www.isc.ac.uk>, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2016.

³ US Geological Survey National Earthquake Information Center

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/poster/2016/20160106.php>

A Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózat állomásai (2. ábra) nemcsak a 2016-01-06 földalatti atomrobbantást, hanem Észak-Korea többi nukleáris tesztjét, 2006-10-09, 2009-05-25 és 2013-02-12, is regisztrálták.

A 3-6. ábrák a 2006-10-09, 2009-05-25, 2013-02-12 és a 2016-01-06 földalatti atomrobbantások során mért talajelmozdulásokat mutatják a magyar állomásokon. A hullámformákat az 1-5 Hz tartományban szűrtük, és a forrástól számított távolság alapján rendeztük. A legközelebbi állomás Tarpa (TRPA) 69.9° (7,750 km), a legtávolabbi pedig Kővágótöttös (KOVH) 73.5° (8,150 km) távolságra van a Punggye-ri kísérleti teleptől. A legkisebb teszt, 2006-10-09 által keltett jeleket elnyomja a háttérzaj.

Feltételezhetjük, hogy a négy atomrobbantás forrásmechanizmusa hasonló, ezért hasonló, csak amplitúdóban különböző jeleket generálnak. Így a kisebb, ezáltal zajosabb események detektálására hullámforma keresztkorrelációt végezhetünk a nagyobb, jobb zel/zaj arányú robbantások jeleit mintaként használva. Ezt a 7. ábra szemlélteti. A 2016-01-06 robbantás Mórágyon (MORH, PKSM 2012 előtt) regisztrált jelét (felső ábra) végigfuttatjuk azon a hosszabb időablakon ami feltehetően tartalmazza a kisebb, 2009-05-25 esemény által generált jelet (középső ábra). Az egymáson elcsúszó két időablak minden egyes relatív pozíciójánál kiszámítjuk a korrelációs együttható értékét, ami a keresztkorrelációs csatornát eredményezi (alsó ábra). Az egyértelműen kimagasló csúcs a korrelációs csatornán azt jelzi, hogy sikeresen detektáltuk a

kisebb esemény jelét a zajos felvételen. A 8. ábra a 2016-01-06 esemény (felső ábra) és a 2006-10-09 robbantás (középső ábra) regisztrátumait mutatja Mórágon. Ebben az esetben a korrelációs csatorna (alsó ábra) nem utal a kisebb esemény jelének jelenlétére a zajos felvételen, emiatt arra következtetünk, hogy a 2006-10-09 nukleáris teszt nem produkált elég nagy jelet ahhoz, hogy detektálni lehessen a Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózat állomásain.

A 9-12. ábrák a 2009-05-25, 2013-02-12 és a 2016-01-06 földalatti atomrobbantások Tarpán, Piszkéstetőn, Mórágon és Sopronban regisztrált jeleit mutatja. A hullámformákat a 2016-01-06 esemény keresztkorrelációjából nyert időkülönbségekkel toltuk el; ez optimálisan fedésbe hozza a hullámformákon az első P beérkezéseket. Az alsó ábrákon a hullámformákat egymásra rajzoltuk. A jelek közti szembeötlő hasonlóság arra utal, hogy a három földalatti atomrobbantás forrásmechanizmusa nagyon hasonló kellett, hogy legyen, ami további kétségeket támaszt arra vonatkozóan, hogy a 2016-01-06 atomkísérlet hidrogénbomba lett volna.

Hivatkozások

Bennett, T.J., V. Oancea, B.W. Barker, Y-L. Kung, M. Bahavar, B.C. Kohl, J.R. Murphy and I.K. Bondár, The Nuclear Explosion Database (NEDB): A new database and web site for accessing nuclear explosion source information and waveforms, *Seism. Res. Let.*, **81**, 12-25, 2010.

Bondár, I. and K. McLaughlin, A new ground truth data set for seismic studies, *Seism. Res. Let.*, **80**, 465-472, 2009.



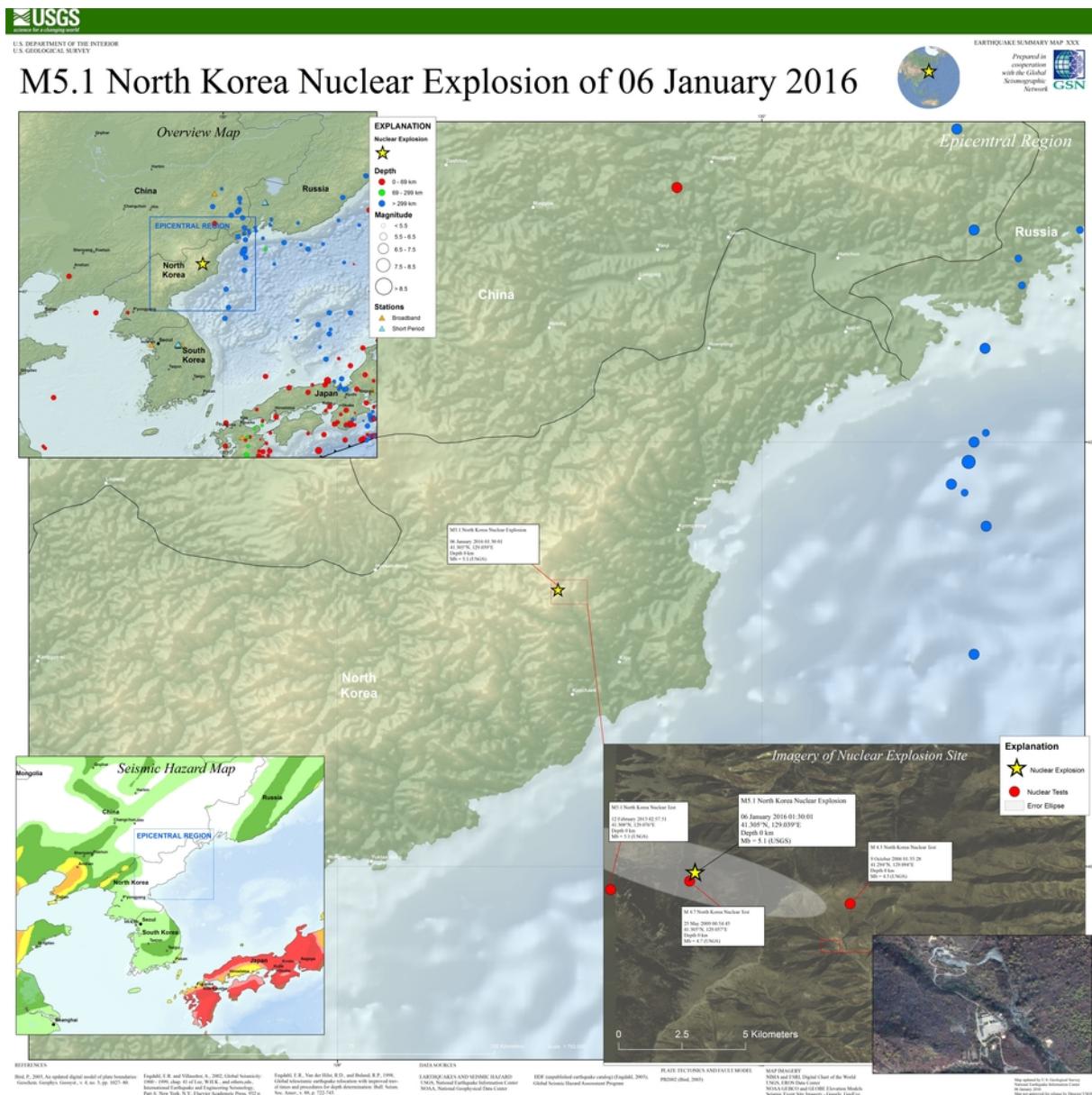


Figure 1. The USGS NEIC event summary poster shows the locations of the underground nuclear tests carried out by North Korea. (<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/poster/2016/20160106.php>)

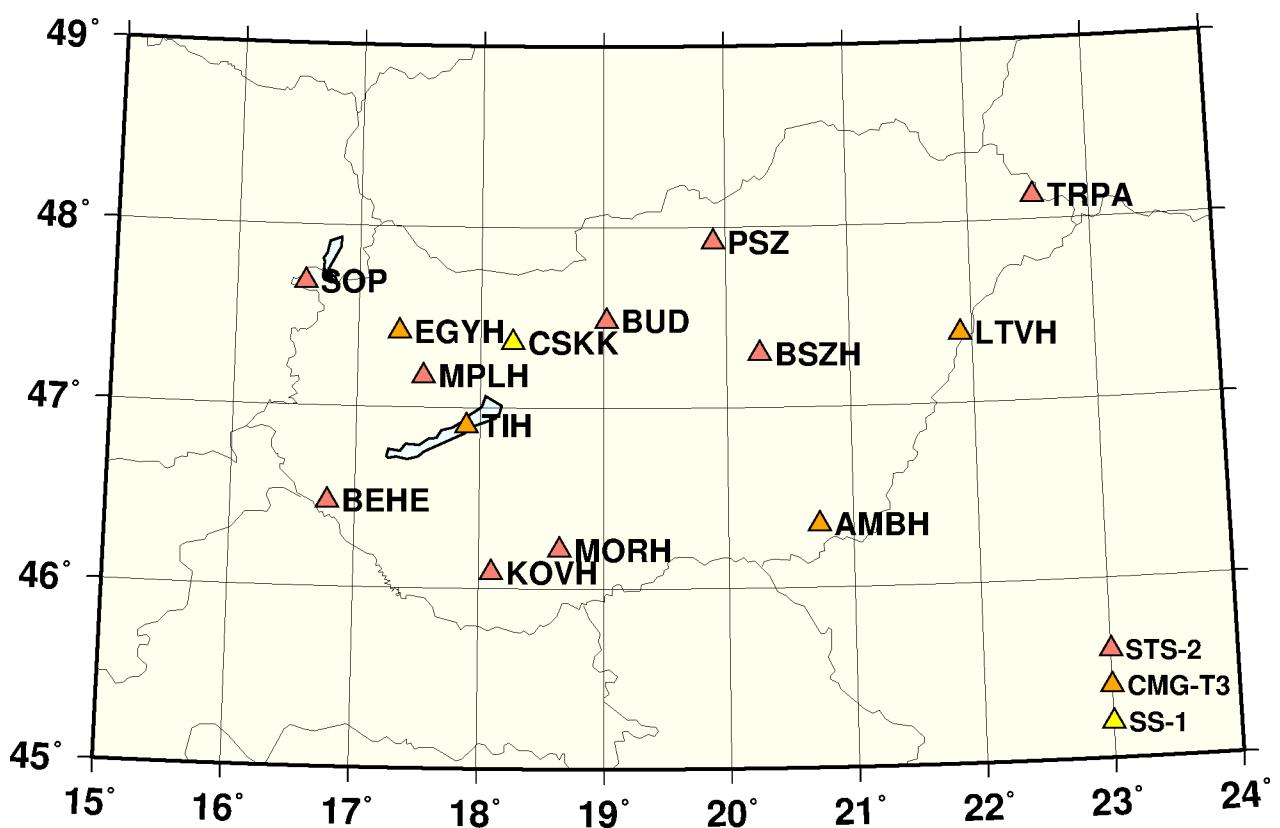


Figure 2. The stations of the Hungarian National Seismological Network.



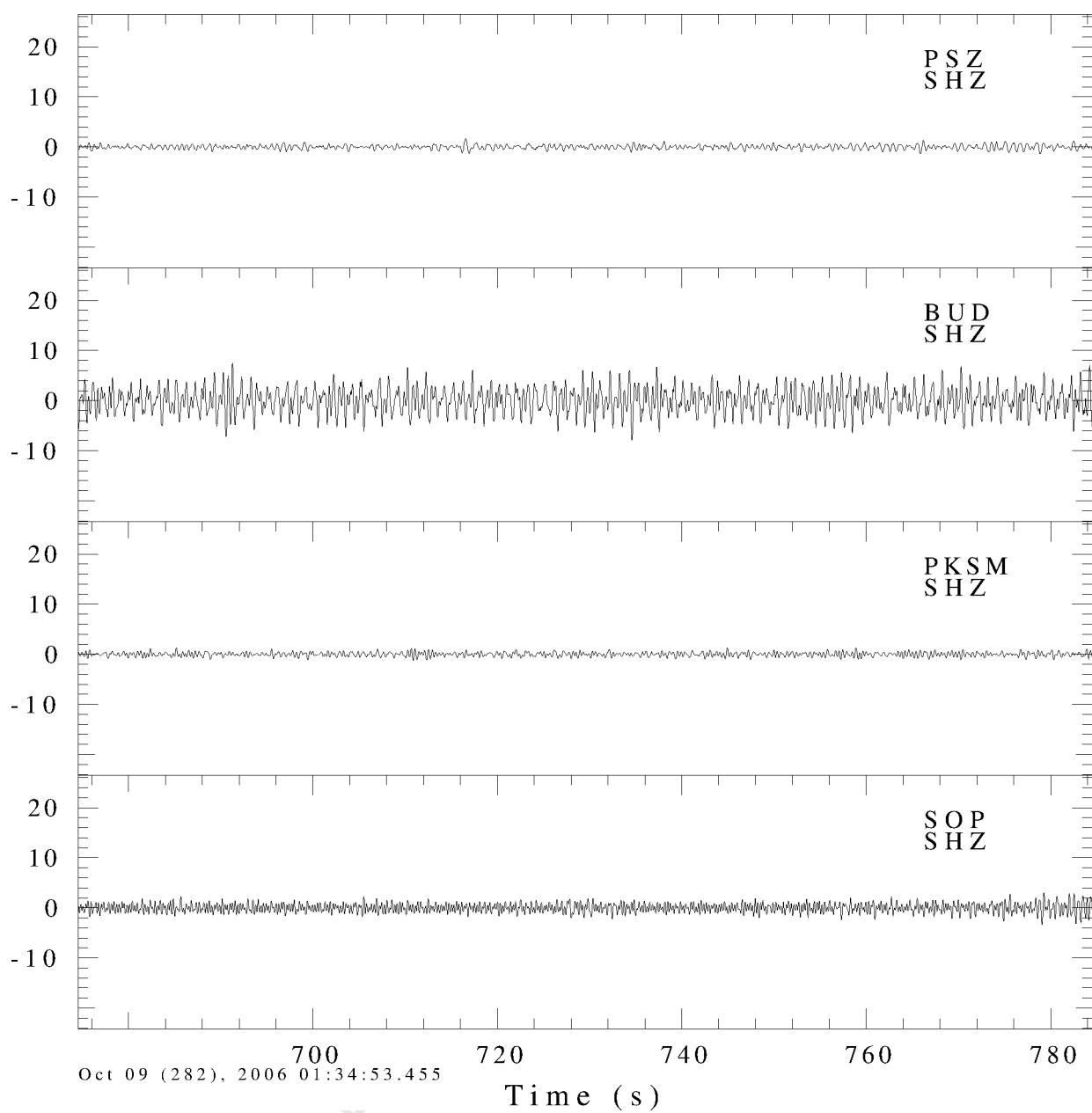


Figure 3. Waveforms in the time window of the expected arrivals from the 2006-10-09 01:35:27 underground nuclear explosion recorded at the stations of the Hungarian National Seismological Network.

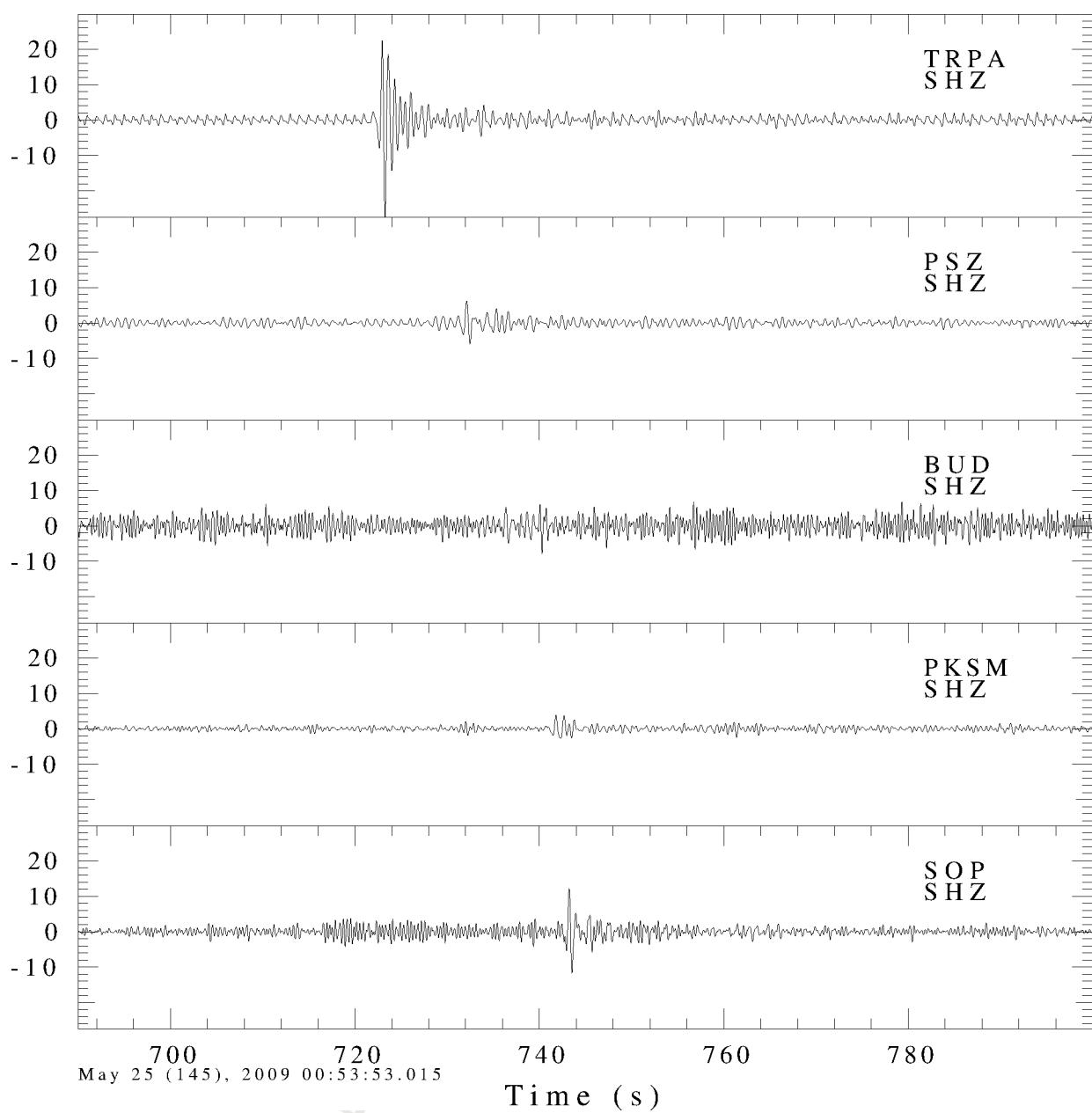


Figure 4. Waveforms in the time window of the expected arrivals from the 2009-05-25 00:54:45 underground nuclear explosion recorded at the stations of the Hungarian National Seismological Network.

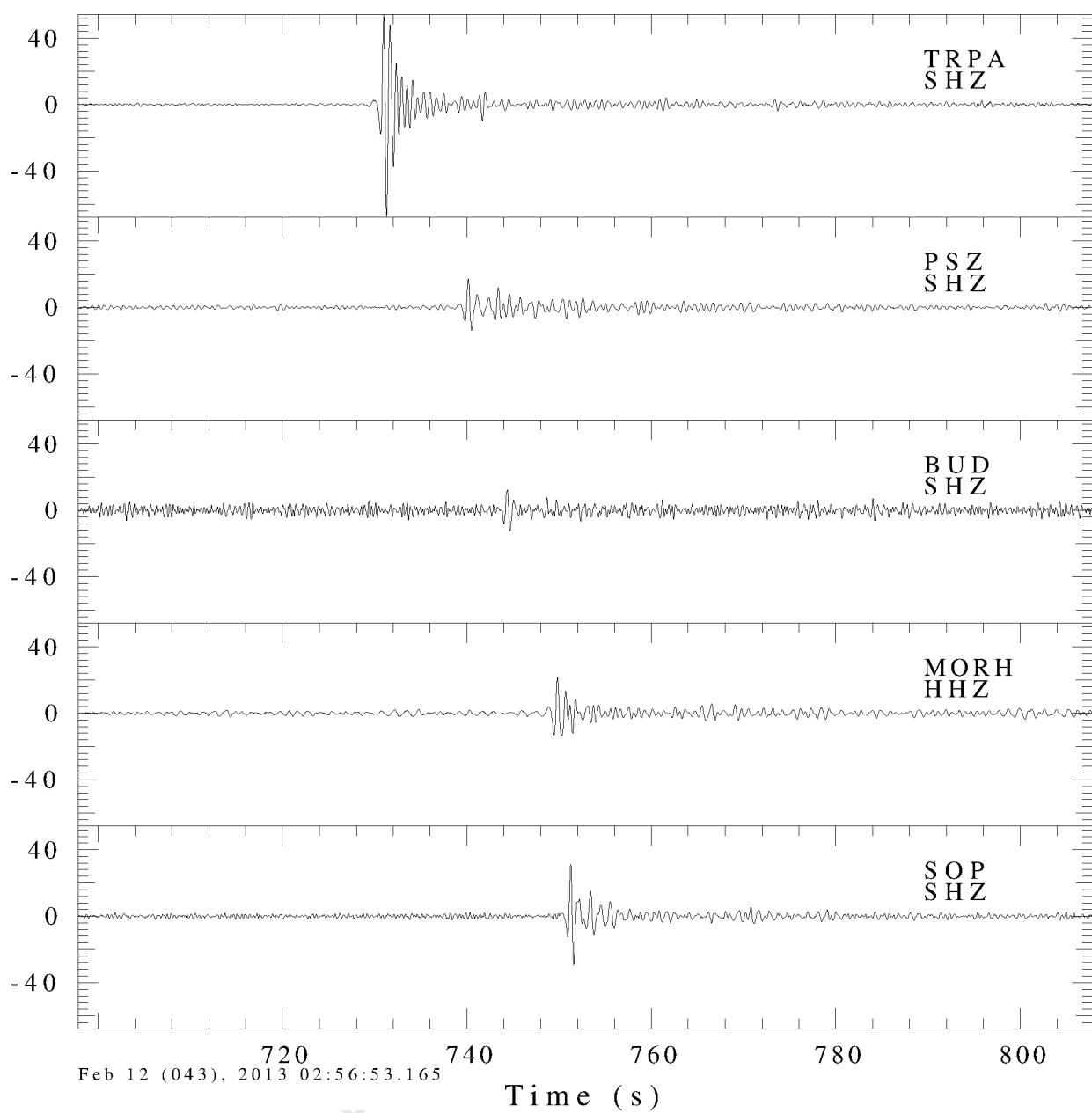


Figure 5. Waveforms in the time window of the expected arrivals from the 2013-02-12 02:57:51 underground nuclear explosion recorded at the stations of the Hungarian National Seismological Network.

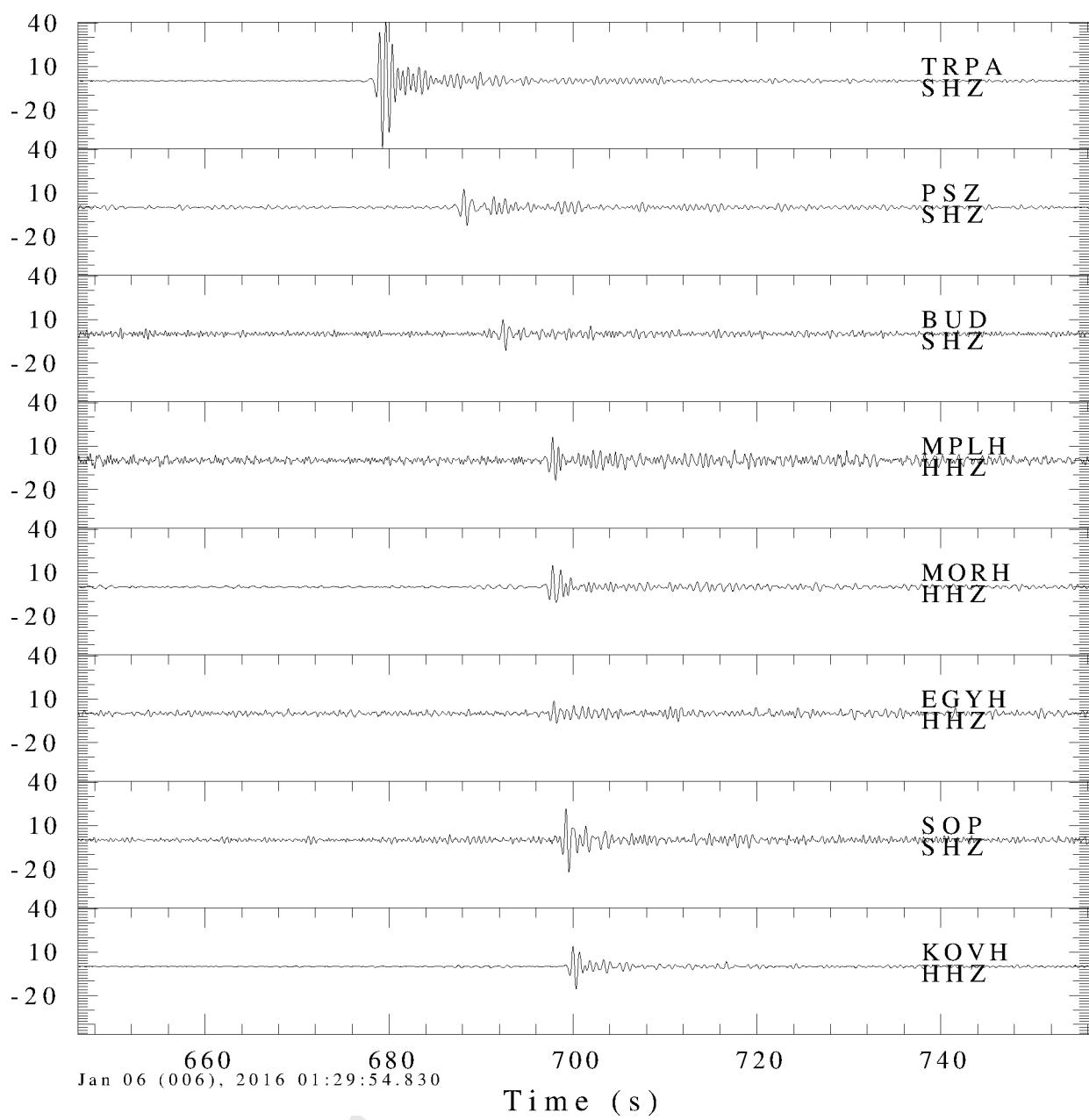


Figure 6. Waveforms in the time window of the expected arrivals from the 2016-01-06 01:30:01 underground nuclear explosion recorded at the stations of the Hungarian National Seismological Network.

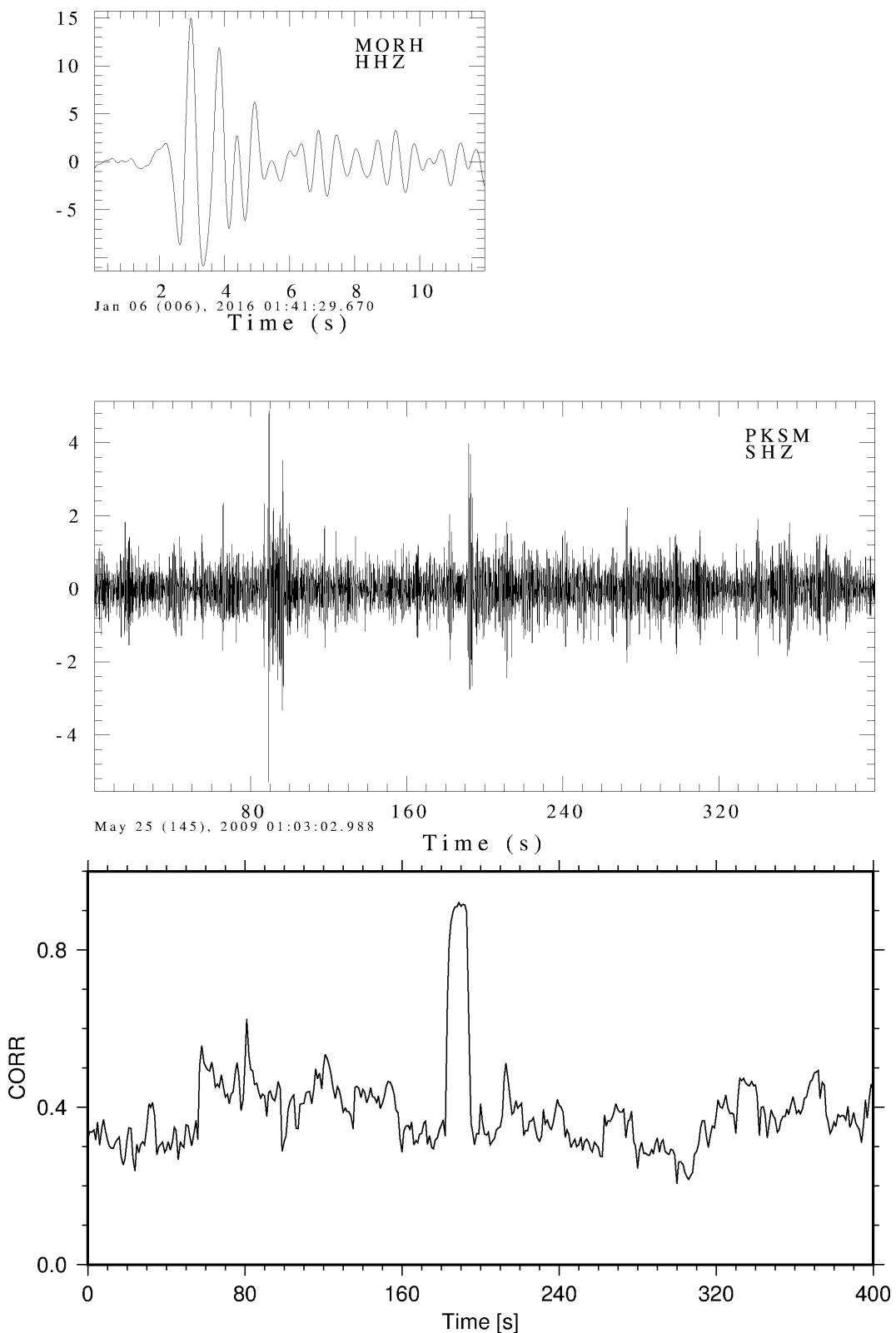


Figure 7. Correlation detection of the 2009-05-25 event using the 2016-01-06 event as template at Mórág. The template window (top) is slided over the target (middle) window and the cross-correlation is calculated at each position (bottom). The peak in the correlation trace shows a clear detection of the template signal in the target waveform.

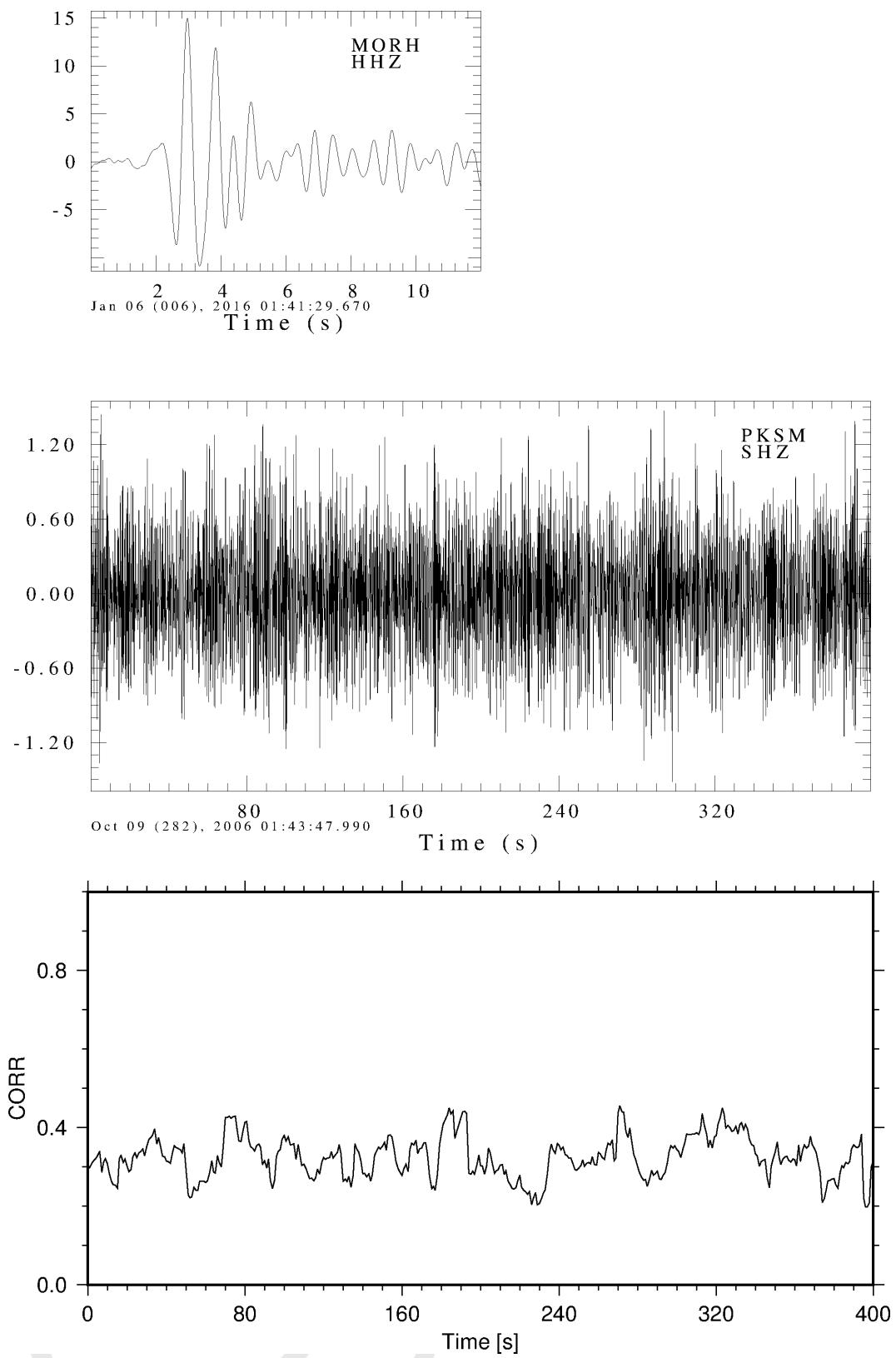


Figure 8. Correlation detection of the 2006-10-09 event using the 2016-01-06 event as template at Mórág. The template window (top) is slided over the target (middle) window and the cross-correlation is calculated at each position (bottom). The correlation trace shows no indication of presence of the template signal in the target waveform.

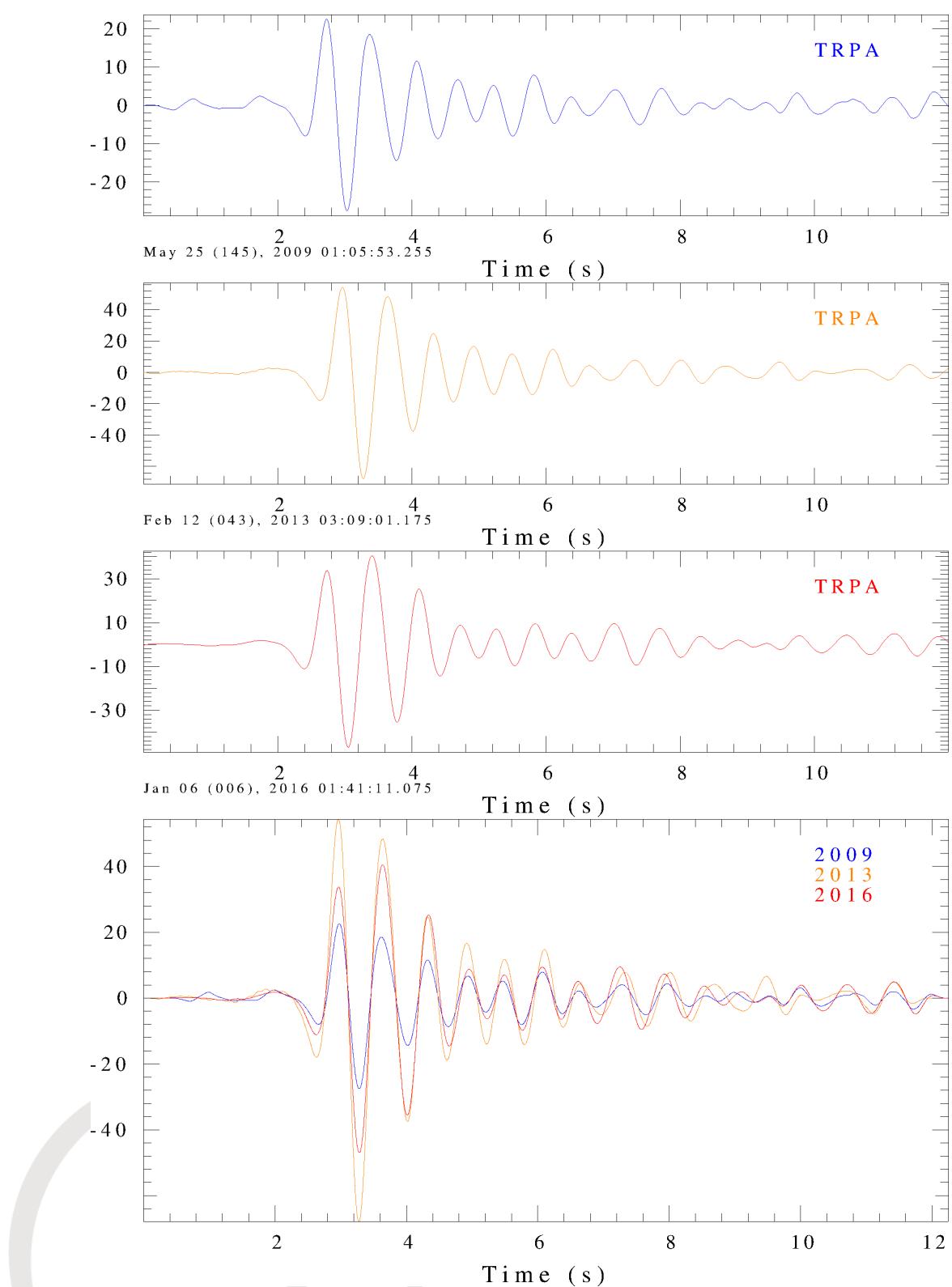


Figure 9. Signals from the 2009-05-25, 2013-02-12 and 2016-01-06 events aligned on the first-arriving P phase at the station Tarpa.

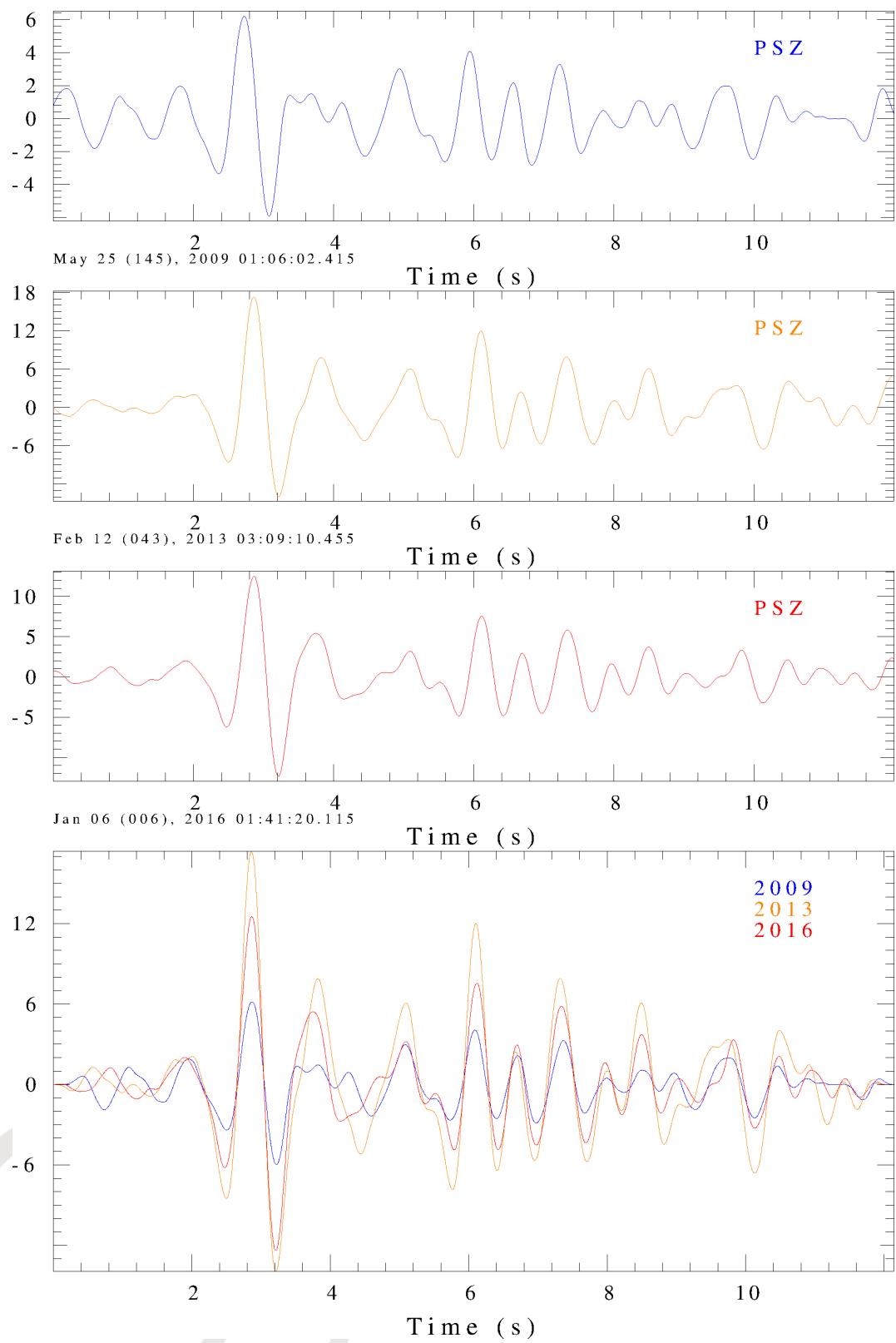


Figure 10. Signals from the 2009-05-25, 2013-02-12 and 2016-01-06 events aligned on the first-arriving P phase at the station Piszkéstető.

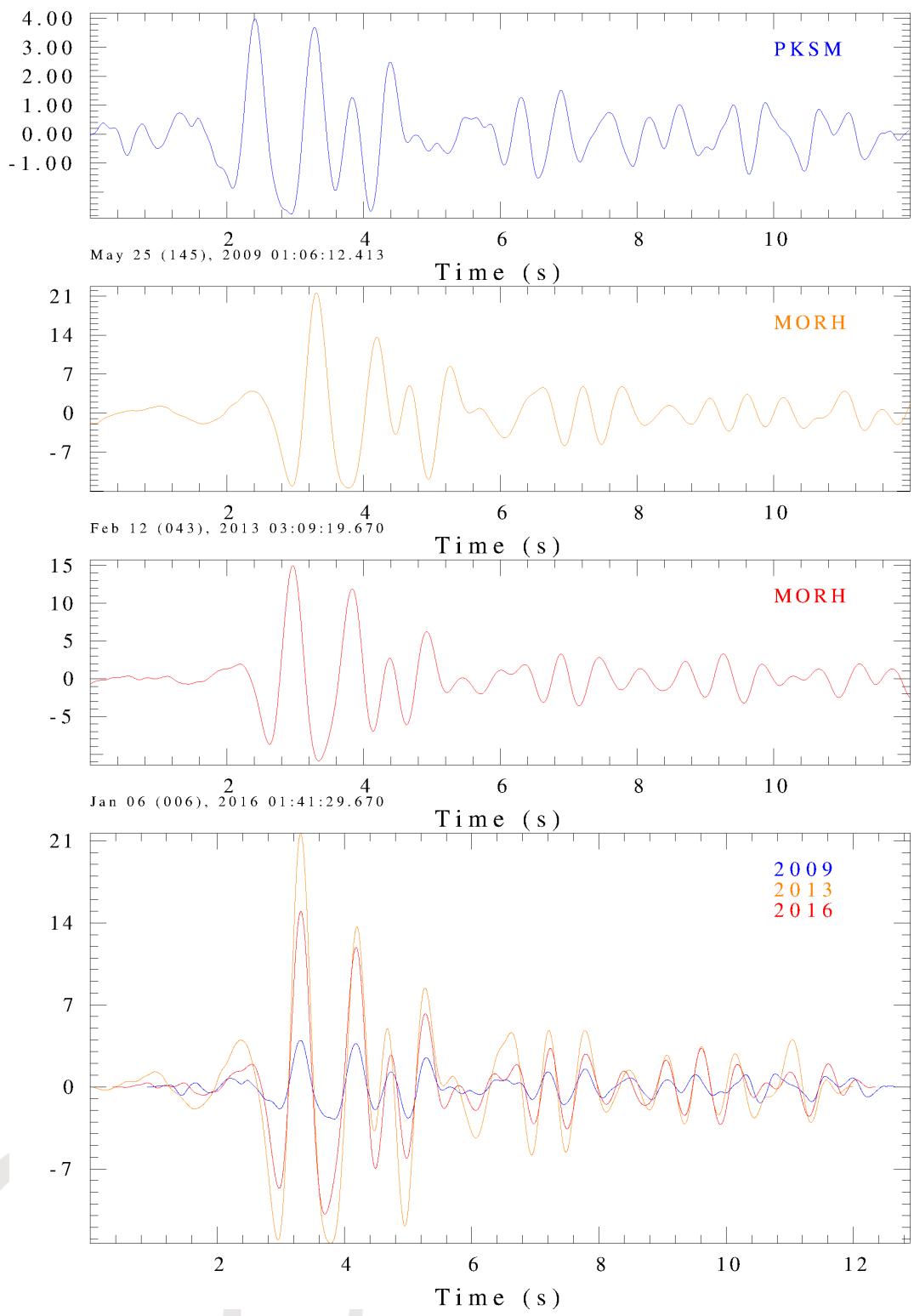


Figure 11. Signals from the 2009-05-25, 2013-02-12 and 2016-01-06 events aligned on the first-arriving P phase at the station Mórágóy.

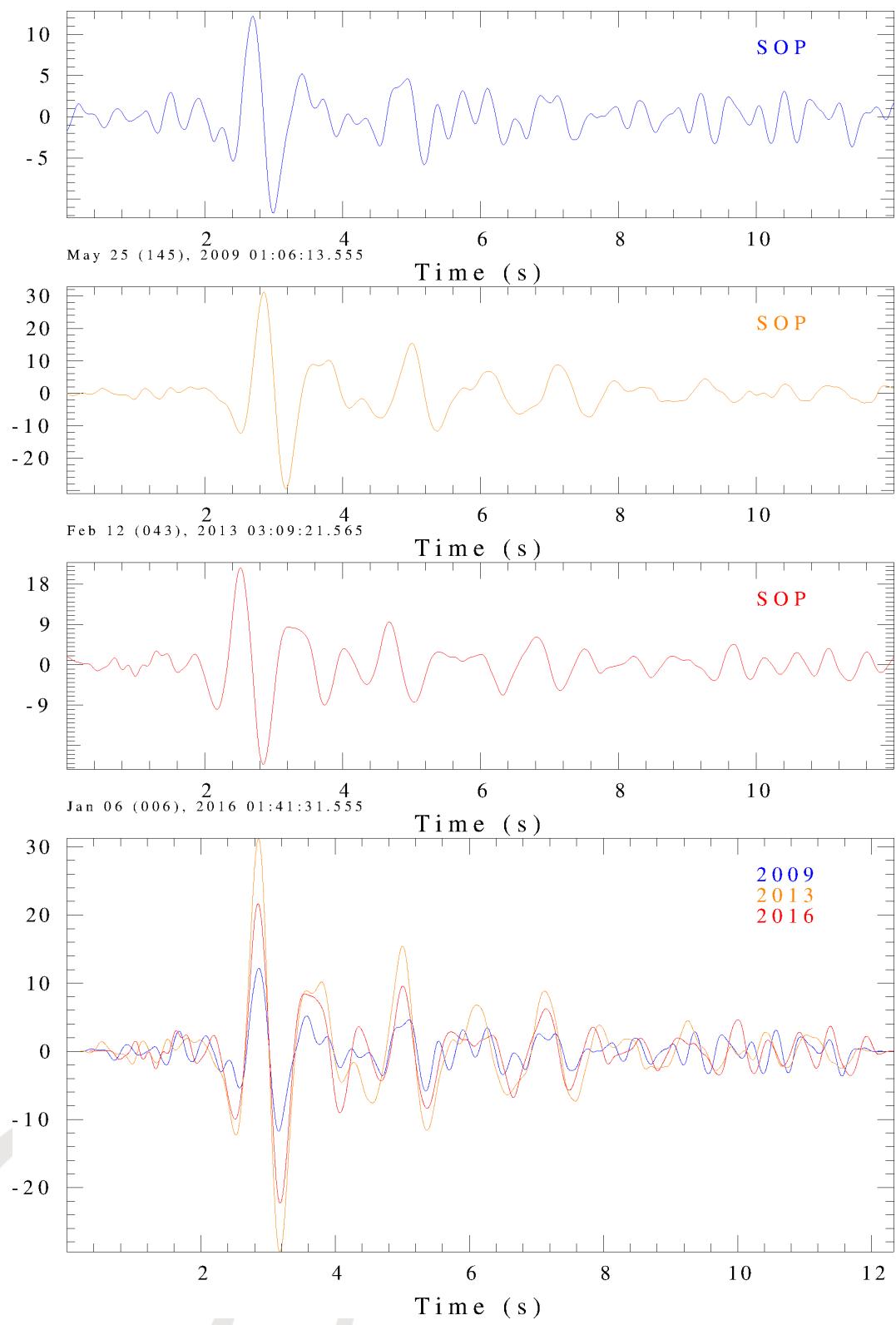


Figure 12. Signals from the 2009-05-25, 2013-02-12 and 2016-01-06 events aligned on the first-arriving P phase at the station Sopron.