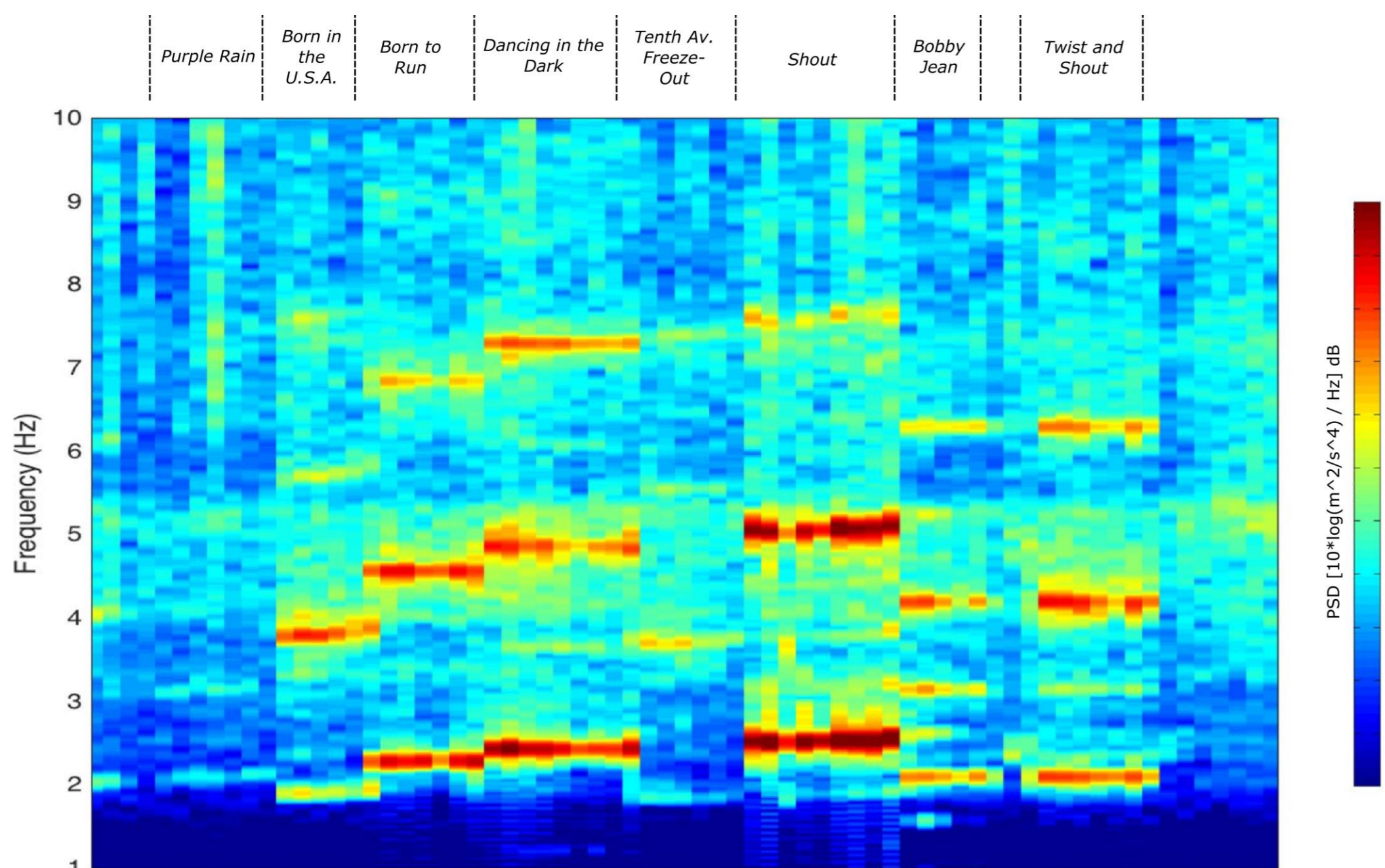


Urbana seizmologija

Urbana seizmologija proučava uzroke vibracija tla u gradovima zabilježene seizmografima. Takve su vibracije, na primjer, uzrokovane prometom (podzemnim i nadzemnim), djelovanjem vjeta i morskih valova, gibanjem velikih masa ljudi na koncertima ili utakmicama, vatrometima, itd. To su visokofrekventni ($f \geq 1$ Hz) seizmički valovi uzrokovani uglavnom ljudskom aktivnošću i ovise o dobu dana: najjači su tijekom radnog dijela dana, a najslabiji tijekom noći i vikenda. Poznavanje frekvencija podrhtavanja izazvanih ljudskim aktivnostima (npr. ples na koncertu) bitno je i za izgradnju građevina kako bi se izbjegla rezonancija.

Koncert

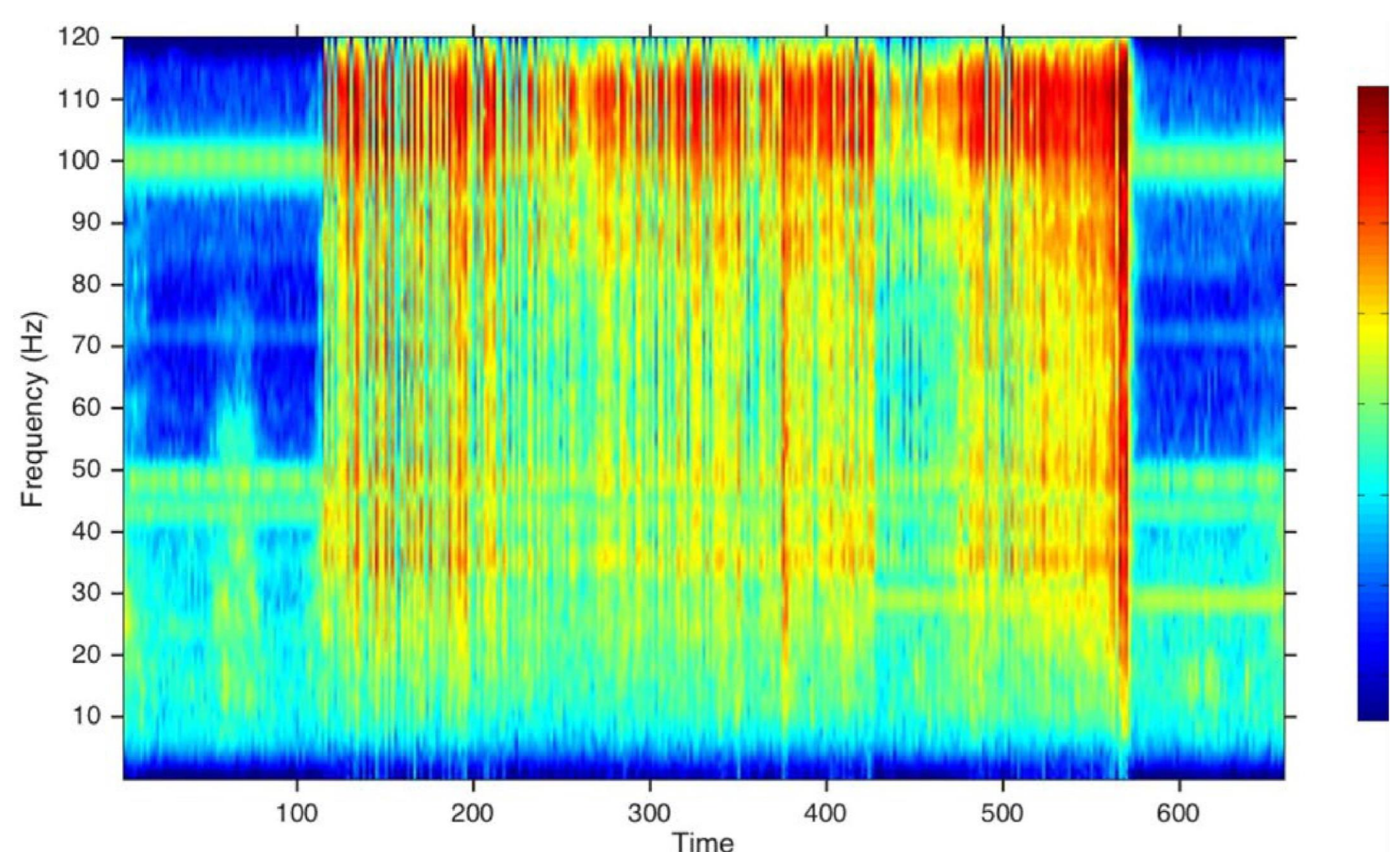
Bruce Springsteen & E Street Band održali su trosatni koncert 14. svibnja 2016. god. za 65000 ljudi na stadionu *Camp Nou*, 500 m od seizmološke postaje instituta ICTJA-CSIC (Diaz i sur., 2017). Aktivnost mnogobrojne publike tijekom koncerta stvorilo je seizmičke valove vidljive na svim komponentama seizmograma (vertikalnoj i horizontalnim). Amplitude su bile najveće u horizontalnoj ravnini, a ovisile su o pjesmi. Sinkronizirano skakanje i plesanje publike u ritmu pjesme može se opisati potresima koji se ponavljaju u pravilnim razmacima. Većina seizmičke energije koncentrirana je oko osnovnog moda i prvog harmonika (1.8 – 2.3 Hz).



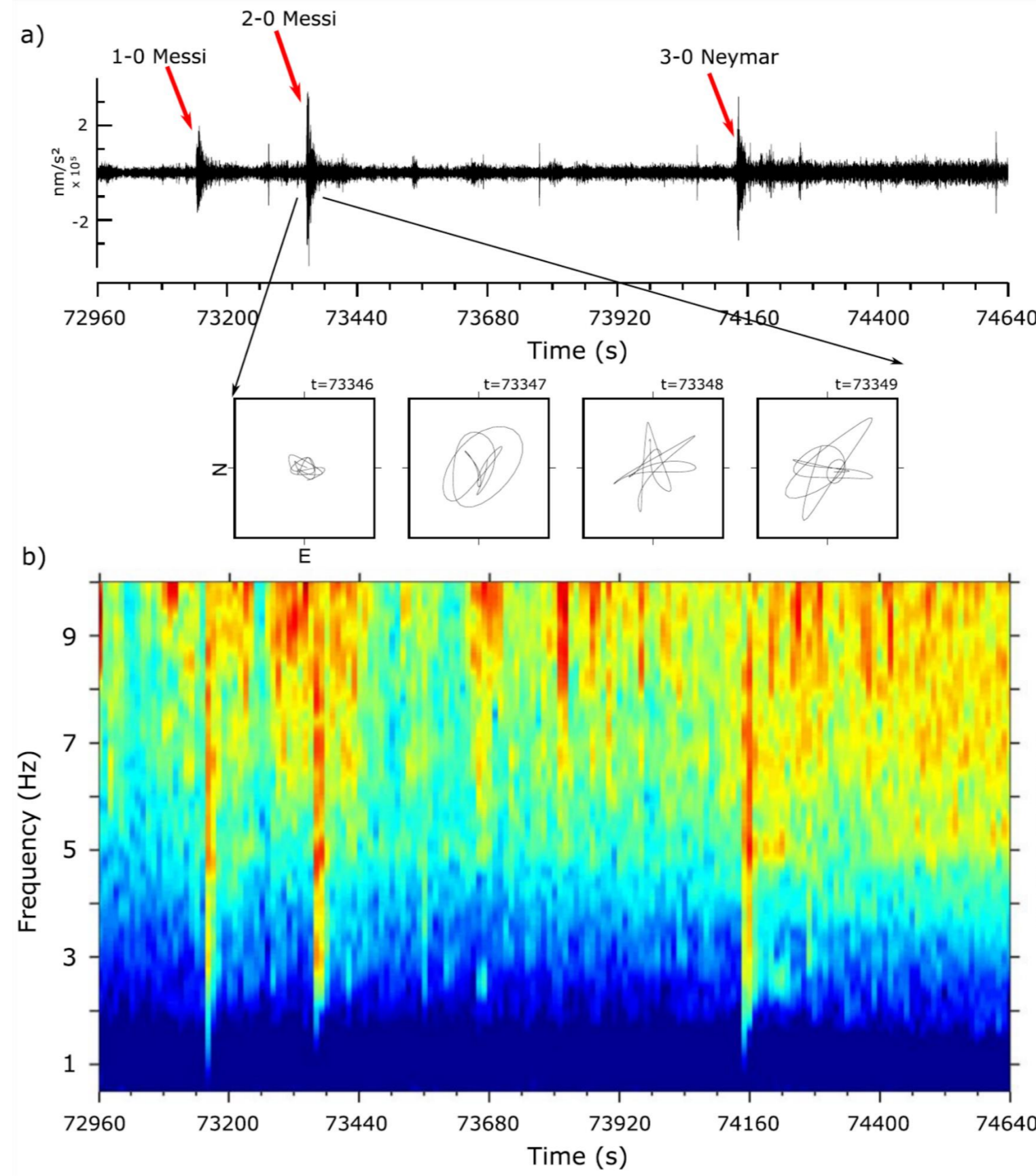
GORE: Spektrogram komponente N-S ubrzanja tla (Diaz i sur., 2017). Svaka pjesma pokazuje vibracije određene jačine na specifičnim frekvencijama.

Vatromet

Energija vibracija tla uzrokovanih vatrometom raspoređena je u širokom spektru frekvencija, za razliku od koncertnih i nogometnih podrhtavanja nešto manje energije i raspoređenih po harmonicima (Diaz i sur., 2017). Kod vatrometa, amplitude vibracija slične su na svim komponentama jer su izvori vibracija eksplozije raketa u zraku u obliku zvučnih valova koji se pretvore u elastične valove u tlu.



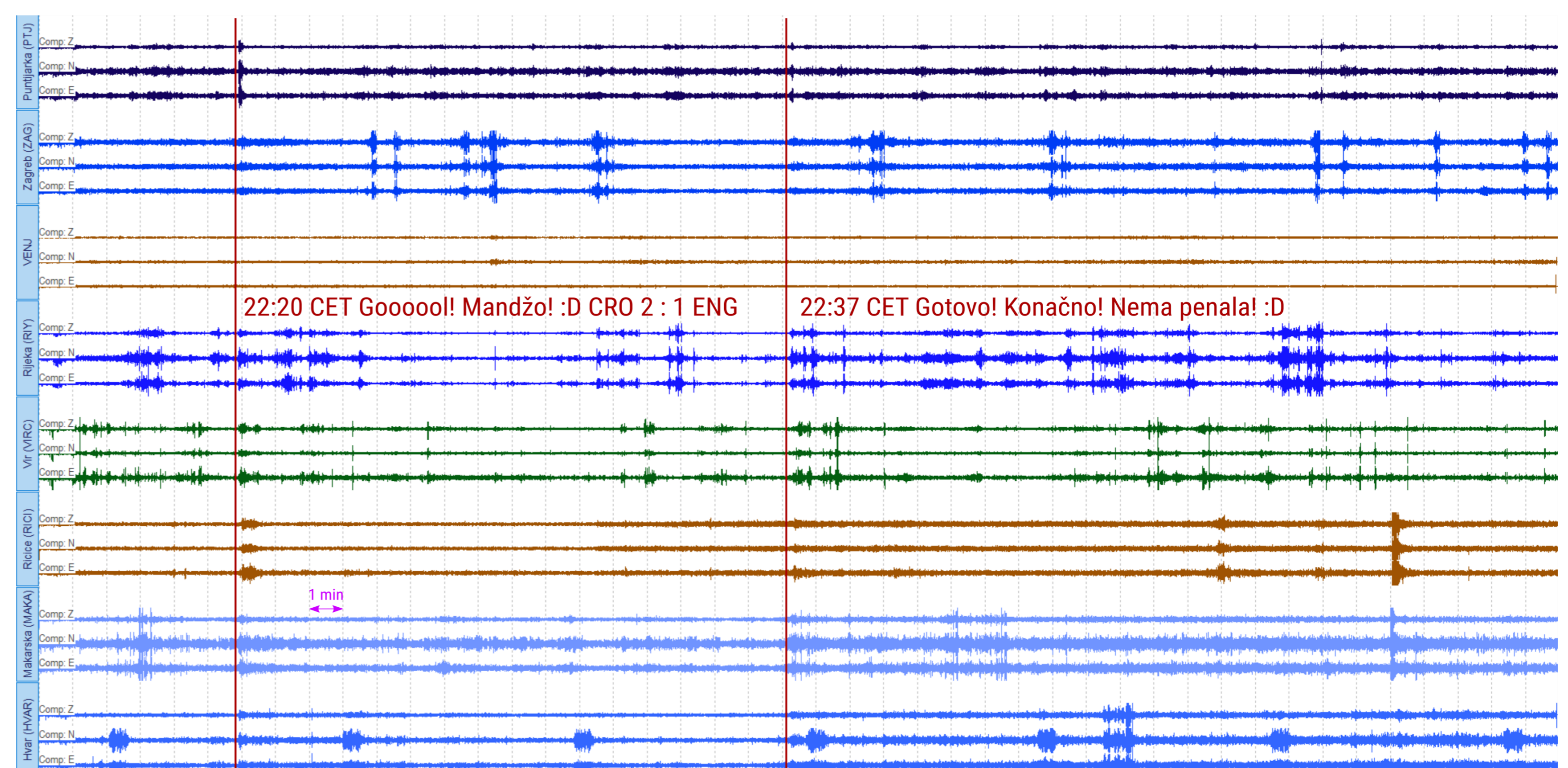
GORE: Spektrogram vertikalne komponente ubrzanja tla (Diaz i sur., 2017). Najveću snagu pokazuju vibracije na frekvencijama oko 110 Hz što je u ljudskom čujnom području. Eksplozija jedne rakete vatrometa može biti registrirana na seizmogramu s trajanjem do 1 s.



Polufinalna utakmica Lige prvaka između FC Barcelone i FC Bayern Münchena održana 6. svibnja 2015. na *Camp Nou*, 500 m od seizmološke postaje ICTJ-CSIS. GORE: Seizmogram vertikalne komponente ubrzanja tla propuštene kroz pojasni filter (2 – 6 Hz). Crvene strelice označavaju podrhtavanja tla nastala nakon golova igrača FC Barcelone. SREDINA: Gibanje tla u prikazano u horizontalnoj ravnini. DOLJE: Spektrogram ubrzanja tla za isto razdoblje.



LIJEVO: Mario Mandžukić nakon postignutog gola na utakmici SP 2018 protiv Engleske 11. srpnja 2018. DESNO: Spektrogram brzina podrhtavanja tla na vertikalnoj komponenti seizmološke postaje Zagreb nastalog nakon Mandžukićevog gola (2:1) na utakmici s Engleskom 11. srpnja 2018. u 22:20 – pojačano podrhtavanje označeno je žutim pravokutnikom (pripremila: Helena Latečki).



GORE: Seizmogrami brzina podrhtavanja tla na nekim postajama u Hrvatskoj nastalog nakon Mandžukićevog gola za 2:1 na utakmici s Engleskom (SP2018) 11. srpnja 2018. u 22:20 h.

Literatura

Diaz, J., Ruiz, M., Sánchez-Pastor, P. S., Romero, P., 2017. Urban Seismology: on the origin of earth vibrations within a city, *Scientific Reports*, 7, 15296, DOI:10.1038/s41598-017-15499-y.

Nogomet

Earthquake Game. U listopadu 1988. godine, u Louisiani, odigrana je utakmica američkog nogometa te su po prvi puta zabilježene vibracije uzrokovane gibanjem velike mase ljudi na nekoj sportskoj aktivnosti (https://en.wikipedia.org/wiki/Earthquake_Game).

Footquakes. Seizmološka postaja ICTJA-CSIC bilježi podrhtavanja tla nastala skakanjem (engl. *footquakes*) prilikom slavlja golova na stadionu FC Barcelone – može primiti više od 90000 ljudi (Diaz i sur., 2017). Na polufinalnoj utakmici Lige prvaka između FC Barcelone i FC Bayern 2015. god. zabilježila je takve *potrese* trajanja 17 – 18 s, s amplitudama na horizontalnim komponentama ubrzanja tla oko tri puta većim od vertikalne. Za razliku od *koncertnih potresa*, seizmička energija ovakvih potresa jednoliko je raspoređena na frekvencijama 1 – 10 Hz bez harmonika jer su to nagle vibracije. Tijekom slavlja gola navijači istovremeno skoče sa sjedalica i nastave se kratko *gibati* oko svojih mjesta – takva vibracija nije dovoljna za dobro definirane harmonike. Jačina *footquakea* ovisi i o trenutku kada je gol zabijen – *potres* je slabiji kod gola zabijenog na početku, a jači pri samom kraju utakmice kad je napetost veća.

