Sustav ranog upozoravanja o potresu

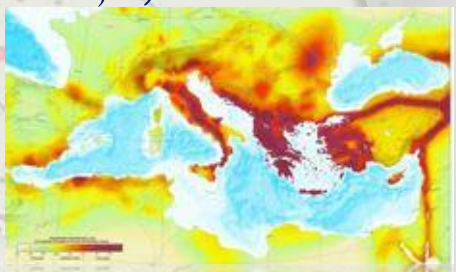
Krešimir Kuk

Seizmološka služba Hrvatske

kresok@irb.hr

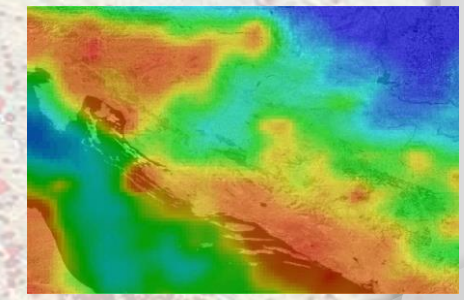
Kratki prikaz -Sustav ranog upozoravanja o potresu (EEWS)

- ŠTO je **EEWS** (Gdje se koristi, čemu služi, na čemu se temelji..)
  - Primjeri u svijetu, Europi
  - Tsunami upozorenje (GITEWS)
  - IMAMO li mi u **HR** ?



SESAME, 2003.

- Onda ERRS (**S**ustav **P**romptnog **O**bavješćivanja i **R**eagiranja)
- **Karte trešnje** (Što su, kako se rade, čemu služe, ...)
  - Primjeri



K.Kuk, Ohrid 2010.

- **Stanje** u **HR**
  - Koji **dio** imamo
  - Koliko smo daleko od svega

- Što se ***MORA***, ***MOŽE***, ***TREBA*** učiniti od navedenoga..

EEWS -Sustav ranog upozoravanja o potresu

- GDJE JE TO u Lancu Smanjenja Katastrofa

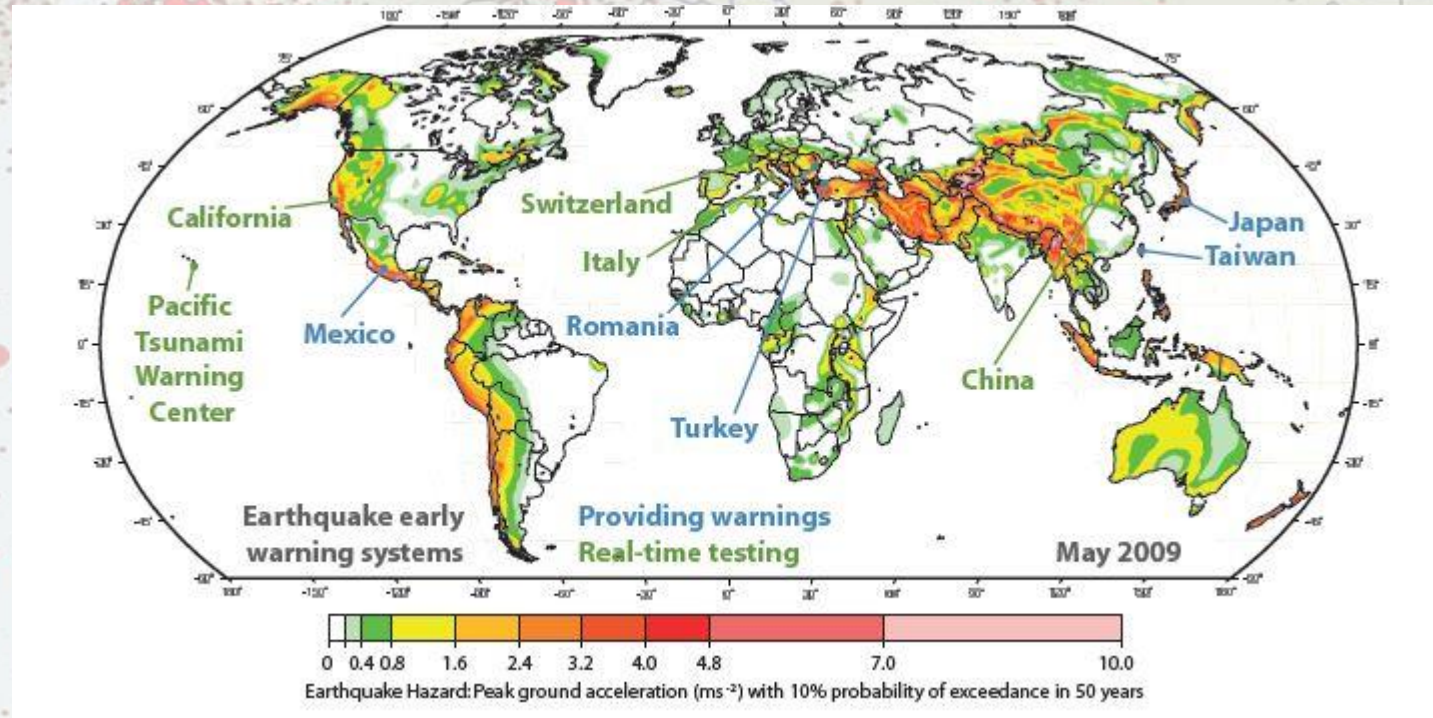
Projekt SAFER (Seismic EArly Warning For EuRope - *uloga djelova sistema u Lancu Smanjenja Katastrofa*

Sustav ranog upozorenja o potresu

- Osnovna BIT – što prije „detektirati" potres, i poslati upozorenje o nadolazećoj trešnji (vrijeme nastupa, jakost, ...)
  - vremenski period između sekundi i minute
  - ovisi oglavnom o udaljenosti korisnika od epicentra (hipocentra) potresa, ali u potpunosti u velikom broju faktora
- Spominje se od razvoja elektroničkih komunikacija, a razvio se u pravom smislu riječi tek u zadnjih desetak godina
- Prvi uspješni primjeri korištenja (ne u potpunom današnjem smislu) dolaze iz Japana, 1960.
  - Japanska željeznica koristila je instrumente za detekciju trešnje tla iznad zadanog praga, i upotrebom sirena zaustavljala vlakove
- Mexico City, od 1991 koristi SAS (Seismic Alert System), i to je bio prvi javni funkcionalni sustav ranog ¸ upozoravanja o potresu

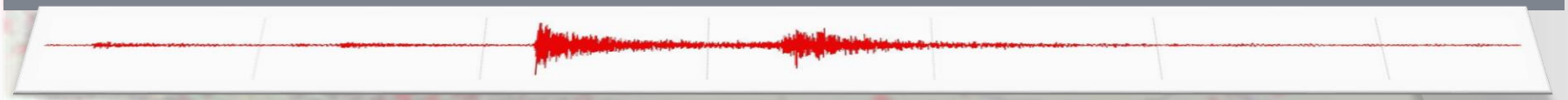
Sustav ranog upozorenja o potresu

- O razvoju u svijetu



SRUoP, objavljeno u časopisu Seismological Research Letters

Sustav ranog upozorenja o potresu



- U svijetu ga koriste Japan, Mexico, USA, Taiwan

- U Europi i okolici Rumunjska i Turska

- U fazi „ispitivanja sustava" su Grčka, Italija, Švicarska, i mnoge druge zemlje

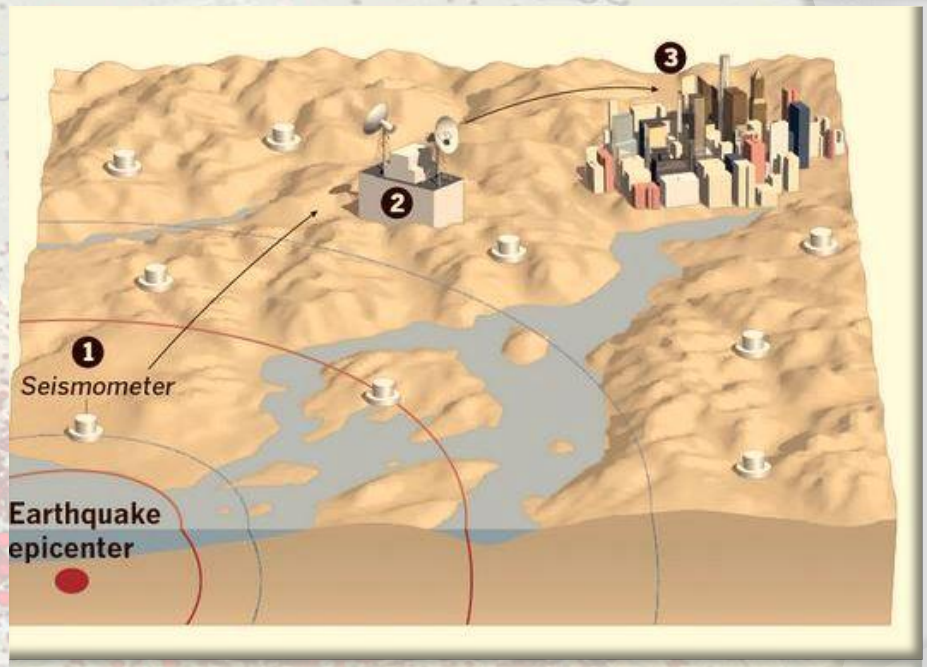
- Velika je razlika u karakteristikama seizmičnosti za različita područja
  - različit način kako nastaju potresi, (npr. subdukcijom većih tektonskih ploča);
  - različita mjesta nastanka potresa (npr. na samom kontaktu tektonskih ploča) ili na postojećim rasjedima definiranog tipa,
  - različita dubina hipocentra

i mnoge druge karakteristike koje se razlikuju za svako područje uzrokuju bitne različitosti sustava ranog upozoravanja

Sustav ranog upozorenja o potresu

- Glavni detalj koji omogućuje rano upozorenje je činjenica da *elektroničke informacije putuju brzinom puno većom od brzine valova potresa*

1. Seizmometar detektira početnju trešnju (P val potresa)
2. Ti podaci su poslani u centar ranog ob.
3. Konačno definirana upozorenja šalju se kamo treba (TV, radio, sredstva obavještavanja, mob...)



- Prvi (P) valovi potresa prethode S valovima (i drugim kasnijim) koji su uništavajući

Sustav ranog upozorenja o potresu

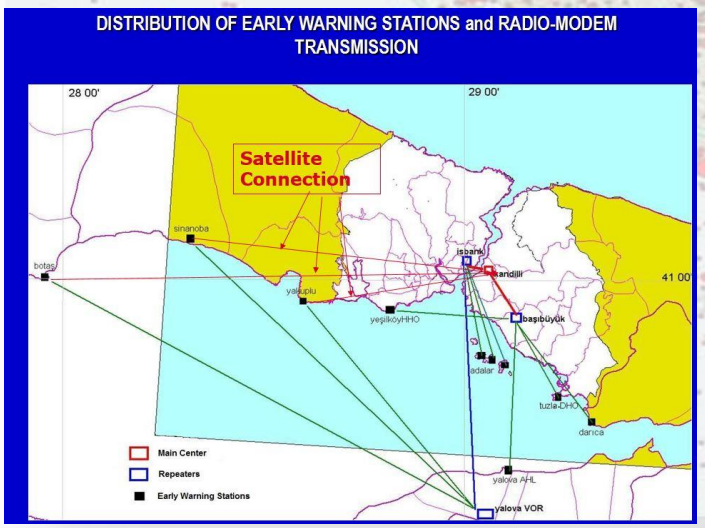
- Upozorenje se generira ovako:

1. Praćenje ***valova potresa*** (u realnom vremenu) od epicentra
2. ***Lokacija*** koju promatramo
3. ***Preostalo sekundi*** do dolaska valova potresa
4. ***Očekivani Intenzitet*** potresa na promatranoj lokaciji
5. ***Očekivana magnituda*** potresa
6. ***Očekivana jačina trešnje***

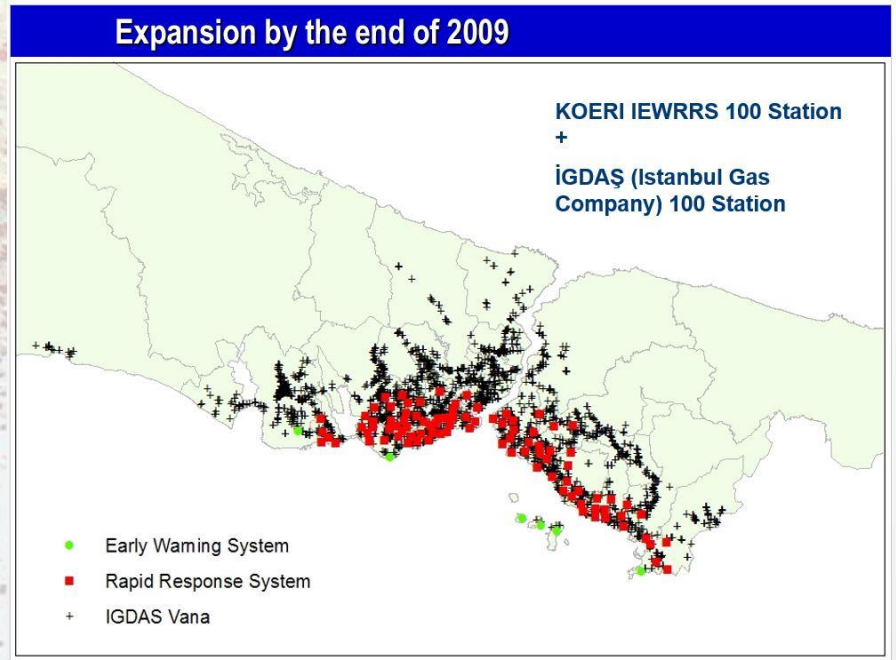
Sustav ranog upozorenja o potresu

- Mexico
  - 12 akcelerografa (SAS)
  - 36 seizmografa (SASO)

Relativno velika udaljenost Mexico City-a od očekivanog epipcentra (~300 km)



- Japan
  ~1,000 instrumanata ukupno (seizmografi i akcelerografi)



SRUoP u Istanbulu, Projekt SAFER

Sustav ranog upozorenja o potresu

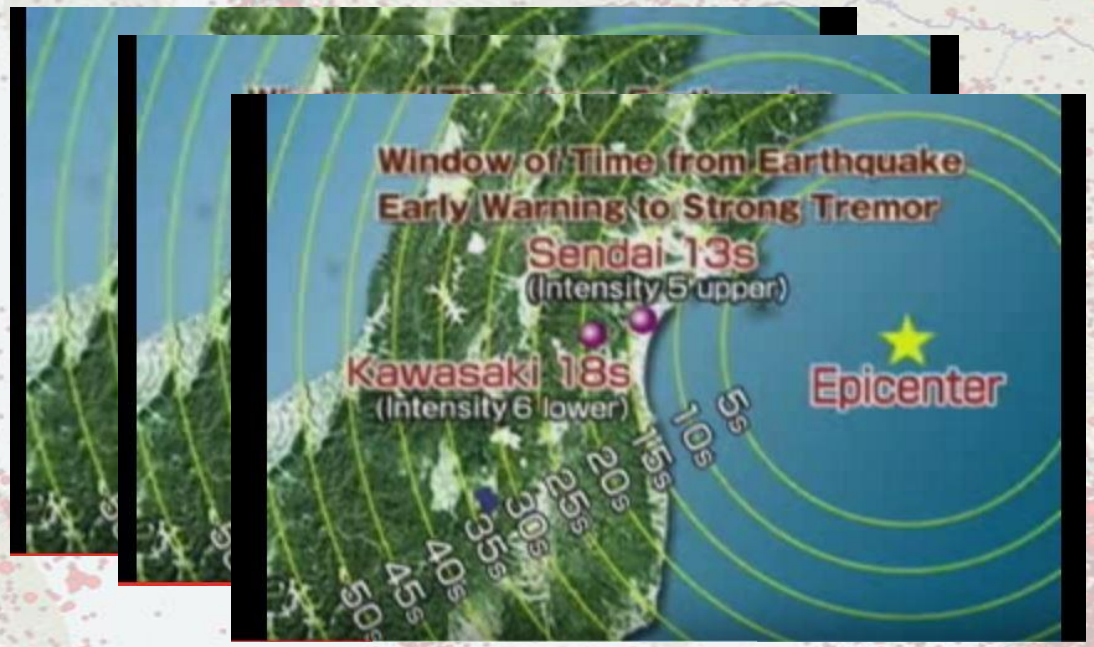
Tehnička Ograničenja Sustava Ranog Upozorenja

- Vremenski period od oglašavanja *Ranog Upozorenja* do trenutka dolaska valova jake trešnje je vrlo kratak, uglavnom od nekoliko sekundi, do nekoliko desetaka sekundi
- Upozorenje može biti prekasno za područja bliska epicentru potresa
- Procjenjene vrijednosti intenziteta i vremena dolaska nisu uvijek precizne
- Do sada se u sustav nisu uključivala GPS mjerenja, to se mijenja, iako za potrese koji nisu daleko to neće poboljšati sistem

- Primjer, u LA je odaslano rano upozorenje o potresu („NAPA" potres, 2014, M=6.0))10 s prije dolaska trešnje
- Procjena je (i nadanje) da bi u „povoljnom" slučaju „velikog potresa" koji se očekuje (San Andreas), sistem mogao javiti upozorenje 40-50 s prije dolaska trešnje

Sustav ranog upozorenja o potresu

Primjer za Japan – vrijeme upozorenja u ovisnosti o udaljenosti od epicentra

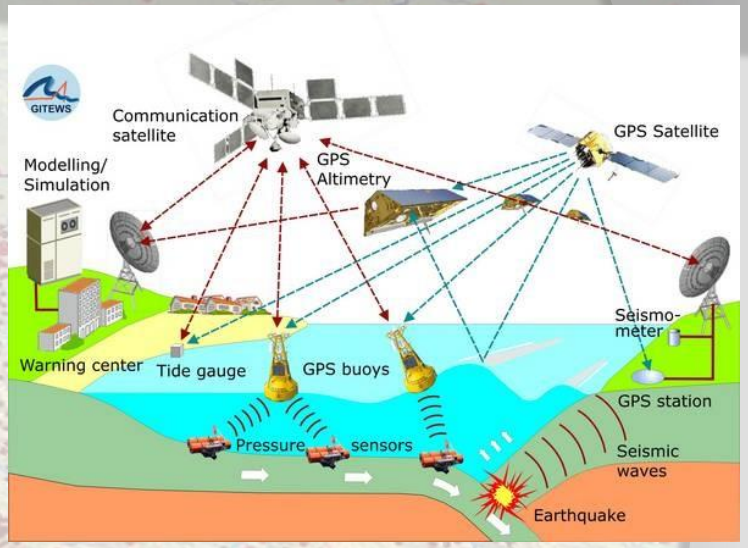


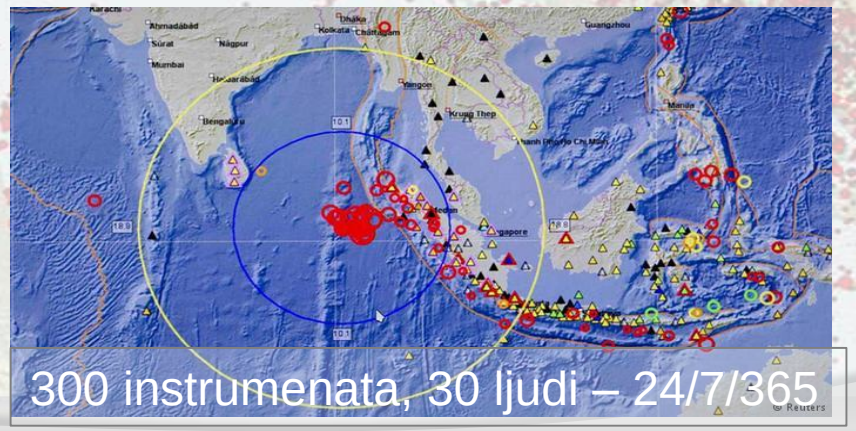
Japan ima puno jakih potresa, izuzetno velikih magnituda, što predstavlja opasnost za gradove koji su stotinama kilometara udaljeni od epicentra potresa

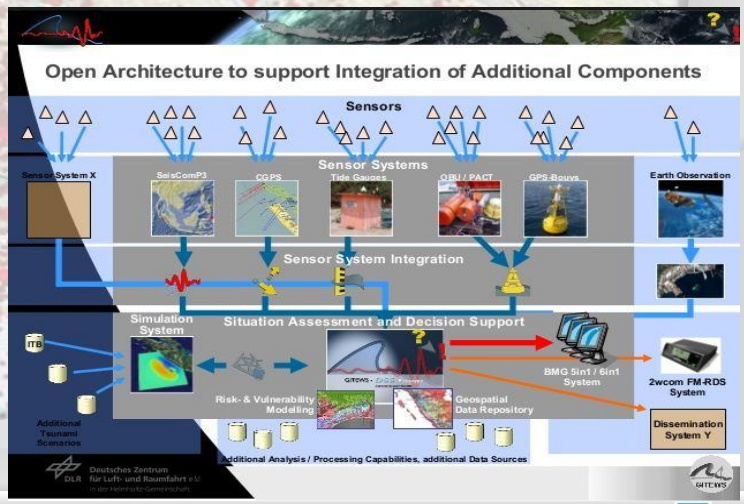
Sustav ranog upozorenja o potresu - tsunami

GITEWS

- Razvijen nakon potresa Sumatra (2004, M=9.0) kada je tsunami dosegao do visine od 15 m
- Valovi su dosezali Somaliju, oko 4500 km udaljnosti
- Više od 140,000 mrtvih u Indoneziji, a ukupno oko ¼ miliona stradalih u regiji



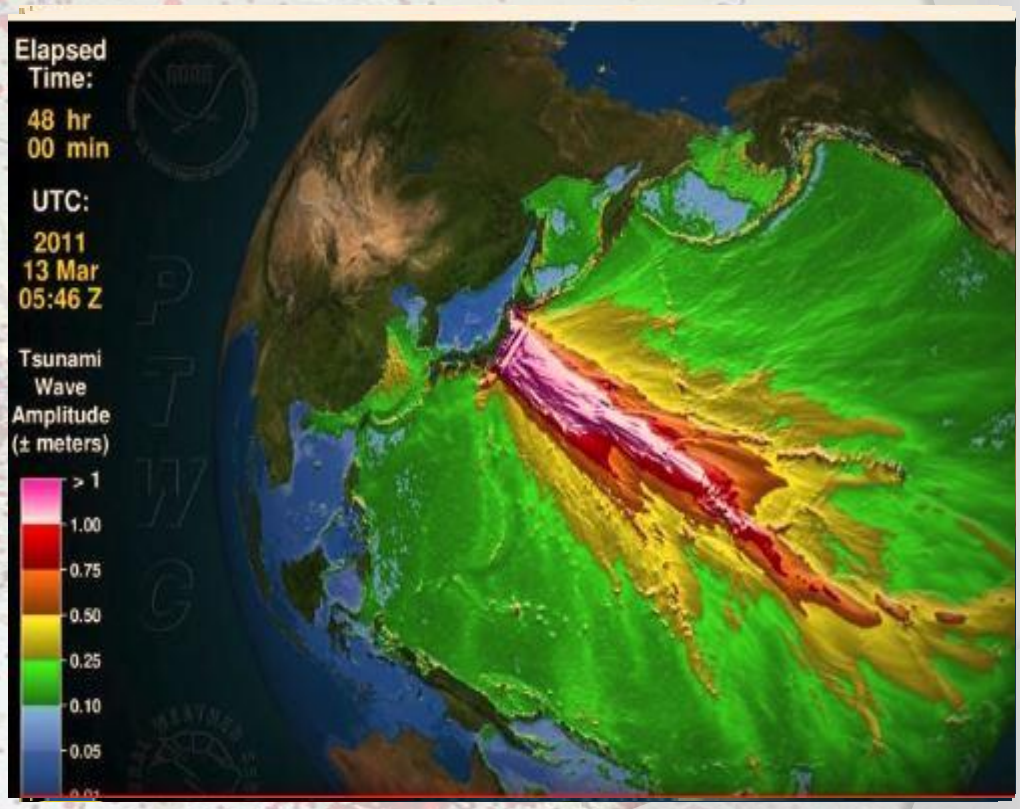




Sustav ranog upozorenja o potresu - tsunami

PTWC je za japanski (Tohoku, 2011) potres (M=9.1) izdao prvo upozorenje 9 min poslije potresa, i 19 min prije nego je tsunami došao do prvog instrumenta za mjerenje visine valova (**DART** instrumenti)

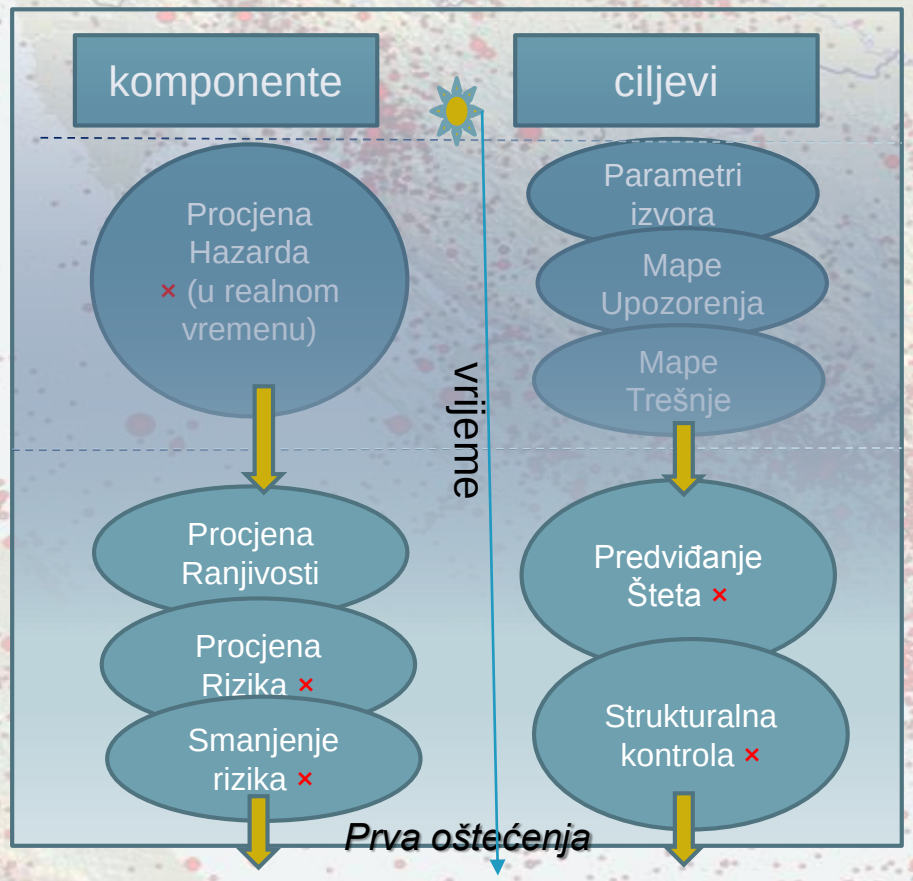
Iz Pacific Tsunami Warning Center

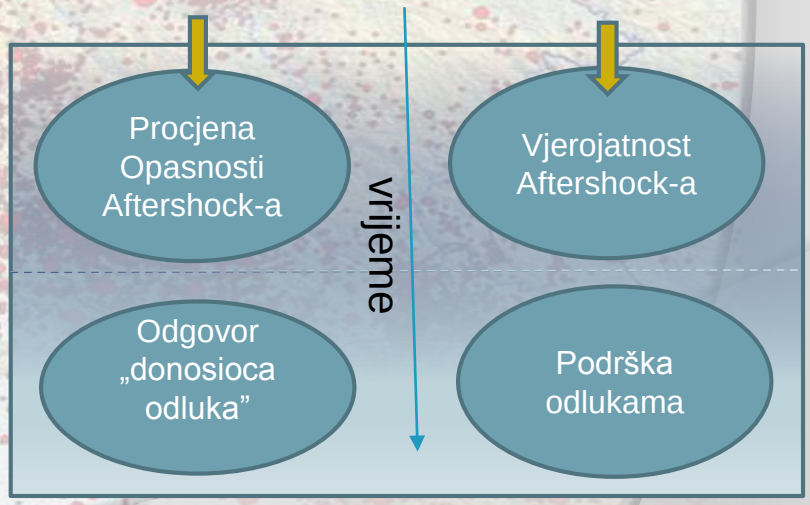


2 puna dana nakon nastanka Potresa !

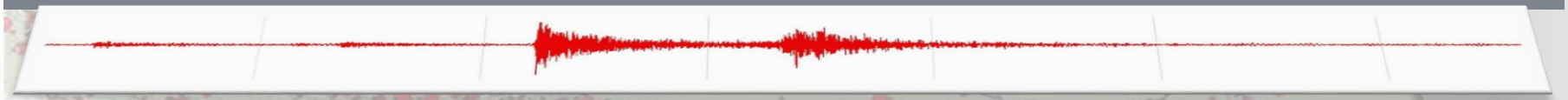
Sustav Promptnog Obavješćivanja i Reagiranja (SPOiR)

- Nadovezuje se na SRUoP, ali je moguć i bez njega





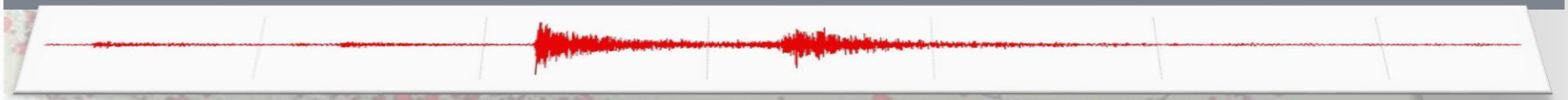
Sustav **P**romptnog **O**bavješćivanja i **R**eagiranja (SPOiR)



- ***Jedan od najvažnijih sustava u smanjivanju posljedica od potresa***
- *Asistira* vodstvu civilne zaštite *u akciji spašavanja*
- Učinak jakog potresa na urbano društvo može biti smanjen promptnim i pravilnim reagiranjem sustava nakon potresa
- Promptne informacije o učincima potresa *usmjeruju timove za potragu i spašavanje u područja gdje su najpotrebniji*
- *Moderna tehnologija* dozvoljava *mjerenje jakih trešnji tla u gotovo realnom vremenu u urbanim područjima* izloženim potresima
- Temelji se na brzoj obradi prikupljenih podataka o potresu
- Sadrži sve raspoložive podatke (seizmološke, GPS, foto-zapise, i brojne druge..)
- Može biti onoliko ***složen,*** *koliko tehničke i druge mogućnosti dopuštaju*
- Zato je ***prepoznat i tražen*** *od vlada i agencija uključenih u zaštitu i spašavanje*

- Procjena *raspodjele jake trešnje*, *oštećenja građevina* i *žrtava* dostupna je ***nekoliko minuta nakon*** samog ***potresa***

Sustav Promptnog Obavješćivanja i Reagiranja (SPOiR)



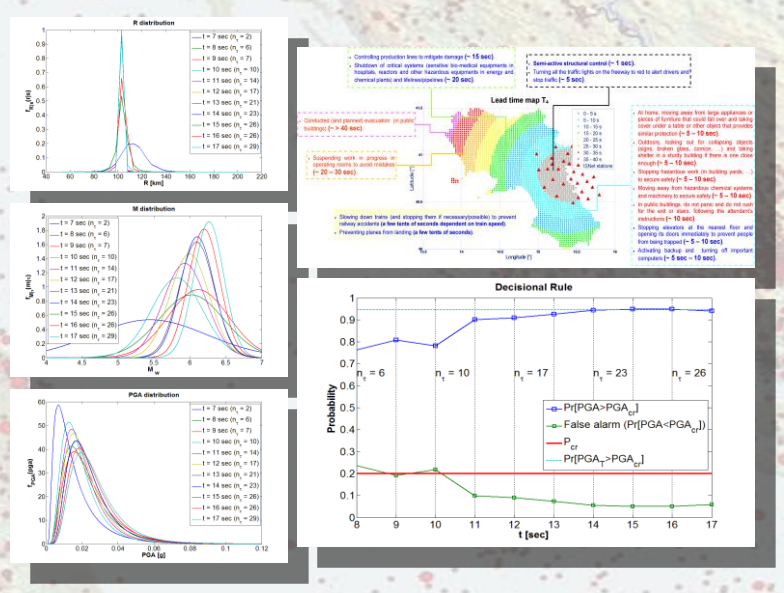
- Kad akcelerograf trigerira potres, stanice računaju parametre gibanja tla (instrumentalni intenzitet, maksimalne pikove amplituda, dominantne frekvencije oscilacija, spektre snage, odziva i trajanja
- Nakon nekoliko minuta to je sve nacrtano na mape (mape trešnje) , dostupne bitnim uredima, medijima i javnosti

- Brza procjena šteta na zgradama, na osnovu njihovih dinamičkih karakteristika i spektara odziva trešnje tla

- Primjer –Yokohama
- 150 akcelerografa, prosječno svakih 2 km
- 3 centra za analizu, ured za katastrofe gradske vjećnice, vatrogasni odsjek grada

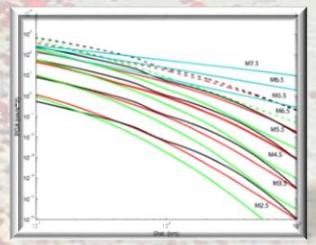
Sustav Promptnog Obavješćivanja i Reagiranja (SPOiR)

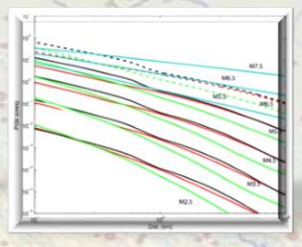
- U sustavu su brojni modeli i procjene raznih parametara korištenjem različitih modela



Iz projekta SAFER: Vršne akceleracije i brzine pomaka, triger vrijednosti akceleracije

- Modeliranje se vrši kada nema potresa, svaki potres provjerava sustav i korigira parametre

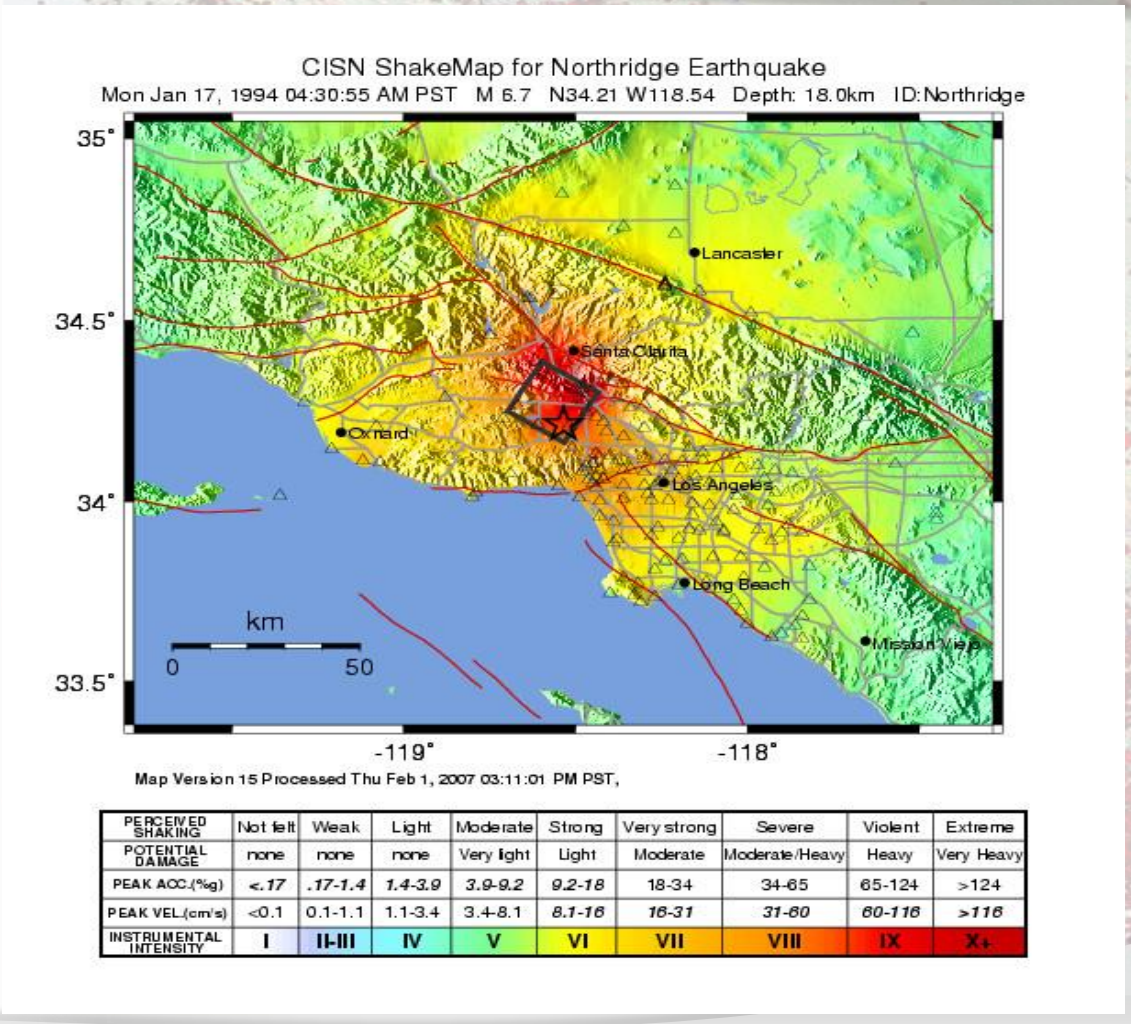




- Stalna nadogradnja komponenti sustava (npr dodavanjem web kamera za procjenu šteta)

Laquila, 2009

Sustav Promptnog Obavješćivanja i Reagiranja (SPOiR)

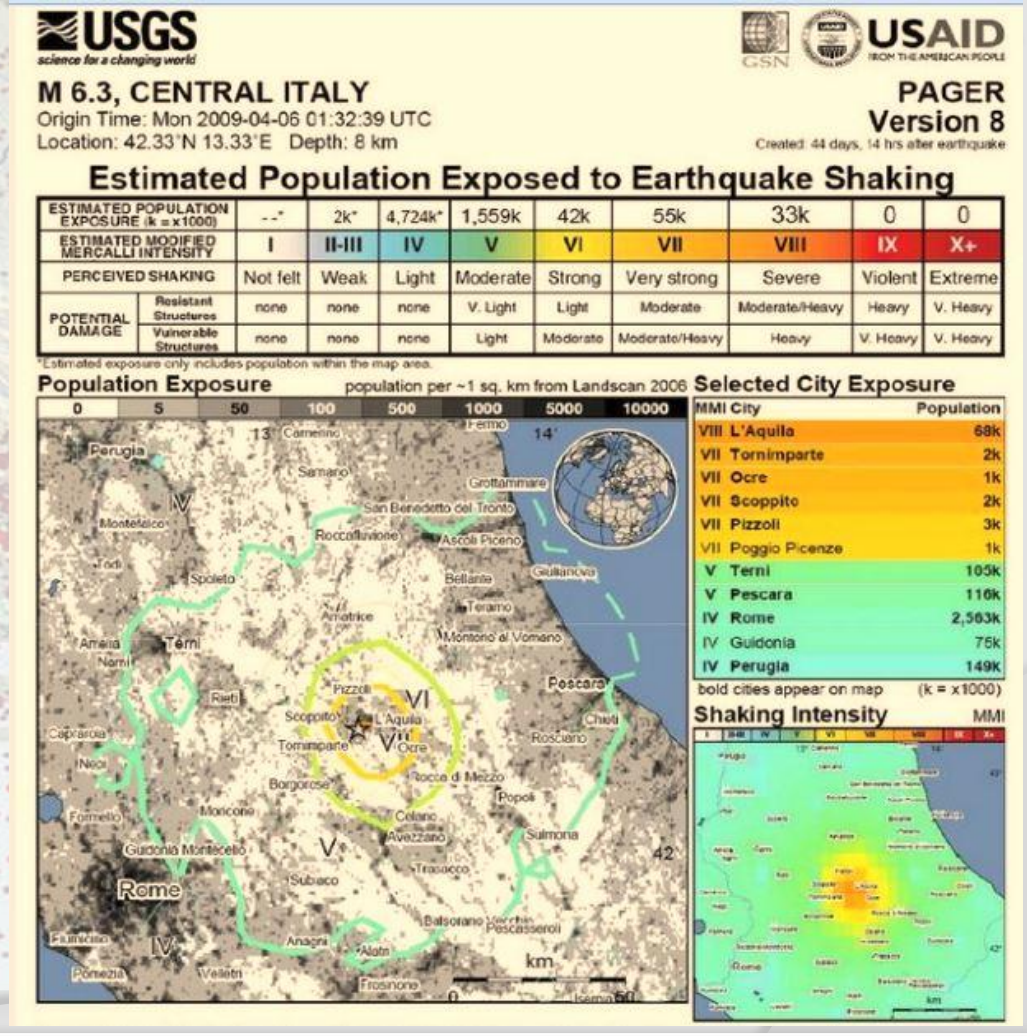


PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

- Karta trešnje
  - ***epicentar*** potresa
  - ***intenzitet*** potresa
  - ***vršne akceleracije, brzine pomaka*** tla pri potresu
  - ocjenu nivoa trešnje
- Brojne druge parametre
  - evidentirane štete
  - procjenjene štete
  - žrtve (evidentirane, procjena)

Sustav Promptnog Obavješćivanja i Reagiranja (SPOiR)

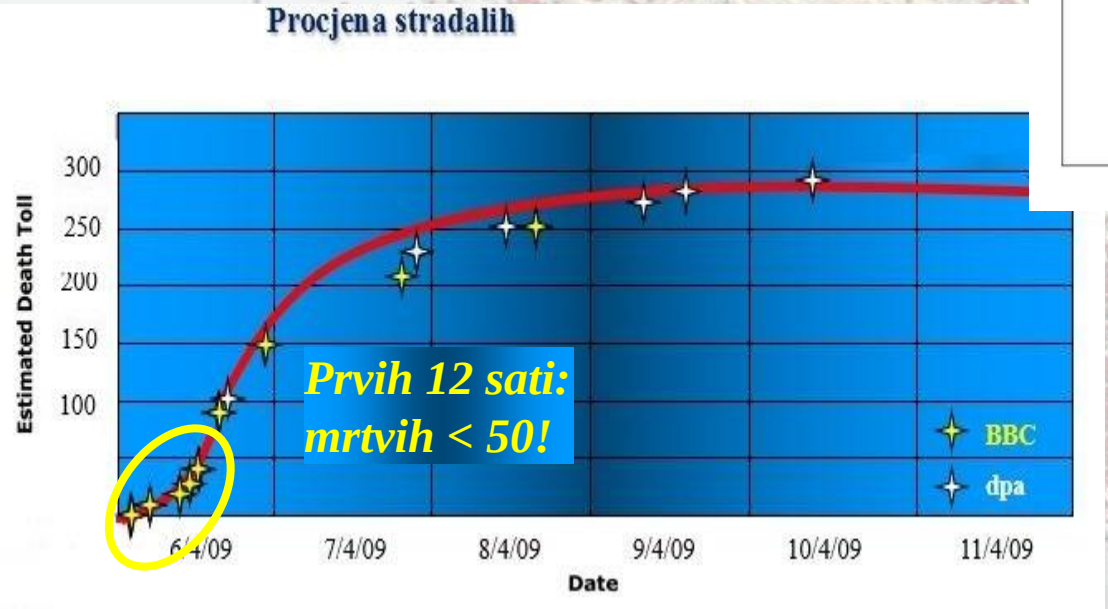
- Italija, Laquila, 2009, M=6.3
- Većina populacije u građevinama koje su mix ranjivih i potresno otpornih struktura
- 1997. M=6.0 88 km NW od Laquila potresa, sa procjenama
  - 10 000 pop. izloženo Int VIII
  - 112 000 Int VII
    žrtava 11
- 242 km SW, 1980 M=6.9
  - 37 000 ljudi izloženo I ≥ IX
  - 252 000 I = VIII
    žrtava 2483



Sustav Promptnog Obavješćivanja i Reagiranja (SPOiR)

- Procjene broja stradalih, i mnoge druge

Vremenska crta dosupnosti Informacija o stradalima za potres u Laquili 2009



- Baze regionalne razdiobe tipova zgrada

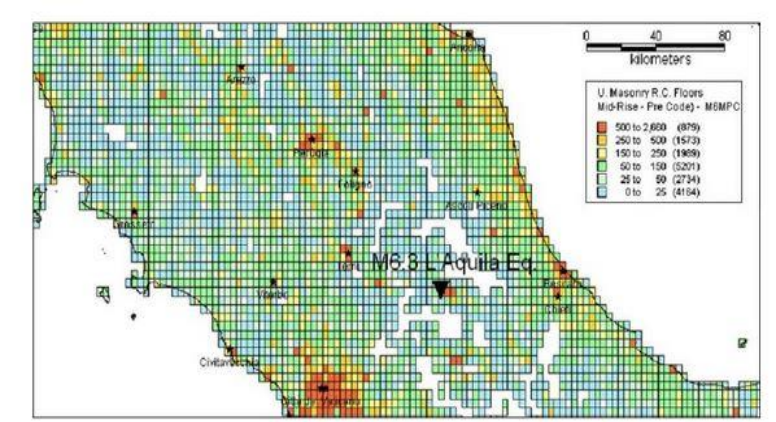


Fig. 9. Regional building distribution generated for Italy.

Stanje u Hrvatskoj – *Sustav automatske lokacije potresa*

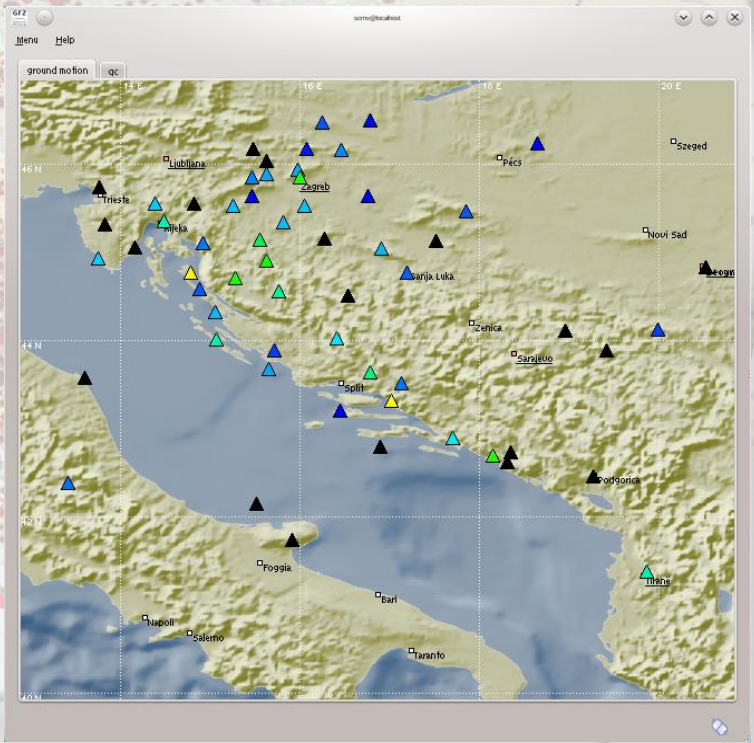
- Od ***sustava ranog upozorenja*** o potresu nema ***ništa !***

- Za sustav ***promptnog obavješćivanja o potresu*** mogli bi reći da imamo ***začetak***

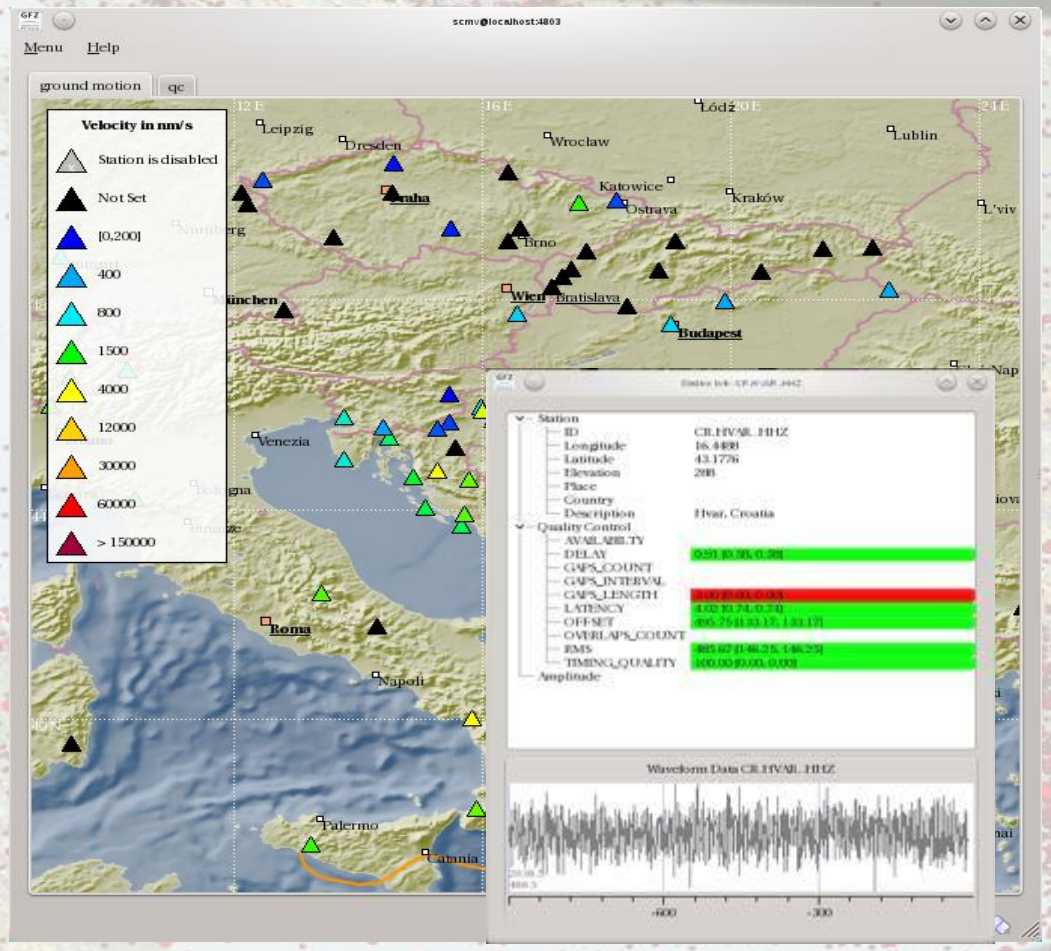
- ***Sustav automatske lokacije potresa***

 - podaci dolaze u glavni centar Seizmološke službe Hrvatske u Zagrebu u gotovo realnom vremenu (1 s – 2s kašnjenja)

 - podaci se automatski obrađuju, te se nakon < 2 min dobiva automatska lokacija potresa, i glavni parametri potresa(magnituda, vrijeme nastanka, dubina žarišta (hipocentar), ...



Stanje u Hrvatskoj – *Sustav automatske lokacije potresa*



HR seizmografska mreža

- trenutačna aktivnost svake seizmološke postaje
- bojama se prikazuje trenutni nivo „seizmičkog nemira" ili pojačane aktivnosti
- posljednji locirani potresi

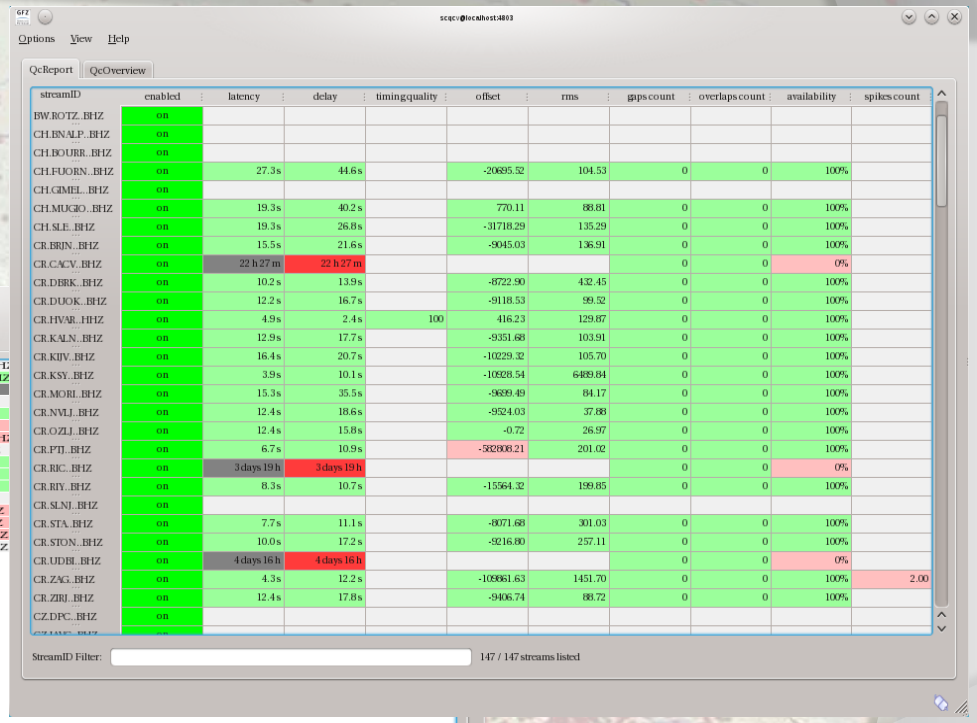
Detaljan prikaz parametara za svaku postaju

- RMS
- OFFSET
- KAŠNJENJE
- KVALITETA VREMENA

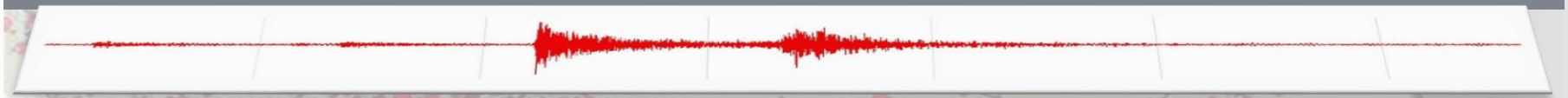
Stanje u Hrvatskoj – *Sustav automatske lokacije potresa*

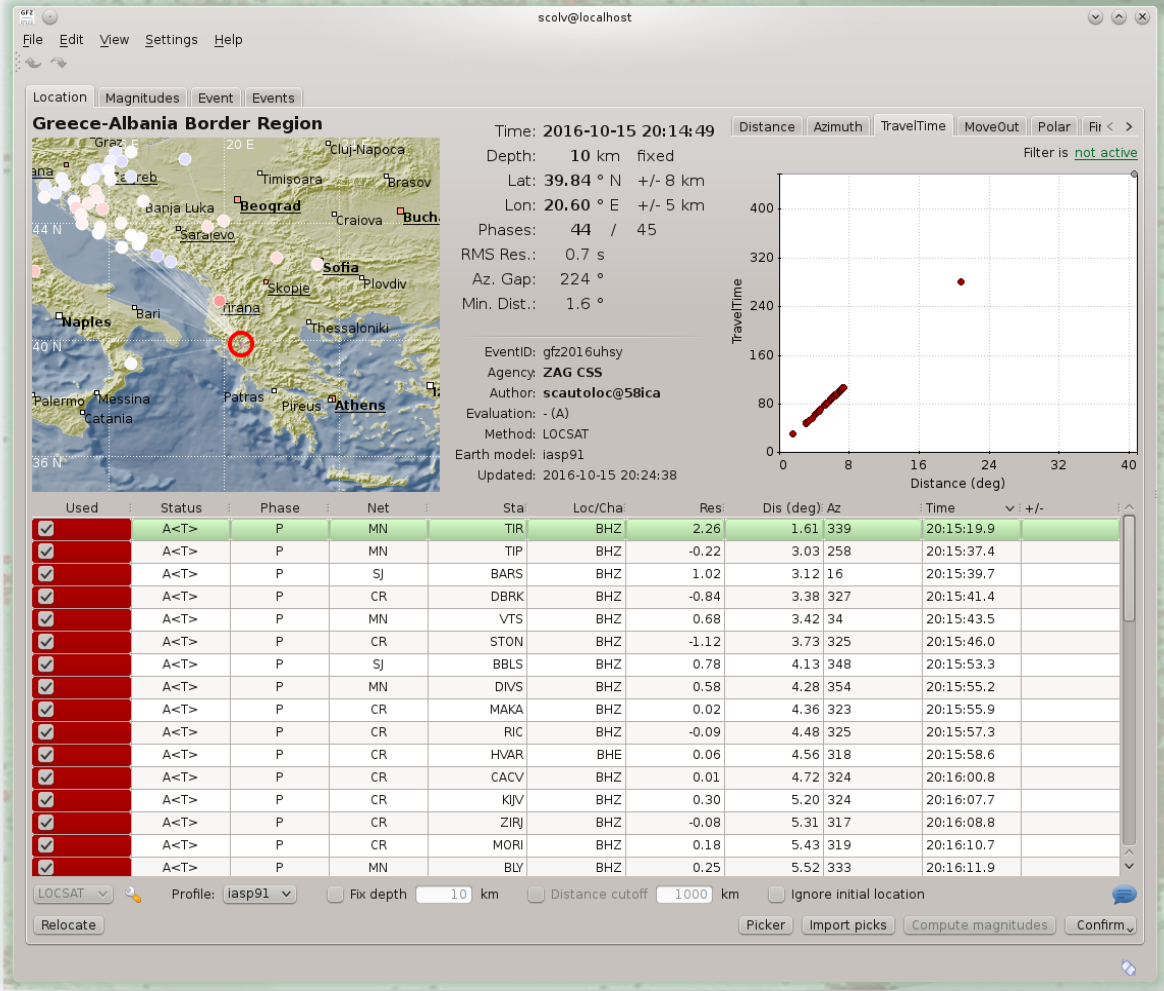
Kontrola kvalitete cijelog sustava

– kašnjenje signala, nedobiveni paketi, offset, preciznost vremena



Stanje u Hrvatskoj – *Sustav automatske lokacije potresa*

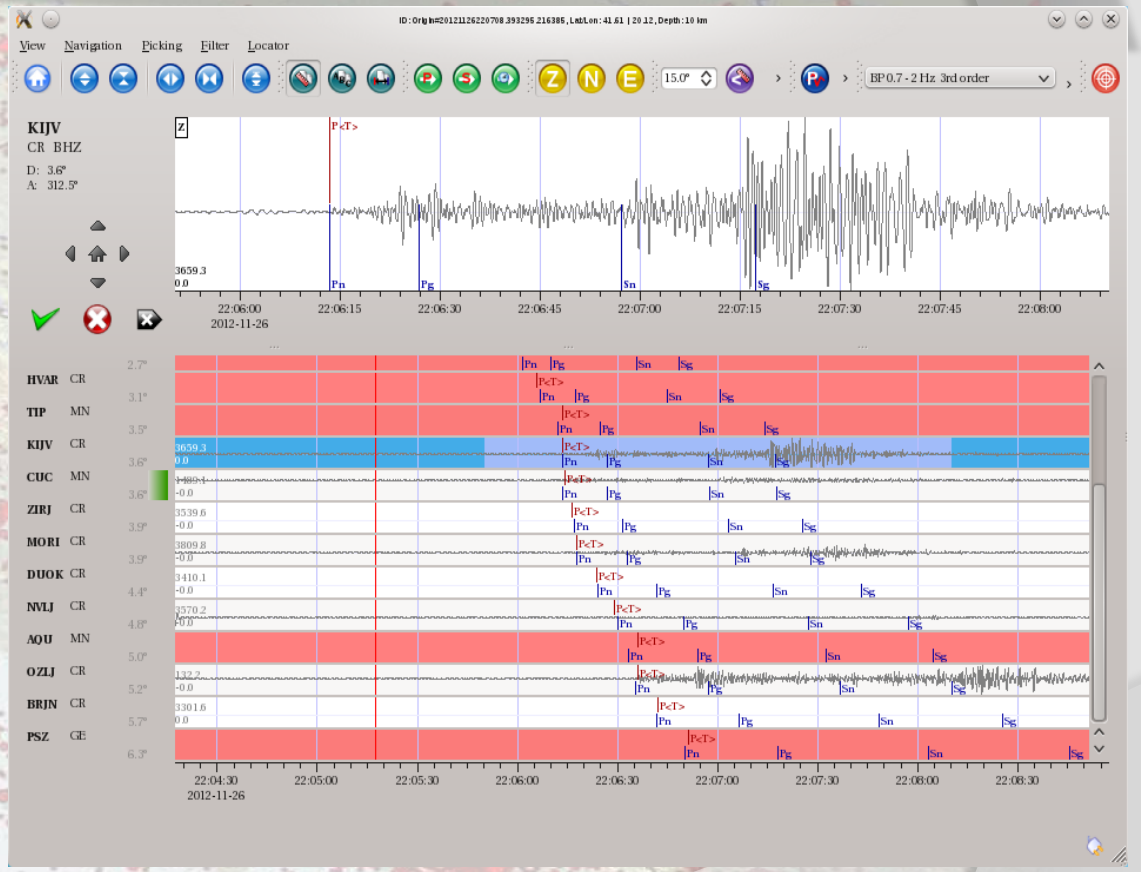




- Potpuno automatsko rješenje
- U pravilu se automatsko rješenje korigira, najprije grubo, zatim detaljno
- Sustav se konstantno treba fino podešavati

Stanje u Hrvatskoj – *Sustav automatske lokacije potresa*

- Prije objave, potrebna je ***manualna kontrola rješenja***
- ***Preciznost*** parametara točnija je ***sa porastom jačine potresa***
- Za slabije potrese, zbog niza čimbenika, moguće je potpuno nepostojeće rješenje (potres)



Stanje u Hrvatskoj – *Sustav automatske lokacije potresa*

- Nekoliko je bitnih razloga zašto Sustav automatske obrade podataka moramo „ručno” korigirati:

1. Regionalni uvjeti tla (kod nas), a poglavito Model brzina rasprostiranja valova potresa (brzine širenja seizmičkih valova u pojedinim slojevima, i dr.) , su drukčiji nego u globalnom modelu koji se koristi u software-u

1. Potrebito je uzeti u obzir korekcije vezane uz karakteristike svake seizmološke postaje, i svakog instrumenta (tzv. stanične korekcije...)

2. Nedovoljno precizno i neredovito su kalibrirani instrumenti koji se koriste u sustavu, a na području nekih susjednih zemalja, pa i Hrvatske

3. Gustoća seizmološke mreže, te prostorna razdioba seizmoloških postaja nije dovoljno dobra

Stanje u Hrvatskoj – *prema sustavu promptnog reagiranja*

Za razvoj i nadogradnju sustava (poglavito u smjeru ***dodavanja komponenata promptnog obavješćivanja i reagiranja***), osim navedenog, potrebito je

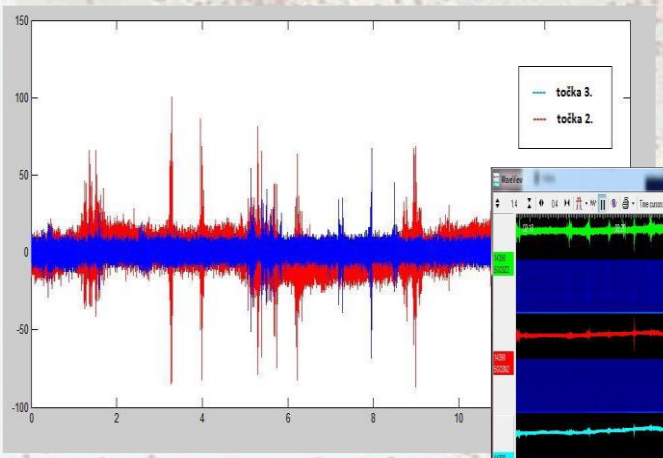
- Pojačati ***suradnju*** sa institucijama koje su razvile opisane sustave (***USGS***, ...)
- Omogućiti ***veću posvećenost predmetnoj tematici***, i osigurati ***veći broj ljudi*** za rad na tom projektu
- ***Povećati gustoću seizmoloških instrumanata*** (primarno (jeftinijih) akcelerografa)

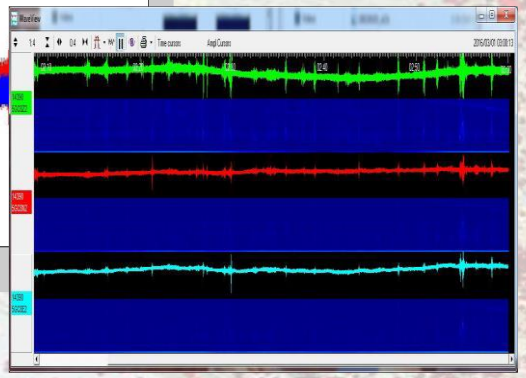
- Kratki osvrt na Projekt mreže zagrebačkih akcelerografa

- Ured za Upravljanje u Hitnim situacijama grada Zagreba nabavio je, i u tijeku je, zajedno sa Seizmološkom službom Hrvatske postavljanje ***4 akcelerografa*** na širem području grada Zagreba, a nakon obavljenih pripremnih mjerenja i proračuna

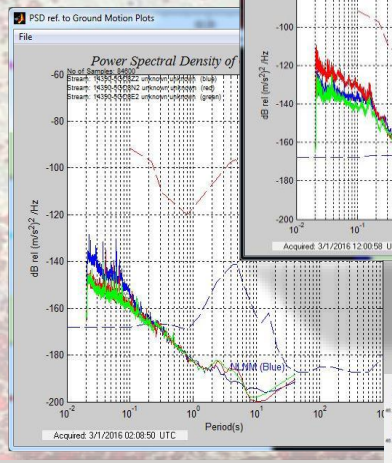
Stanje u Hrvatskoj – *prema sustavu promptnog reagiranja*

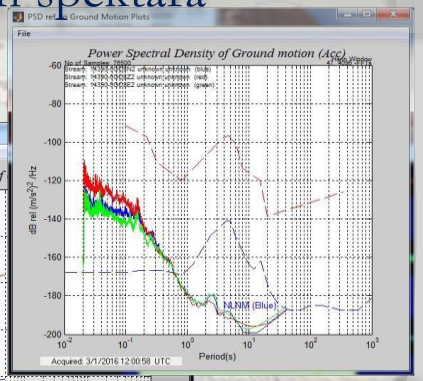
Projekt mreže zagrebačkih akcelerografa



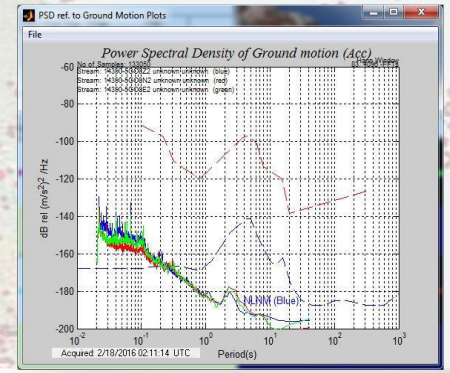


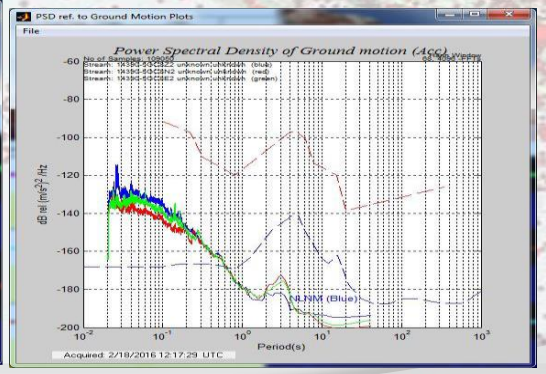
Mjerenja mikroseizmičkog nemira na istraživanim lokacijama i prikaz nekih dobivenih spektara



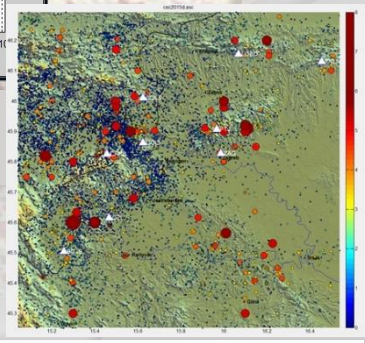


Kuk, K. 2016





Spektri gustoće snage



Stanje u Hrvatskoj – *prema sustavu promptnog reagiranja*

Za razvoj i nadogradnju sustava (nastavak)

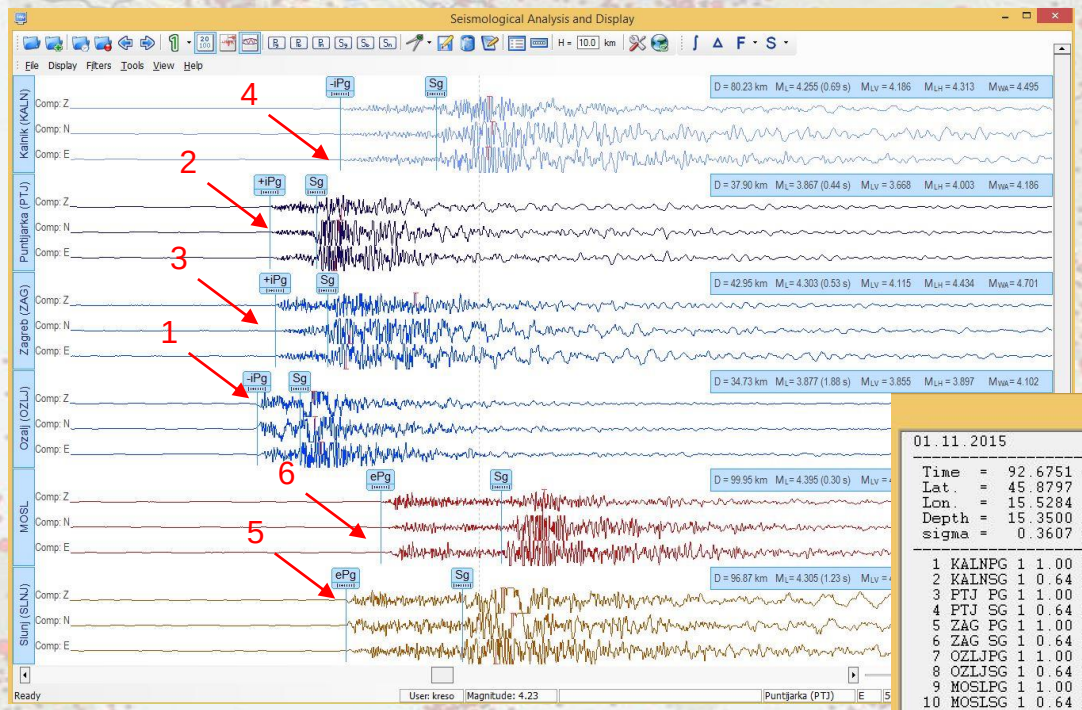
- ***Pokrenuti interdisciplinarnu suradnju*** sa institucijama i tijelima koja imaju, ili bi trebala načiniti kompletne ***baze podataka zgrada*** (vrsti, namjeni, konstrukciji, naseljenosti), ***stanovništva***, i drugoga
- Pokrenuti ***suradnju sa državnim tjelima*** koja sudjeluju u kreiranju i distribuciji navedenih obavijesti (donosiocima odluka)

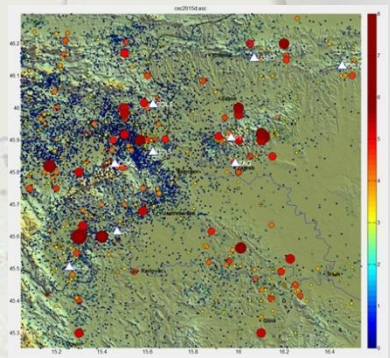
- ***Započeti sa implementacijom početnih***, najjednostavnijih ***modela***, te vremenom, a u skladu sa mogućnostima, dopunjivati sustav i mogućnosti njegova djelovanja

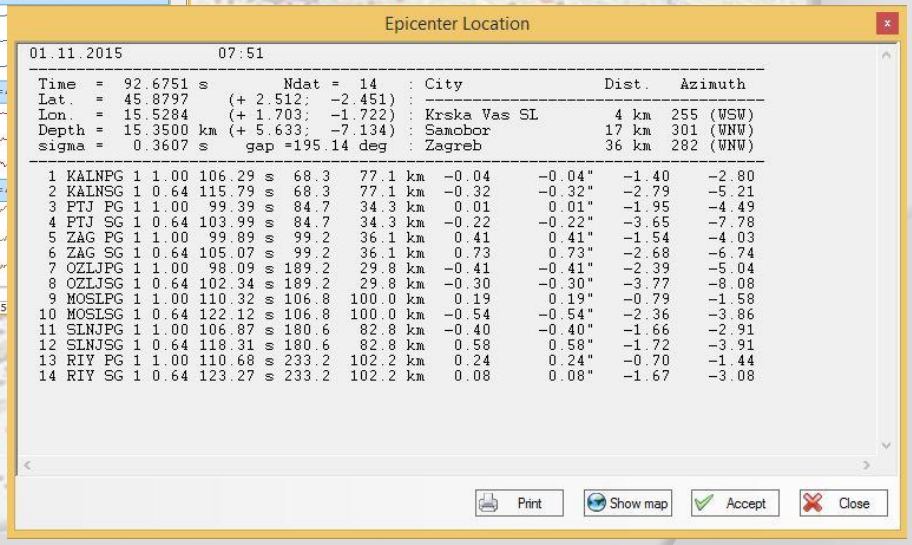
- Ispitati mogućnosti suradnje sa privrednim subjektima, industrijom i drugim potencijalnim značajnijim korisnicima informacija sustava ranog obavješćivanja o interesima i možebitnom razvoju navedenog sustava

Stanje u Hrvatskoj – *prema sustavu promptnog reagiranja*

Za grad Zagreb primjer – potres 01.Studenoga 2015., kod Brežica, M=4.3

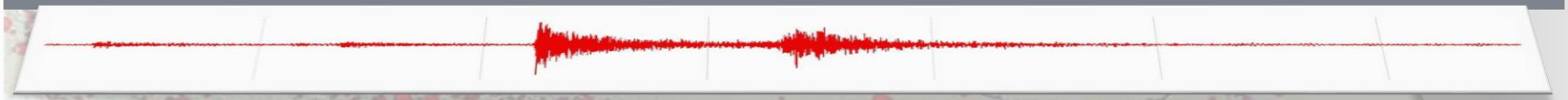




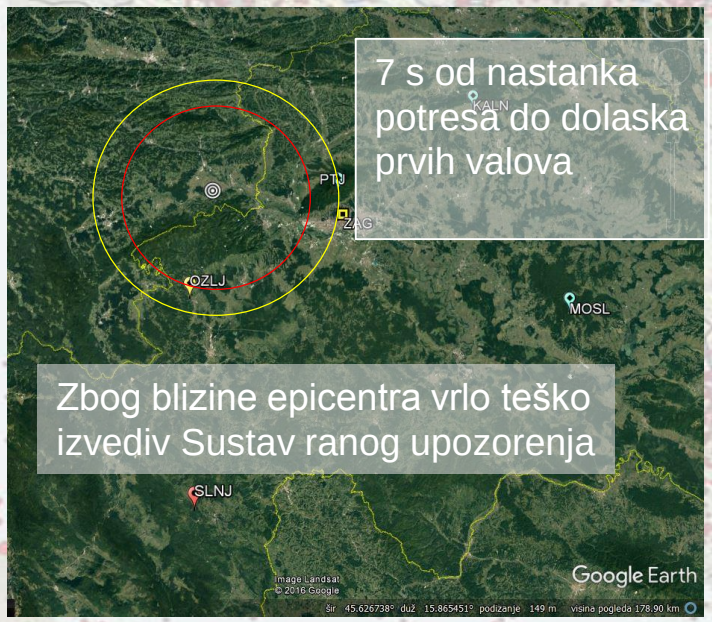


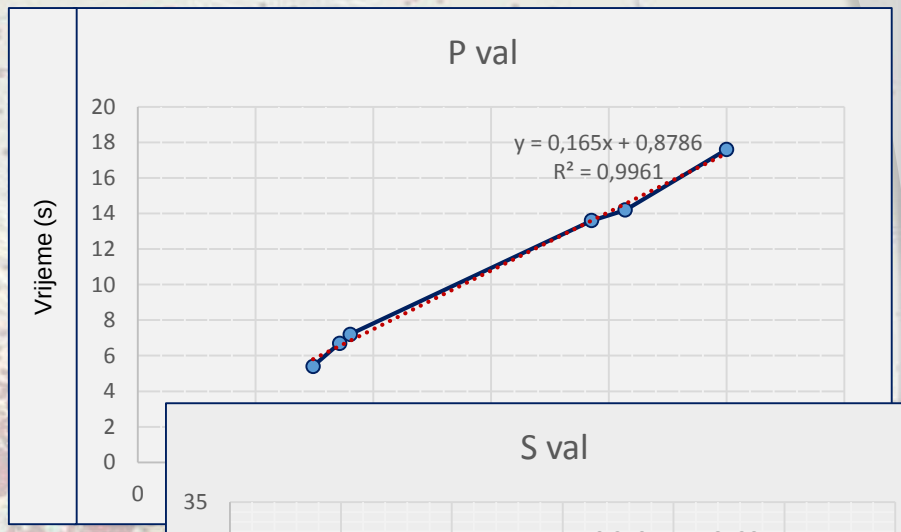
- Prvi val potresa do Zagreba je došao za 7.2 s, a drugi (S) val koji je jače zatresao grad za 12.4 s (nakon trenutka nastanka potresa
- Epicentralna udaljenost od Zagreba (centra) je 36 km

Stanje u Hrvatskoj – *prema sustavu promptnog reagiranja*

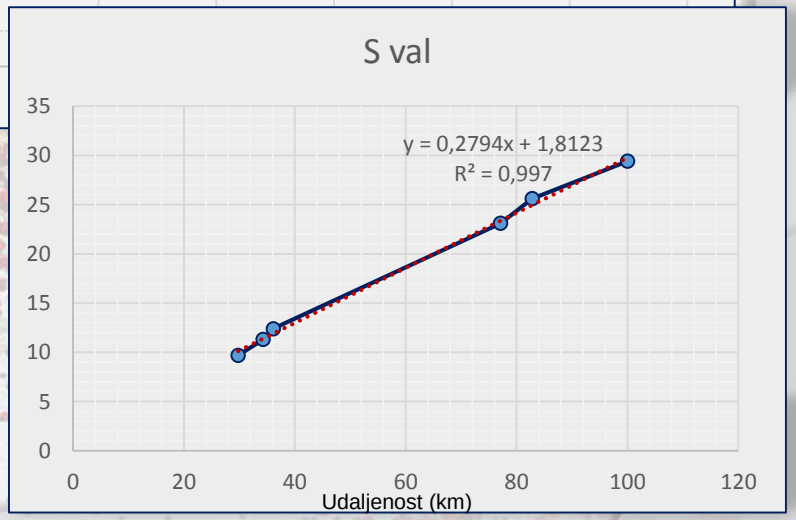


Za grad Zagreb – primjer potres 01.Studenoga 2015., kod Brežica, M=4.3

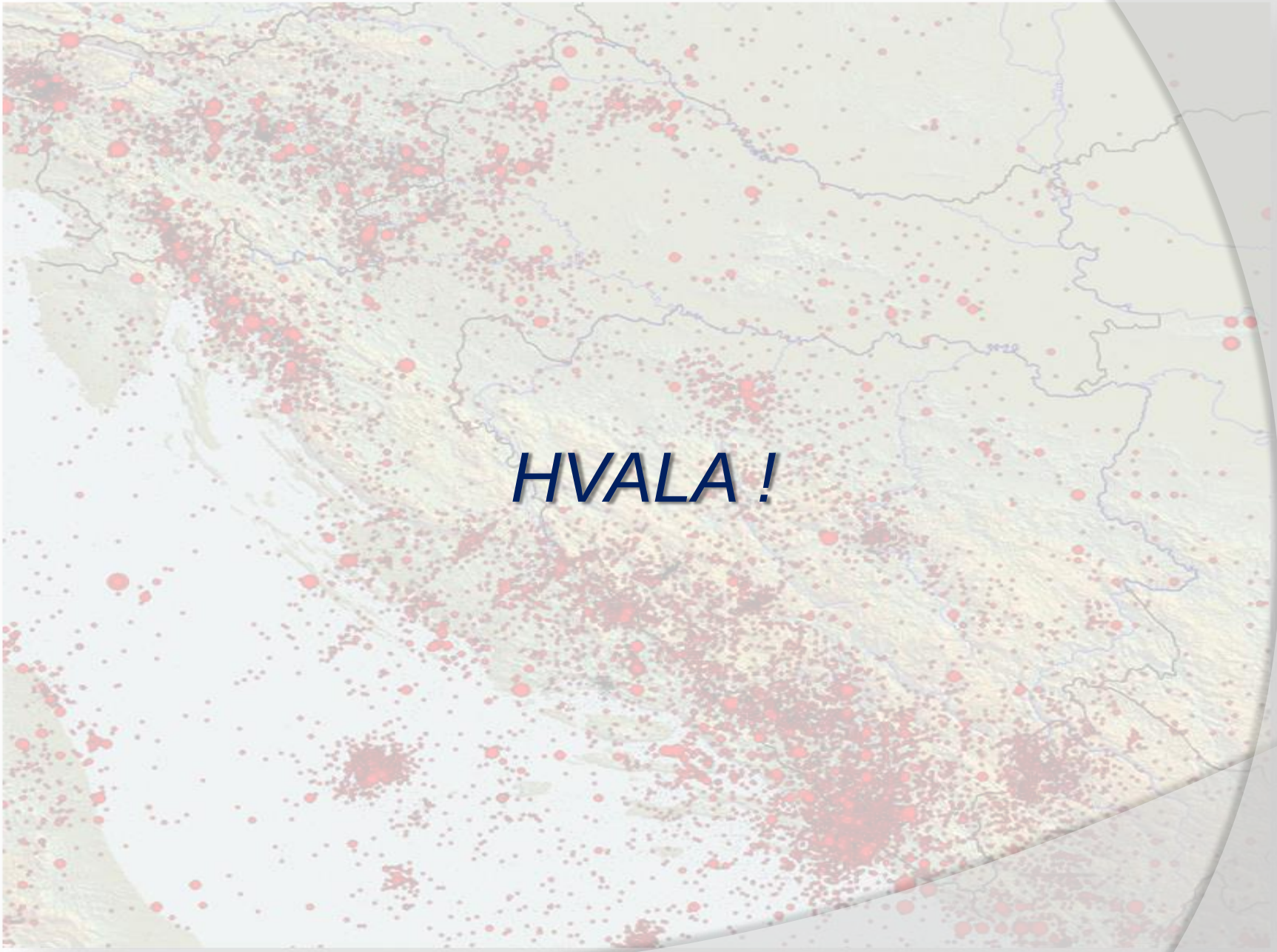




Kuk,K, 2016



- Sustav promptnog obavješćivanja i reagiranja danas je standard u svim razvijenim zemljama



HVALA !