

Európai földrengésveszélyek ábrázolása

QGIS 3.23, PostgreSQL 15, PostGIS 3.4 verzió

Összeállította: Szondy György, 2023

A jelen tanulmány tárgya egy a „Tér-idő adatmodellek és adatbázisok” című tárgyhoz kapcsolódó esettanulmány megvalósításának ismertetése. A feladatot térbeli adatbázis (Postgres/PostGIS) és a térbeli adatok megjelenítésére szolgáló, open-source QGIS segítségével valósítottam meg.

Tartalomjegyzék

Európai földrengésveszélyek ábrázolása

Tartalomjegyzék

Alapfeladat

Kiegészítő feladat – területek kitettsége, geometriával

Megvalósítási koncepció

Forrásadatok beszerzése, betöltése, előfeldolgozása

Földrengés adatok beszerzése

Földrengés CSV adatok betöltése

Földrengés adatok konvertálása, előfeldolgozása

Adatfeldolgozás

A hatás (h) függvény

A hatás függvény megvalósítása

A hatás sugarak generálása

A hatás sugarak betöltése

A földrengés hatás nézet megvalósítása

Földrengés adatok megjelenítése

Események megjelenítése

A földrengések hatásának megjelenítése

Továbbfejlesztési lehetőségek

A hatás közelítése Tóth László és társai által (2004)

Az adatbázis időbeli bővítése

Függelék

Magnitúdó jelentése

Alapfeladat

A feladat eredeti definíciója az alábbi volt:

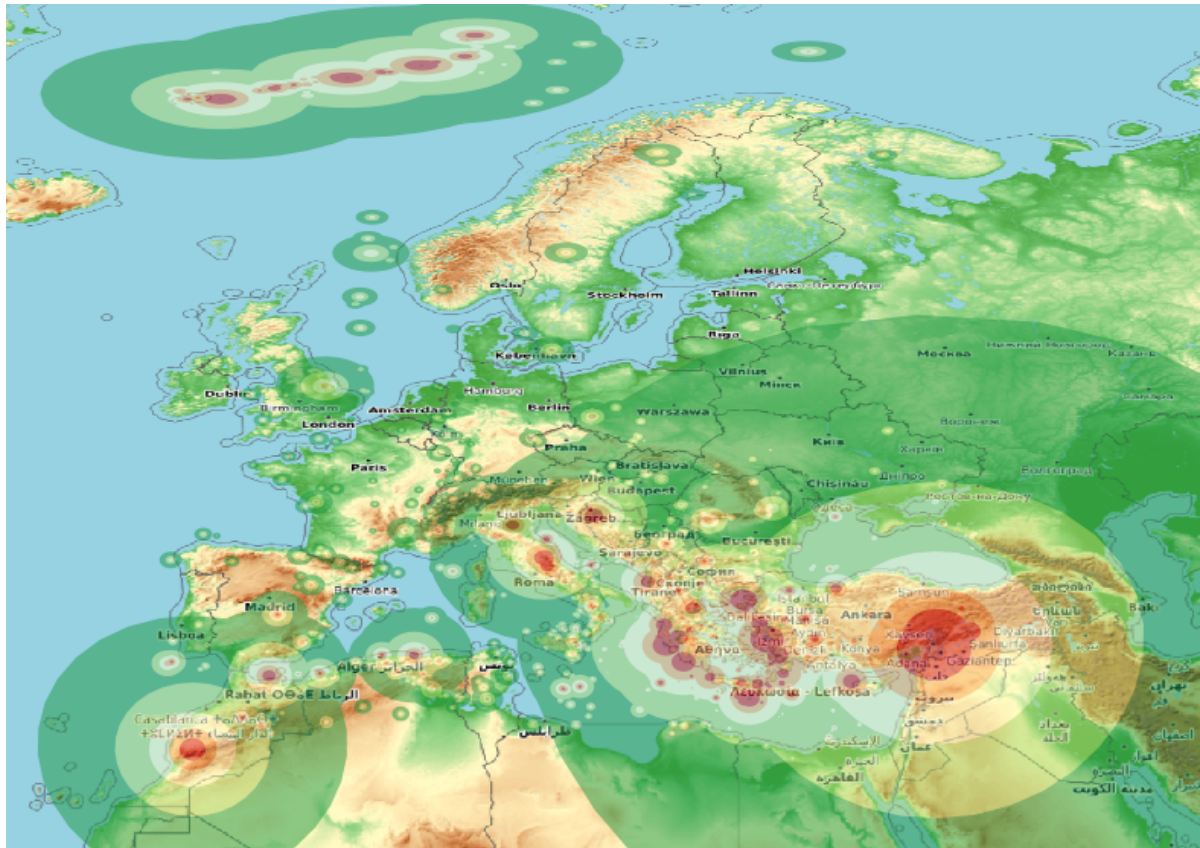
„Készítsünk postgres/postgis adatbáziskezelővel egy földrengés adatbázist, és jelenítsük meg az adatokat QGIS program segítségével, térképes vizualizációval.”

A feladatot az alábbiak szerint finomítottam:

- A földrengéseket kizárólag Európa területére vonatkozóan kerülnek az adatbázisba
- Kizárólag 2000 január 1 utáni földrengéseket használtam fel

Kiegészítő feladat – területek kitettsége, geometriával

Az előző feladat adatai alapján készítsünk olyan térképet, mely megmutatja, hogy egyes területeknek milyen a földrengés kitettsége. A rasztert az adott pont földrengés kitettsége alapján színezzük. A kitettség definíciója egy olyan függvény, mely elvileg a földrengések romboló hatását hivatott kifejezni. A függvényre k (kitettség) betűvel hivatkozunk és értéke függ a rengések gyakoriságától magnitúdójától, a távolságtól és a fészekmélységtől. Ehhez első lépésben definiáljuk egy adott földrengés hatását. Ezt impakt-függvénynek fogjuk nevezni és **H** (hatás) betűvel hivatkozunk rá. Ezeket külön alfejezetben definiáljuk.



Megvalósítási koncepció

A feladat megvalósítása (vízesésmodell szerint) logikailag az alábbi lépésekből állt:

1. A feladat megtervezése (ez a lépés)
2. Infrastruktúra kialakítása
3. Földrengésadatok beszerzése, adatbázisba töltése, előfeldolgozása
4. Az adatok feldolgozása, azon belül
 - Irodalomkutatás
 - Algoritmus megtervezése
 - Adatfeldolgozás megvalósítása
5. Az adatok megjelenítése
6. Dokumentáció készítése

A valóságban az említett feladatokat nem vízesésmodell szerint, hanem több iterációban, a tanulási folyamatnak megfelelően hajtottam végre. Természetesen az adatok és az eszköztár megismerésének eredményeképpen maga a feladat is fokozatosan fejlődött, amit csak ilyen módon, a ma divatos agilis hozzáállással lehetett kezelni.

Azan kívül elkerülhetetlen a tevékenységek folyamatos dokumentálása, mivel utólag sok döntést és megoldást már nem lehet felidézni, reprodukálni. Tehát a dokumentáció készítés alatt alapvetően a projekt során készített tervek és jegyzetek rendezését, strukturálását, kiegészítését kell érteni.

Az egyes lépésekhez kapcsolódó tevékenységeket az alábbi fejezetekben részleteztem.

Forrásadatok beszerzése, betöltése, előfeldolgozása

Forrásadatként olyan, az interneten elérhető adatforrást kerestem, ahonnan a földrengés adatok letölthetők. A Letöltött adatok formátuma tipikusan első közelítésben nem szokott megfelelő lenni, ezért azokat használat előtt konvertálni kell. Mivel a PostgreSQL adatbázis segítségével ezek a konverziók egyszerűen elvégezhetők, ezért az adatokat nyers formában betöltöttem az adatbázisba, és a szükséges konvertálást SQL segítségével végeztem el.

Földrengés adatok beszerzése

A földrengésadatok a GEOFON program (GFZ Potsdam - <https://geofon.gfz-potsdam.de/>) oldalról származnak. „Event locations were obtained from the GEOFON program of the GFZ German Research Centre for Geosciences using data from the GEVN partner networks.” Lekérdező felület: <https://geofon.gfz-potsdam.de/old/eqinfo/list.php>

Az adatokat North 30° és North 75° és West 10° és East 40° közötti tartományra leszűrve listáztam, és mentettem egy TXT fájlba. Az adatok 2007.08.01-től állnak rendelkezésre, ezért a fájl neve earthquake-europe-20070801-now.txt lett.

A fájl <tabulátor>ral elválasztott szöveges fájl, mely fejlécet is tartalmaz. A fájl adattartalma az alábbi:

Fejléc	Adatminta	Típus	Javasolt mezőnév
Origin Time UTC	2023.09.30 12:46:40	UTC időbélyeg	origin_time_utc
Mag	4.2	##.## szám	magnitude
Latitude degrees	42.66°N	###.##°N/S	latitude_degrees
Longitude degrees	6.00°W	###.##°E/W	longitude_degrees
Depth km	10	### szám	depth_km
A/M	A	A/M	a_m
Moment-Tensor	MT	MT	moment_tensor
Flinn-Engdahl Region Name	Spain	Text	region_name

Az adatokat a txt fájlból egy foldrenges_input nevű táblába töltjük, majd onnan egy script segítségével, konvertálva átemeljük az earthquake nevű, tényleges, operatív adattáblába.

Földrengés CSV adatok betöltése

A tábla neve foldrenges_input, definíciója:

```
CREATE TABLE public.foldrenges_input
(
    origin_time_utc character varying(19) COLLATE pg_catalog."default" NOT NULL,
    magnitude numeric(4,1) NOT NULL,
    latitude_degrees character varying(10) COLLATE pg_catalog."default" NOT NULL,
    longitude_degrees character varying(10) COLLATE pg_catalog."default" NOT
NULL,
    depth_km numeric(5,0) NOT NULL,
    a_m character varying(1) COLLATE pg_catalog."default",
    moment_tensor character varying(2) COLLATE pg_catalog."default",
    region_name character varying(128) COLLATE pg_catalog."default" NOT NULL,
    CONSTRAINT foldrenges_input_pkey PRIMARY KEY (origin_time_utc,
latitude_degrees, longitude_degrees)
)
WITH (
    OIDS = FALSE
)
```

A betöltés az alábbi SQL segítségével történik.

```
COPY foldrenges_input FROM '<path-to-file>/earthquake-europe-20070801-now-
nohead.txt' ( FORMAT CSV, DELIMITER(E'\t') );
```

Földrengés adatok konvertálása, előfeldolgozása

Az adatokat első körben a timestamp és a lat/lon koordinátákkal azonosítjuk, így nem engedünk többszörös betöltést. Az áttöltő script is csak az új adatokat emeli át.

```
insert into earthquake (origin_time_utc, latitude_degrees, longitude_degrees,
depth_km, magnitude, region_name, classification, coordinates_latlon)
(
    -- select the new entries together with the geometry object
    select x.*, POINT(x.longitude_degrees,x.latitude_degrees) :: geometry
    from
        (
            select -- calculates lat-lon numbers first
                i.origin_time_utc :: timestamp
                ,to_number(CASE right(trim(i.latitude_degrees),1) when 'S' then '-'
else '' END ||
                left(trim(i.latitude_degrees),-2), 'S999.99') as latitude_degrees
                ,to_number(CASE right(trim(i.longitude_degrees),1) when 'W' then '-'
else '' END ||
                left(trim(i.longitude_degrees),-2), 'S999.99') as longitude_degrees
                ,i.depth_km
                ,i.magnitude
                ,i.region_name
                ,i.a_m
            from foldrenges_input i
        ) x
    -- join existing entries
```

```

left outer join earthquake e on 1=1
and e.origin_time_utc = x.origin_time_utc :: timestamp
and e.latitude_degrees = x.latitude_degrees
and e.longitude_degrees = x.longitude_degrees
-- allow on-existing entries only
where e.origin_time_utc is null
)
;

```

Adatfeldolgozás

A koncepció megvalósításához első körben meg kell határozni az egyes földrengések hatását a távolság függvényében, majd ezekből a hatásokból megfelelő geometriai objektumokat kell létrehozni.

A hatás (h) függvény

A hatásfüggvény azt mondja meg, hogy egy adott földrengés milyen távolságban milyen hatást fejt ki. Ez leginkább a gyorsulás, vagy az energia mértékével jellemezhető. Mivel adott frekvencián az erő és az elmozdulás is a gyorsulással arányos, az energiai pedig a kettő szorzata, így az energia a gyorsulás négyzetével arányos érték lesz.

A hatásfüggvényt első közelítésben alapvető logikai megfontolások alapján határoztuk meg, majd igyekeztük a szakirodalom alapján pontosítani.

A függvényt első közelítésben úgy határozzuk meg, hogy értéke

$$R^* = M - c_1 \ln(r^2 + d^2) + c_0,$$

, ahol

- M – rengés magnitúdója
- r – a pont távolsága az epicentrumtól [km]
- d – a fészekmélység [km]
- c_0, c_1 – konstansok

A konstansokat úgy igyekszünk beállítani, hogy $d=10$ km és $r = 2$ km esetén $R^* = M$, és hogy 10^* es távolság esetén $dR = -2$ legyen. Ezek alapján

$$c_1 = 2/\ln(100) = 0.434294481903252$$

$$c_0 = c_1 * \ln(104) = 2.017033339298780$$

A hatás függvény megvalósítása

A fentebb definiált hatásfüggvényt két lépésben valósítottuk meg oly módon, hogy elsőként definiáltuk, hogy egy adott, M magnitúdójú földrengés mekkora sugárral fejt ki legalább $R^* < M$ hatást (`effectradius` tábla). Második lépésben ennek minden földrengéshez egy nézet (`v_eqeffect`) segítségével olyan koncentrikus köröket rendeltünk, melyek megmutatják az adott földrengés különböző távolságban kifejtett hatását.

A hatás sugarak generálása

A hatás sugarak generálását (`effectradius`) MatLab segítségével végeztem az alábbi program használatával.

```
clear all; close all;
% R = c1 * ln ((e^M/(r^2+d^2)) + c0
% R = c1 * (M - ln(r^2+d^2)) + c0
% R = c1 * (M - ln(4+100)) + c0
% M = c1 * M - c1 * ln(4+100) + c0
% M - 1 = c1 * M - c1 * ln(100)*ln(4+100)) + c0
% a1 = c1 -1
% a0 = c1 * (ln (c2) - ln(4+c3*100)) = c1 * (ln (c2) - ln(100)ln(4+c3*100)) + 1
% ln (c2) - ln(4+c3*100) = ln (c2) - ln(100)ln(4+c3*100)) + 1/c1
% (ln(100)-1) * ln(4+c3*100) = 1/c1
% ln(4+c3*100) = 1/(c1*(ln(100)-1))
% 4+c3*100 = e(1/(c1*(ln(100)-1)))
a11 = 4.7-log(104);
a21 = 4.7-log(100)*log(104)
A = [4.7-log(104), 1; 4.7-log(100)*log(104), 1]
y = [4.7;3.7]
c = A \ y
c1 = c(1)
c0 = c(2)
%%
[c1, c0]
format long
log104 = log(104)
log10400 = log(10400)
c1 = 2 / (log10400 - log104)
c0 = log104 * c1
R = @(r,d,M) M - c1 * log(r^2 + d^2) + c0
R(100, 10, 4.7)
f = @(r) R(r,10,7.6)
fplot(f, [0,2000], 'r-')
2/log(100)
%% generate circles
clc
format shortG
for M = 9.0:-0.1:7.4
    for m = M:-0.1:3.0
        f = @(r) R(r,0,M) - m;
        r = abs(fzero(f, 100));
        [M,m,r]
    end
end
end
```

A program kimenetét bemásoltam az `effect.csv` fájlba, majd az elválasztó jeleket `;`-re cseréltem.

A hatás sugarak betöltése

A hatás sugarakat (`effect.csv` fájl) az alábbi SQL segítségével töltöttem be a PostgreSQL adatbázis `effectradius` táblájába:

```
COPY effectradius
FROM 'effect.csv' ( FORMAT CSV, DELIMITER(';') );
```

A földrengés hatás nézet megvalósítása

A térképen megjeleníthető földrengés hatás területeket egy nézet (`v_eqeffect`) segítségével valósítottam meg. A nézet az alábbi mezőket tartalmazza:

Mezőnév	Funkció	Példa
id	Az adott földrengés-hatás páros egyedi azonosítója	5156_3.1
region_name	A földrengés terület neve	Hungary
magnitude	A földrengés magnitúdója	3.2
effect	A földrengés hatása	3.1
distance_km	A hatás sugara	11.4420
effect_area	A hatás geometriája (adott pozíció a hatás sugárral)	0103000020E6...

Mivel a megjelenítésnél azt szeretnénk, hogy a nagyobb hatás (`effect`) az előtérbe kerüljön, ezért a view definícióban az adatokat a növekvő effect szerinti sorrendben adjuk vissza. A nézet definíciója az alábbi:

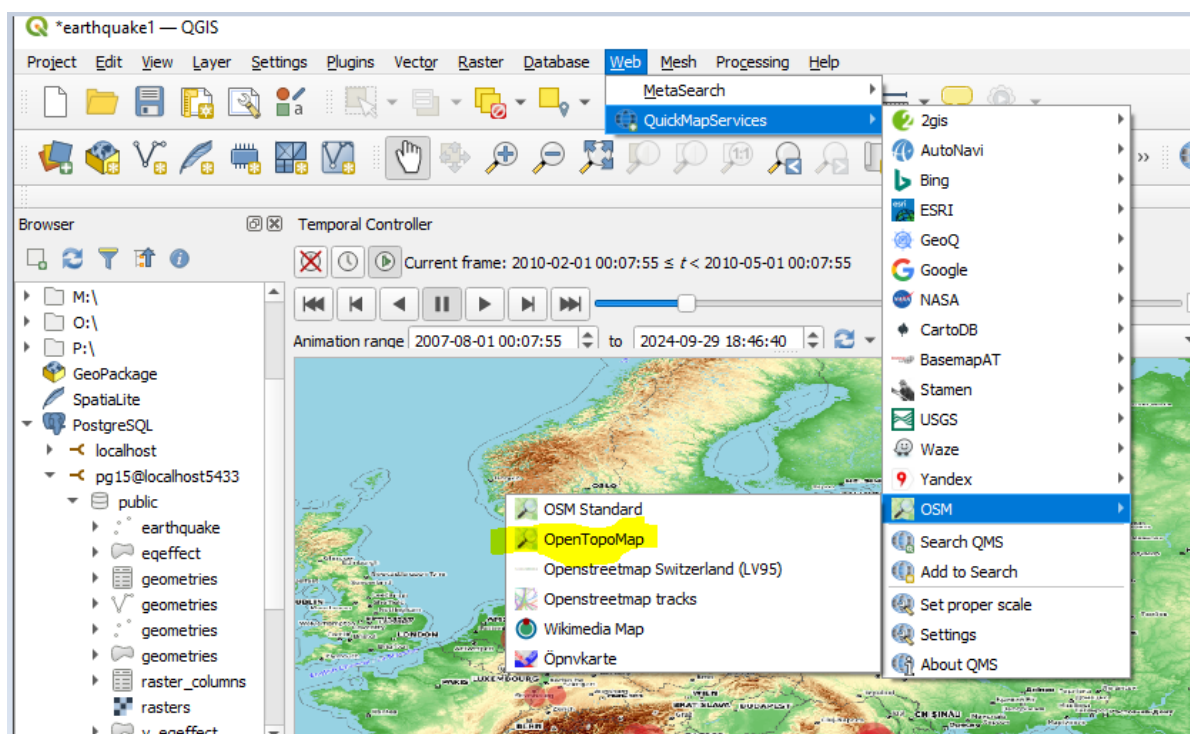
```
CREATE OR REPLACE VIEW public.v_eqeffect
AS
SELECT (e.eq_id || '_'::text) || er.effect AS id,
       e.region_name,
       e.magnitude,
       er.effect,
       er.distance_km,
       st_buffer(e.coordinates_latlon, (sqrt((er.distance_km ^ 2::numeric) -
(e.depth_km ^ 2::numeric)) * 1000.0)::double precision) AS effect_area
FROM earthquake e
      JOIN effectradius er ON er.magnitudo = e.magnitude AND er.distance_km >
e.depth_km
ORDER BY er.effect;

ALTER TABLE public.v_eqeffect
OWNER TO gisuser;
```

Földrengés adatok megjelenítése

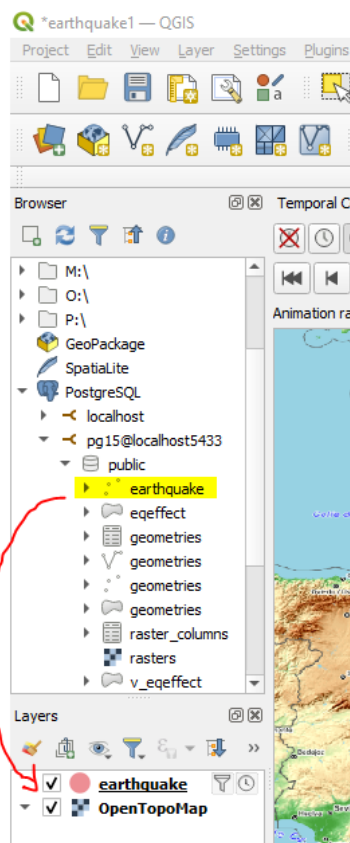
A földrengés adatok megjelenítéséhez QGIS programot használtam. A QGIS program képes közvetlenül rákapcsolódni a PostgreSQL adatbázisra, és az onnan olvasott adatokat megjeleníteni.

A földrengés adatokat kétféleképpen jelenítettem meg. Egyrészt mint események, másrészt az események hatása. A megjelenítés háttereként minden esetben az OpenTopoMap térképet használtam. A térkép layer hozzáadása a Web/QuickMapServices/OSM/OpenTopoMap menüpont segítségével adható hozzá a projekthez.



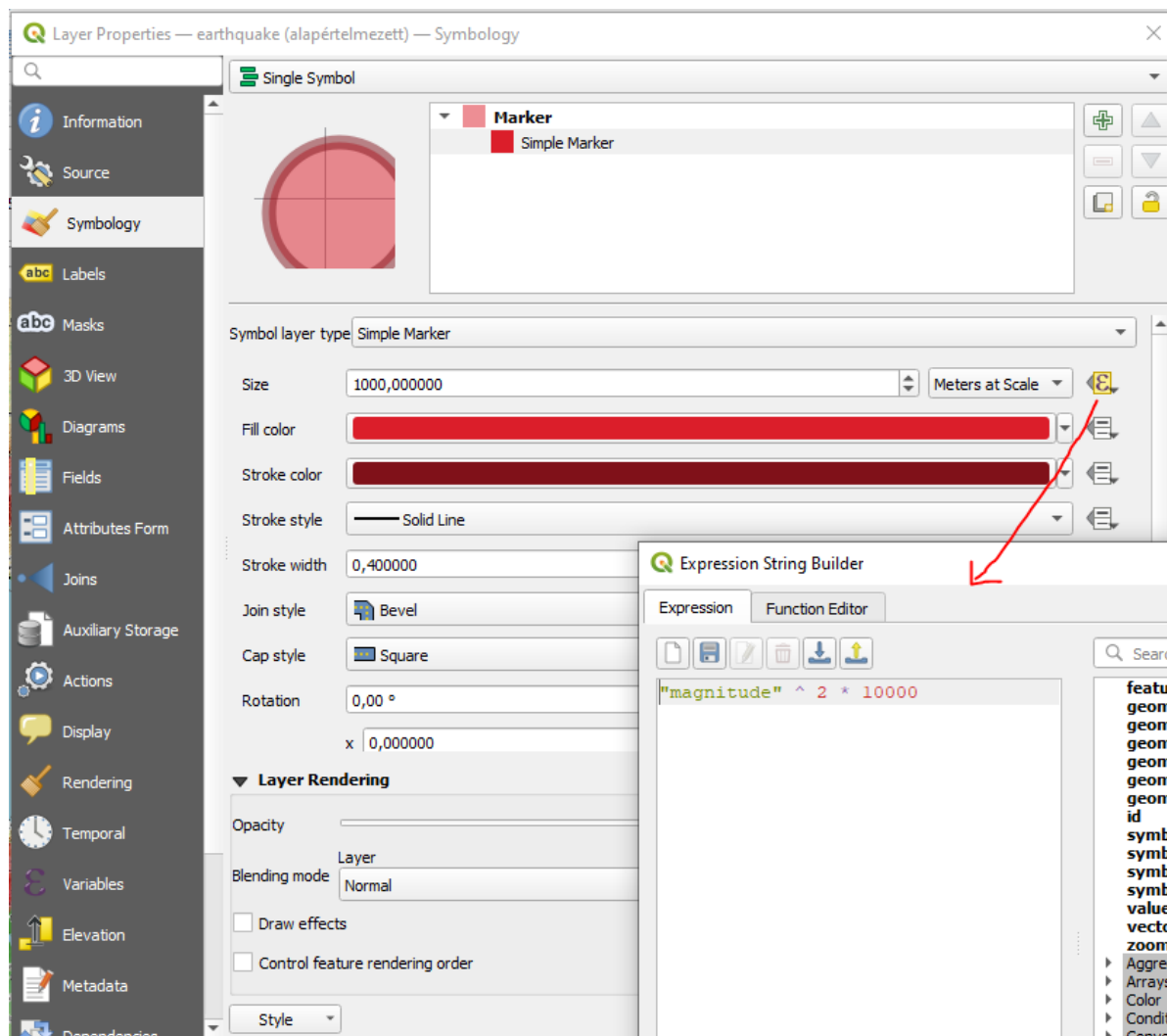
Események megjelenítése

Az földrengés események a postgres1 adatbázis earthquake táblájából származnak. A táblát kiválasztva bekerül a megjelenítendő layer-ek közé.

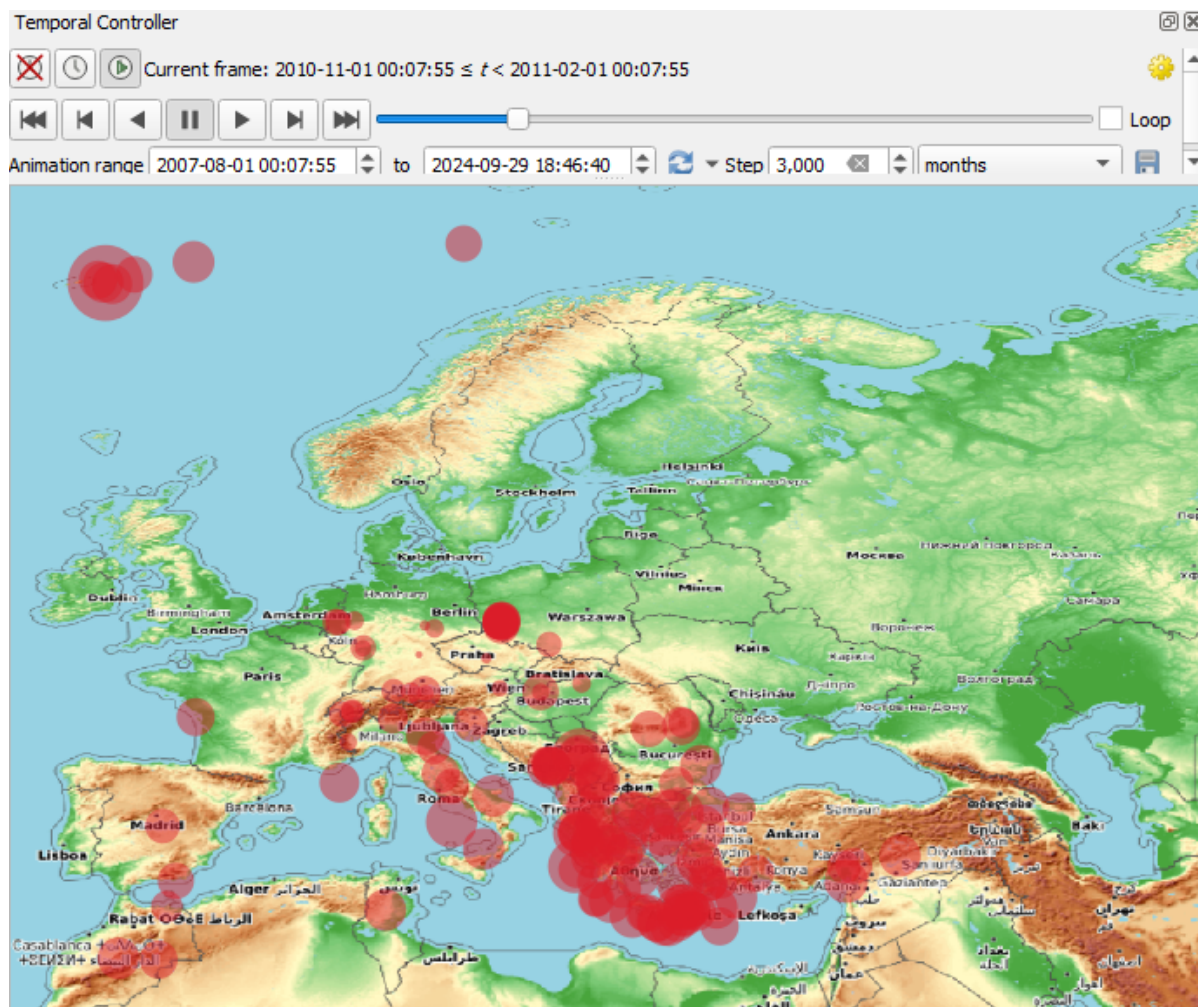


A megjelenítés beállításai jobb egérgombbal a layer sorára kattintva és a Properties/Tulajdonságok opciót kiválasztva érhetők el. A megjelenítéshez egyszerű markert (Simple Marker) használtam, melynek színét pirosra, átlátszóságát pedig 50%-osra állítottam.

A leglényegesebb paraméter a szimbólum mérete, melyet méterben, a méret mellett elérhető képletszerkesztő segítségével adtam meg. A méret a magnitúdó (magnitude oszlop) négyzete *10 000m értéket kapta. Így a kisebb földrengések kisebb, a nagyobbak nagyobb koronggal kerültek ábrázolásra.



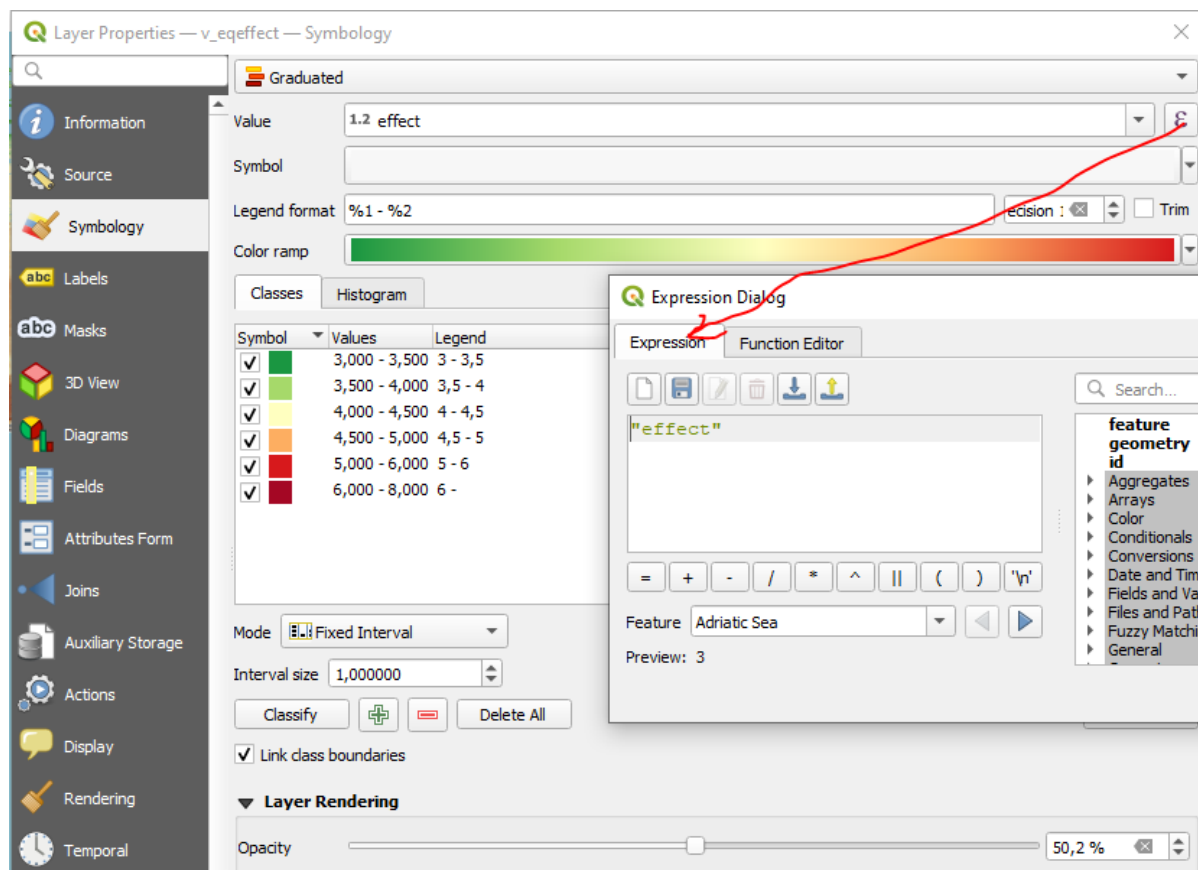
Ezen kívül - második lépésként - beállítottam a földrengés dátumára (`origin_time_utc` mező) egy 3 hónapos időbeli szűrést is, melynek segítségével lehetőség van a földrengések történeti lejátszására is.



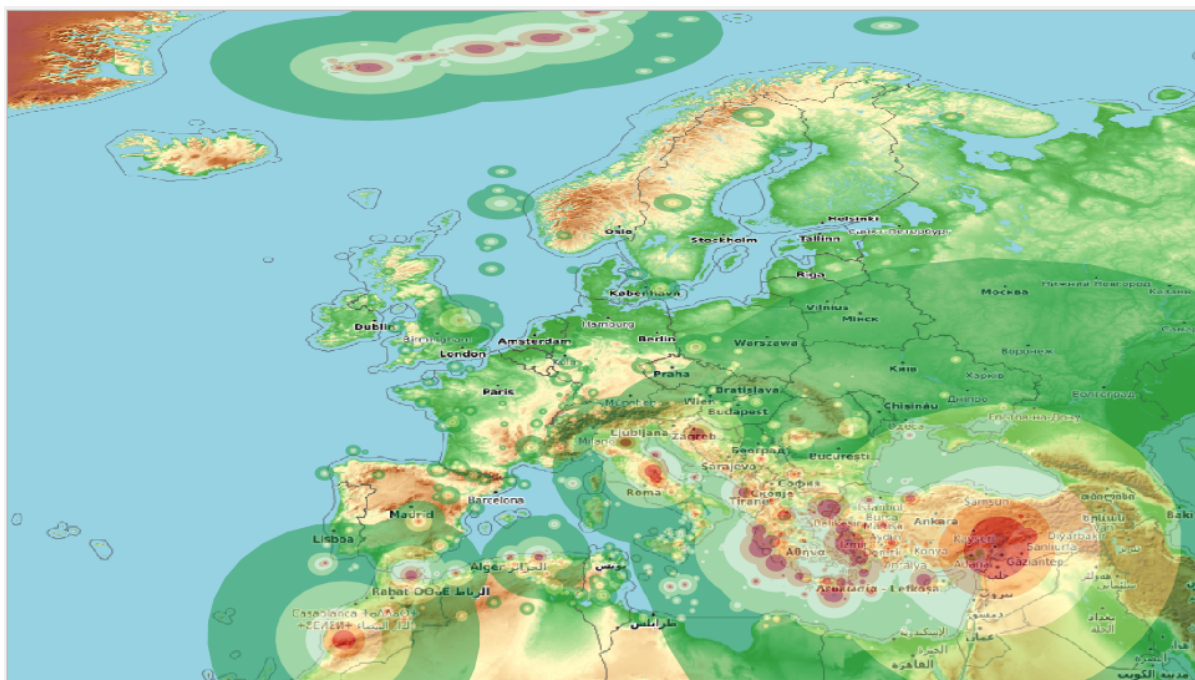
A földrengések hatásának megjelenítése

A földrengések hatását szintén az OpenTopoMap térképen jelenítettem meg. Az adatokat a korábbiakban ismertetett `v_eqeffect` nézet tartalmazza.

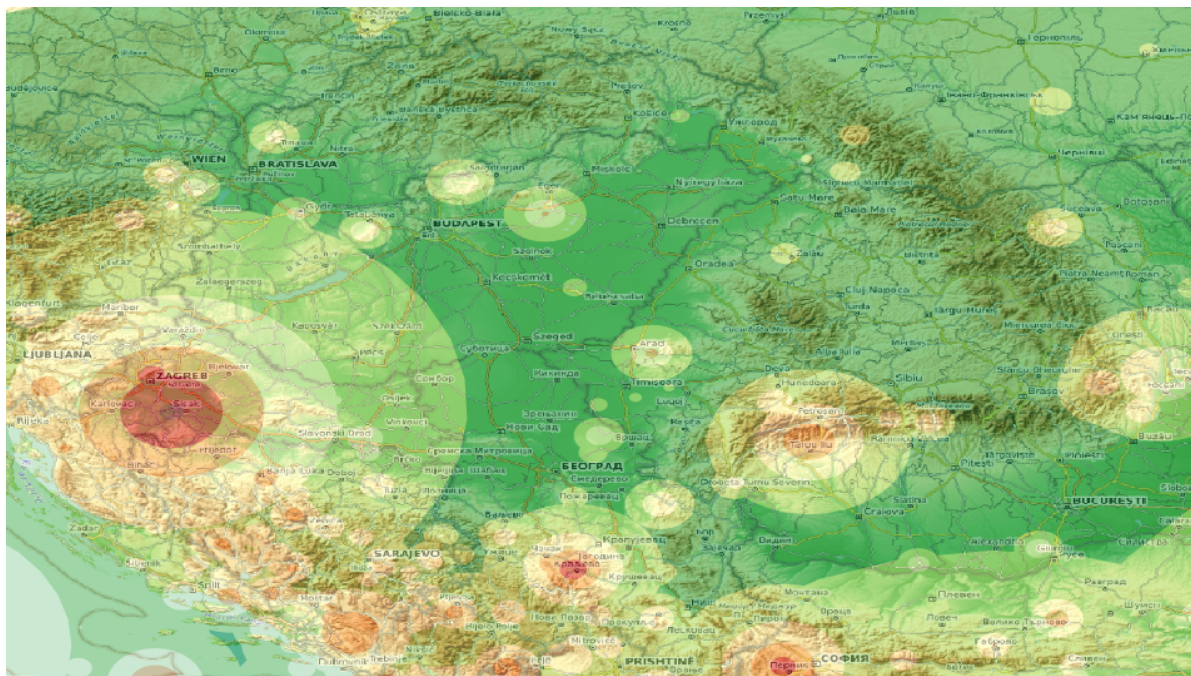
A beolvasott adatokat (veszélyeztetettségű területek) 50%-ban átlátszó színskálával ábrázoltam, melyet a kifejtett hatás (`effect` mező) alapján színeztem zöld, sárga és vörös színekkel. A beállításokat az alábbi képernyőkép mutatja.



Az ábrázolás alapján szépen látszik, hogy az utóbbi ~15 évben mely területeken fordulnak elő nagyobb földrengések, és azok mely területekre voltak kisebb, vagy nagyobb hatással, és mely területek azok, melyek esetén legfeljebb csak távoli földrengések hatása érezhető.



Ilyen szempontból Magyarország kifejezetten nyugodt hely...



Továbbfejlesztési lehetőségek

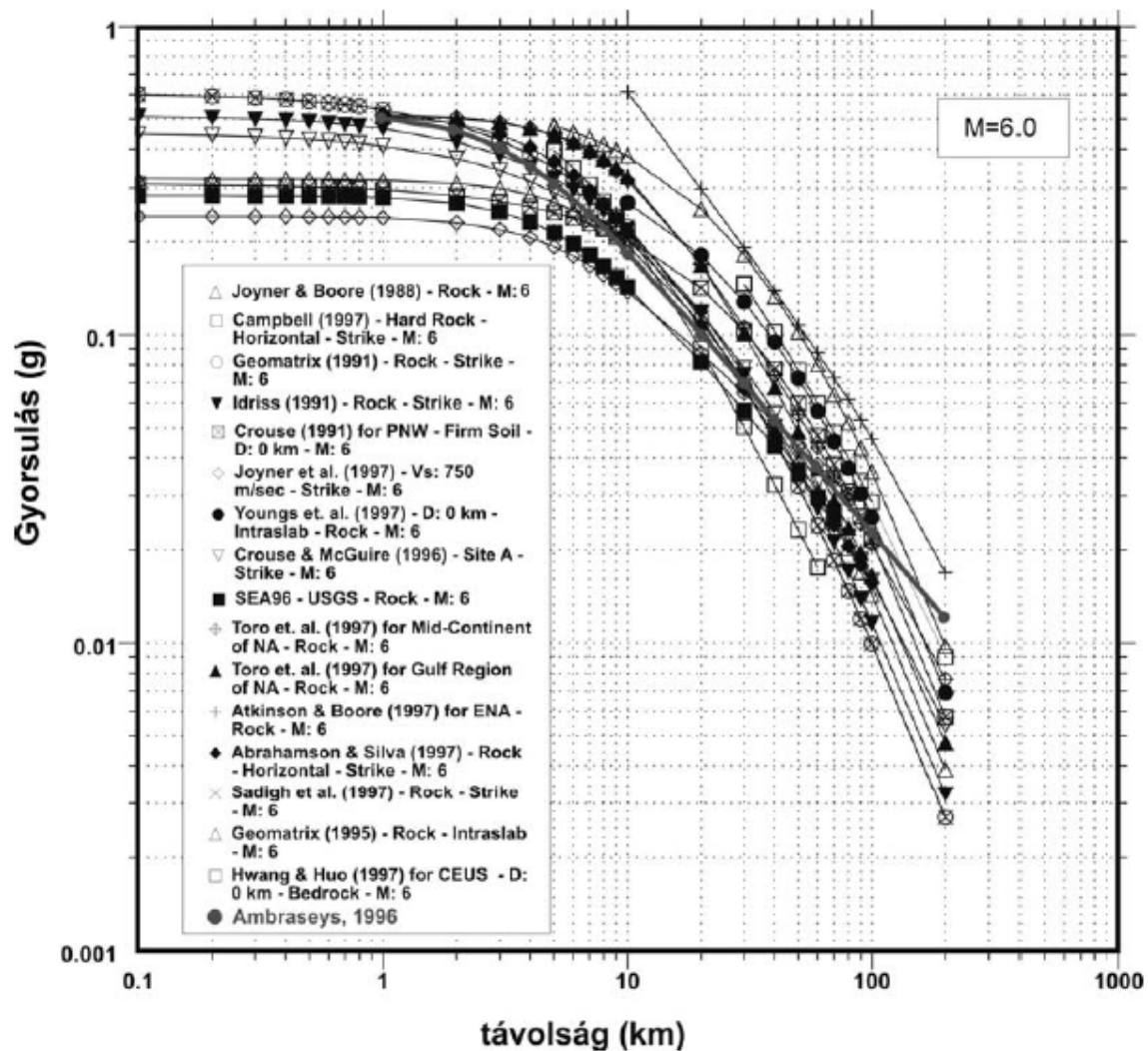
A továbbfejlesztésre több irányban is lehetőség van.

1. A hatásfüggvény finomítása, valamint az átfedések és a gyakoriság figyelembe vétele az idézett irodalom alapján
2. Szofisztikáltabb megjelenítés, esetleg raszteres megjelenítés - ez utóbbi a performancia javítása érdekében
3. Az adatbázis időbeli bővítése, esetleg a kisebb magnitúdójú rengések kiszűrése

A hatás közelítése Tóth László és társai által (2004)

Az alábbi, Tóth László és társai 2004-es publikációjából átvett ábra a hatás távolságfüggését mutatja.

Ezek szerint 10x-es távolság esetén a gyorsulás nagyjából 1/20-ad részére csökken, vagyis a hatás körök az logikai megfontolások alapján számoltnál valamivel kisebbek lesznek (a csillapodás miatt).



Az adatbázis időbeli bővítése

A Magyarországról kapott ideális kép némileg csalóka, hiszen az adatbázis a 2007-2023 közötti időszakra korlátozódik, és nem tartalmazza a korábbi, általunk ismert rengéseket.

A legnagyobb magyarországi rengések, melyek már szerepelnek a jelen adatbázisban, illetve látszanak az ebből készített térképen csupán 4,7-es magnitúdójúak voltak. Ezeket 2011. januárjában Oroszány környékén, illetve 2013. áprilisában Heves megyében észlelték.

A korábbi rengések közül talán a legismertebb a Budapest környékén (Dunaharaszti mellett) 1956. január 12-én reggel kipattant 5,6-es magnitúdójú földrengés, ami komoly károkat okozott. Ezt megelőzően 1911 július 8-án Kecskeméten volt szintén 5,6-es erősségű rengés. 4,8-es erősségű rengést 1985. augusztus 15-én észleltek Berhida környékén.

Ezekkel az ismert rengésekkel mindenképpen hasznos lenne bővíteni az adatbázist.

Függelék

Magnitúdó jelentése

foldrenges.hu/magnitudo

http://www.foldrenges.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=15:magnitudo&catid=19&Itemid=23

A földrengés magnitúdóját megkapjuk, ha a földrengés epicentrumától 100 km-re lévő szabvány szeizmográf felvett szeizmogramban megmérjük a műszer által jelzett legnagyobb kitérést mikronban (10^{-6} m), s annak tízes alapú logaritmusát vesszük. <http://varkapu.info/egyeb/mi-is-az-a-richter-skala/>