

# Zemětřesení v Čechách a sesuvy půdy

Mohou geotermální vrty a seismická indukovaná vrty souvisejícími se stavbou geotermální elektrárny či jejím provozem aktivovat svahové nestability (sesuvy svahů)? To je otázka, která zaujala obyvatele řady lokalit, v nichž se uvažuje o projektech geotermální elektrárny. Jedním z nich je i projekt takové elektrárny ve městě Semily, kde se obyvatelé obávali aktivace svahových nestabilit (svahových sesuvů) již na základě zahájení vrtných prací vlivem indukované seismicity a tato obava pronikla i do zpráv České geologické služby.

Obecně řečeno, v některých oblastech světa jsou sesuvy vyvolány zemětřeseními, ale tato zemětřesení jsou mnohonásobně silnější, než jaká by mohla být indukována v důsledku výstavby nebo provozu geotermální elektrárny. Porovnejme situaci, která by mohla při výstavbě tepelného výměníku v Semilech nastat, se situací v západních Čechách, kde se opakovaně projevuje přirozená seismická aktivita s podobnou intenzitou, jaké by mohla dosáhnout indukovaná seismická aktivita v důsledku stavby geotermální elektrárny. Prozradme předem, že ukazujeme, že aktivace sesuvu v západních Čechách nemá nic společného se zemětřeseními v této oblasti. Tato studie se zabývá pouze faktickým nebezpečím vyvolání sesuvu zemětřesením v ČR a nehodnotí smysluplnost či ekonomiku stavby geotermální elektrárny v Semilech či kdekoliv jinde na světě.

Zemětřesení je relativně rychlý pohyb dílčích bloků ve svrchních vrstvách planety Země, který je projevem uvolnění napětí mezi těmito bloky – např. vyvolaný pohyb zemských litosférických desek nebo uvolnění napětí mezi vnitrodeskovými zlomy. K vyjádření množství energie uvolněné zemětřesením se používá veličina zvaná magnitudo a k vyjádření projevů zemětřesení na zemském povrchu se používá makroseismická intenzita. Magnitudo se určuje pomocí různých útlumových charakteristik z měřené výchylky seismometru, kdežto makroseismická intenzita se určuje ze statistického vyhodnocení účinků zemětřesení na osoby, budovy a krajinu. Každé zemětřesení je charakterizováno jednou hodnotou magnitudo a mapou makroseismické intenzity na povrchu v závislosti na poloze vůči hypocentru. Zemětřesení mohou vyvolat sesuvy dvěma způsoby: silnými otřesy půdy anebo zvýšeným pórovým tlakem v důsledku procházejících seismických vln. Oba způsoby nestabilit je

možné vyvolat jen při vysokých seismických intenzitách, obecně převyšujících stupeň VI.

Při budování/výstavbě geotermální elektrárny je nutné vytvořit tepelný výměník. Ten vzniká hydraulickým štěpením v hloubkových vrtech (např. v Semilech se předpokládá hloubka přibližně 5 km). Toto štěpení, ale i samotný provoz mohou vyvolat slabá zemětřesení. Tato zemětřesení mapují tepelný výměník a výjimečně mohou být pocítěna na povrchu. Velikost těchto otřesů je kontrolována systémem „semafor“, který podle dohodnutých parametrů stanoví maximální magnitudo nebo maximální intenzitu pocítěnou na povrchu. Pro srovnání: maximální magnitudo indukované v Evropě při vytváření tepelného výměníku bylo 3,4 v Basileji. Maximální magnitudo přirozených zemětřesení v západních Čechách bylo 4,8. Magnitudo je logaritmická stupnice, a proto zemětřesení v západních Čechách bylo asi 125krát větší než indukované zemětřesení v Basileji. Obě zemětřesení způsobila podobnou intenzitu otřesů na zemském povrchu (basilejské zemětřesení dosáhlo maximální intenzity IV–V, západočeské maximální intenzity V–VI), protože silnější zemětřesení v západních Čechách bylo hlouběji (tj. dále od povrchu). Obr. 1 ilustruje skutečnost, že mělká zemětřesení s menší hodnotou magnitudo dosahuje stejných intenzit jako hlubší zemětřesení s vyšší hodnotou magnitudo, avšak s menším plošným rozsahem.

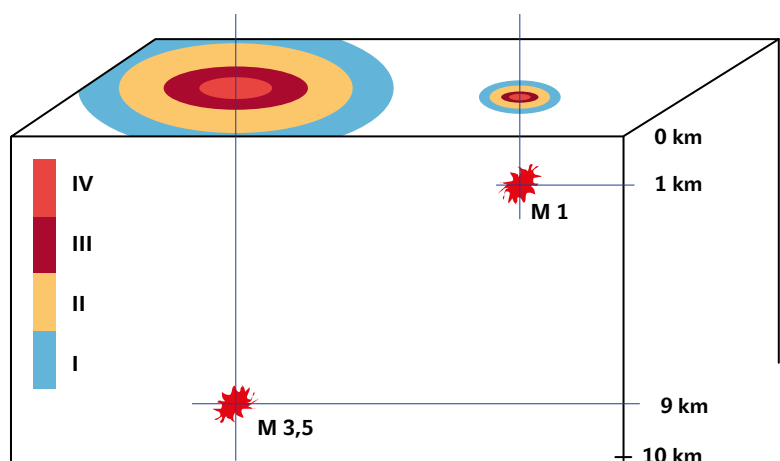
Jako hlavní příčina svahových deformací a svahových pohybů se nejčastěji uvádí geomorfologická a geologická stavba, kde dochází k výrazné změně hydrogeologických, dynamických a klimatických podmínek. Tyto

**RADOSLAV JENÍČEK  
LEO EISNER**

Bc. Radoslav Jeníček (\*1987) vystudoval geofyziku a hydrogeologii na Přírodovědecké fakultě MU v Brně. Tato studie vznikla v průběhu jeho praxe ve spol. Seismik s. r. o.

Mgr. Leo Eisner, Ph.D., (\*1970) vystudoval geofyziku na MFF UK. Doktorát získal na Kalifornské technice v Pasadeně (California Institute of Technology). Zabývá se řadou matematických metod analýzy a modelování seismických dat, indukovanou seismicitou, optimalizací monitorování. V roce 2009 mu byl AV ČR udělen Fellowship J. E. Purkyně na období 2010–2014.

**1. Schematický obrázek – vliv hloubky zdroje zemětřesení na intenzitu na povrchu.**



**2. Mapa s polohami epicenter zemětřesení a sesuvu (převzato z [www.ig.cas.cz](http://www.ig.cas.cz) 2013). Silnější zemětřesení roje byly zaznamenány v letech 1903, 1908/1909, 1914, 1919, 1936, 1962, 1973, 1985/1986, 2000, 2008, 2012. Nejsilnější seismický roj ve 20. století byl zaznamenán v západních Čechách na přelomu let 1985 a 1986. Nejsilnější otřes tohoto roje byl 21. 12. 1985 v 10:16 hodin světového GMT (greenwichského) času s magnitudem 4,6 a byl pocíten obyvatelstvem v V. až VI. stupni intenzity podle tabulky EMS – 98. Od devadesátých let je oblast cílem zvýšeného zájmu seismologů za účelem poznání seismického režimu oblasti a jeho případné souvislosti s dalšími neobvyklými jevy vyskytujícími se v této oblasti. V západních Čechách se nachází dva významné sesuvy. Jde o sesuv v katastrálním území města Chebu a o sesuv v katastrálním území Tisová v okrese Sokolov.**



příčiny geneze jsou příznačné především pro plošně rozsáhlé sesuvy. Menší, velmi lokální sesuvy, bývají nejčastěji spojovány zejména s nepříznivými inženýrsko-geologickými poměry (sklon svahu, zvodnělý půdní horizont atd.), povrchovou lidskou činností (silniční doprava) a podpovrchovou činností (těžební, stavební a výkopová činnost). Častým faktorem ovlivňujícím aktivaci svahové deformace bývá také boční eroze toků a podřezávání paty svahů. Bezprostřední příčinou aktivace svahových půdních sesuvů v České republice jsou až na výjimky extrémní srážky spojené s následnými povodňovými událostmi. V okolí Jizery více než 90 % nově vznikajících sesuvů bývá plošně lokalizováno do již starých sesuvných území.<sup>1</sup>

### Lze najít nějaké spojení mezi seismicitou a sesuvy na území České republiky?

Oblast západních Čech je spolu s přilehlou oblastí Vogtland na západě německého státu Sasko. dějištěm zajímavého přírodního fenoménu, tzv. zemětřesených rojů. Po delším období klidového stadia vzniká seismický roj, kde během relativně krátkého období dochází ke vzniku velkého množství zemětřesení v omezené oblasti. Nejvýznamnější seismickou i rojovou aktivitu má především okolí Nového Kostela na české straně této oblasti. Seismická aktivita západních Čech je známa již z historických pramenů.

V tomto článku srovnáváme výskyt a aktivaci sesuvů s přirozenou seismicitou oblasti (obr. 2). První zmínka o sesuvu v Chebu se datuje k počátku 20. století, kdy byl v kompaktním bloku vyhlouben zářez pro potřeby stavby železnice. V roce 1999 byla vydána zpráva<sup>2</sup> o doplňkovém geotechnickém průzkumu pro sanaci svahů zářezu trati ČD Cheb – Schirnding v km 148,63–450,40, ve které byla jako hlavní příčina sesuvu uvedena situace,

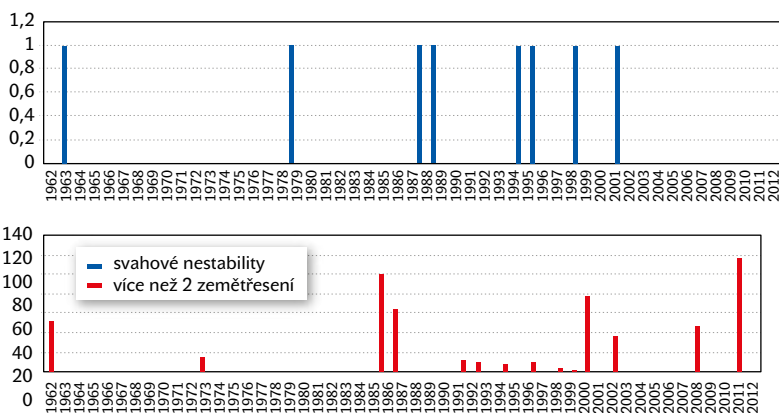
kdy v závislosti na srážkách dochází tlakem vody k rozplavení jílovitého a prachovitého materiálu. Díky nepravidelným intenzivním výronům je vyplaveno i určité množství dané frakce, čímž dochází ke zmenšení objemu. Následně dochází k poklesu horní hrany svahu, vzniku zátrhů a postupnému utržení celé horní hrany svahu. Obdobné chování vykazuje sesuv u Březové, v mapě sesuvu označovaná jako „Tisová“, která se nachází v okrese Sokolov.

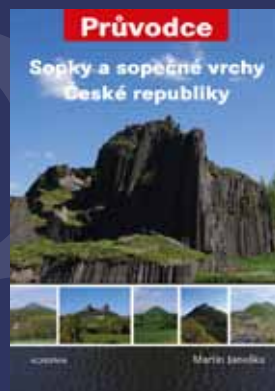
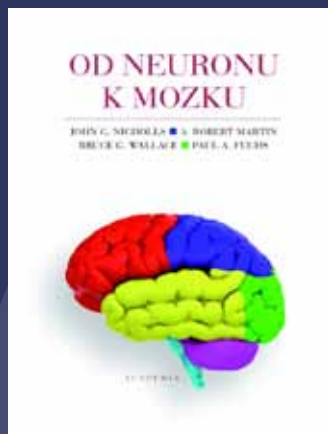
V roce 1998 byla vydána zpráva<sup>3</sup>, která se zabývala inženýrsko-geologickými, hydrogeologickými a sanačními poměry v dané lokalitě. Po prozkoumání lokality ze všech výše uvedených hledisek se ve zprávě uvádí jako hlavní příčina svahových pohybů vydatné atmosférické srážky v kombinaci s nevhodným inženýrsko-geologickým postupem při stavebních pracích. Z dostupných informací – jak z archivních inženýrsko-geologických zpráv uložených v archivu České geologické služby Geofondu, tak ze záznamů a vědeckých publikací o seismické aktivitě v západních Čechách – vyplývá, že spouštěčem (aktivátorem) sesuvu v západních Čechách nejsou zemětřesené události.<sup>4</sup> Při nejsilnějších otřesech v letech 1985/1986, 2000 a 2008 nebyla zaznamenána ani pozorována žádná aktivace sesuvu, jak ukazuje obr. 3 – časové porovnání známých aktivací sesuvů a zemětřesení s magnitudem vyšším než 2. Tato časová řada jasně ukazuje, že mezi aktivací sesuvu a výskytem zemětřesení v západních Čechách není časová souvislost, sesuvy se téměř nevyskytují v letech, kdy jsou zemětřesení. Hlavním aktivátorem sesuvu jsou zde klimatické faktory, a to zejména vydatné atmosférické srážky a tání sněhu v jarních měsících.

Podobná situace panuje i v okolí města Semily. Semily jsou okresní město ležící na severovýchodě Čech a jihovýchodě Libereckého kraje. Jsou situovány v kotlině na řece Jizere ve výšce 340 metrů nad mořem. V roce 2009 vydala Česká geologická služba zprávu, v níž se uvádí že v polovině března 2002 byl aktivován menší sesuv, jehož odlučná hrana probíhala silnicí z Bítouchova do Semil.<sup>1</sup> Rozměry tohoto sesuvu s předpokládanou hloubkou smykové plochy 5 m byly přibližně 60×60 metrů. Přesto měl ale sesuv velmi destruktivní účinky. V těle sesuvu stál dvojdomek, který byl významně porušen tahovými trhlinami. Utržená část vozovky poklesla o 30 centimetrů. Počátkem června 2002 probíhala stabilizace silnice pilotovou stěnou, statika dvojdomku byla ovšem natolik porušená, že byla nutná jeho demolice. V současné době je sesuv stále aktivní, rozšiřuje se, přičemž narušuje západněji položené stavby.

Podle této zprávy nejsou při budování nové zástavby v této oblasti respektovány přírodní poměry (např. v severní části Semil „U čtrnácti pomocníků“ docházelo v minulých letech k výstavbě rodinných domků těsně za hranou rozsáhlého sesuvného území). Kvůli neuváženým stavebním zásahům nebo vlivem častějších klimatických výkyvů pak

### 3. Graf porovnání aktivace sesuvů (horní panel) a výskytu zemětřesení (spodní panel) v západních Čechách v čase.





Více info na [www.academia.cz](http://www.academia.cz) nebo na facebooku: <http://www.facebook.com/nakladatelstvi.academia>

INZERCE

dochází k vyvolání sesuvu v blízkosti stavby nebo inženýrských sítí a ke škodám na majetku. Následná sanace pak mnohonásobně převyšuje finanční prostředky na základní inženýrsko-geologický průzkum, který by měl být v takto geologicky komplikovaném a k sesuvům náchylném území součástí každé, byť sebemenší stavby. Tato studie ale nepodporuje či nehodnotí smysluplnost stavby a provozů geotermálních elektráren, pouze technicky diskutuje možnosti vyvolání sesuvů půdy.

Ze všech dostupných informací jednoznačně vyplývá, že sesuvy v České republice jsou způsobeny téměř výhradně klimatickými jevy, které jsou zároveň jejich hlavními aktivátory. Přírodní zemětřesení v západních Čechách mají intenzitu na povrchu převyšující předpokládanou intenzitu indukovaných jevů spojených s budováním/provozem geotermálních elektráren. Navíc současná technologie umožňuje zabránit indukovanému zemětřesení, jejichž intenzita by na povrchu překračovala předem dohodnutou bezpečnostní normu. Neexistuje tedy vědecký argument, který by indikoval, že indukovaná zemětřesení nepřevyšující intenzitu IV by mohla způsobit sesuvy v České republice.

1) Kysel P.: Vývoj a rizikovost svahových deformací v údolí řeky Jizery východně od Semil. Zpráva o geologických výzkumech v roce 2009, Česká geologická služba, s. 101-104, 2009.

2) Činka J.: Zpráva o doplňkovém geotechnickém průzkumu pro sanaci svahů zářezu trati ČD Cheb - Schirnding v km 148, 6 -150, 40, s. 12-15, 1999.

3) Juranka P.: Zpráva I. + II. etapy doplňkového inženýrsko-geologického průzkumu sešuvného území u Březové (elektrárna Tisová), s. 13-17, 1998.

4) Tílšarová R., Nehybka V.: Západní Čechy 1991-2005 - přehled seismické aktivity podle oblastí. In: Sborník 15. regionální konference „Nové poznatky a měření v seizmologii, inženýrské geofyzice a geotechnice“. Sborník vědeckých prací VŠB - TU Ostrava, řada stavební 6, 301-307, 2006/2.

5) [www.ipe.uni.cz](http://www.ipe.uni.cz) 2013.

INZERCE

## 9. STUDENTSKÁ KONFERENCE

20. září 2013 | Mendelova univerzita v Brně

Navštivte finále soutěže Student GIS Projekt 2013, kde absolventi představí své práce s tematikou geografických informačních systémů Esri a ENVI.

Seznámíte se s projekty univerzit a poznáte nadějně mladé geoinformatiky.

Účast na 9. studentské konferenci je zdarma!

Více informací na [www.arcdata.cz](http://www.arcdata.cz)

ARCDATA PRAHA  
esri Official Distributor

Lesnická a dřevařská fakulta

Mediální partneři 9. studentské konference:

vesmír

gis portal .cz

NATIONAL GEOGRAPHIC ČESKO