

Földrengés, vulkán és cunami

Indonézia a természeti veszélyforrások tárháza. Szinte minden veszélyforrás megtalálható, így vulkánkitörés, földrengés és cunami is.

A. Merapi vulkánkitörés



1. ábra: Vulkáni hamufelhő a Merapi kitörésekor, Yogyakarta Vulkanológiai Hivatal, BPPTKG

A Yogyakarta Merapi vulkán az egyik legaktívabb vulkán Jáván. A vulkánok jól ismert kitörési módja a piroklasztikus ár, amely a vulkánból kiáramló gáz és szikla forró keveréke. 2010. október 26-án a Merapi megmutatta robbanásos jellegét, amikor 12 km magasra érő vulkáni hamufelhőt hozott létre (1. ábra), és a keletkező piroklasztikus ár miatt 20000 embert kellett kitelepíteni.

Nézzük meg a legnagyobb 2010-es Merapi kitörés okait. Geofizikusok körében közzismert, hogy a kívülről a magmába folyó víznek fontos szerepe van a vulkáni kitörések robbanásos jellegében (hidromagmatikus kitörés). Tekintsük a vulkánt egy olyan rendszernek, amely magma részecskékből és vízből áll. A vulkán szellőzőrendszere és az atmoszféra a rendszer határai. A robbanásos kitörés két lépésben történik: (1) pillanatszerű magma-víz kölcsönhatás és (2) a rendszer kitérülése. Az első lépésben az m_m tömegű és T_m abszolút hőmérsékletű magma összekeveredik m_w tömegű és T_w hőmérsékletű vízzel. A termikus egyensúlyt szinte azonnal eléri a rendszer. Ezt a kölcsönhatást közel állandó térfogatúnak tekinthetjük. A víz elpárolgásához és a magma megolvadásához tartozó latens hőket elhanyagolhatjuk.

A.1	Határozd meg az első lépésben kialakuló egyensúlyi hőmérsékletet a hőmérsékletek, tömegek, valamint a víz c_{Vw} és a magma c_{Vm} fajhőjének függvényében.	0.5 pt.
A.2	Határozd meg az egyensúlyi nyomást az első lépésben, feltételezve, hogy a keverék ideális gáznak tekinthető. Tedd fel, hogy a keverék móltérfogata v_e .	0.3 pt.

A rendszer kitágulása (a második lépés) különböző módokon lehetséges, ezek egyike a termikus robbanás. Bár egy ilyen folyamat nagyon bonyolult, a kilökött keverék relatív sebességét kísérletileg meg tudjuk határozni. A kitörés közben a gáz sebessége függ a p nyomástól, valamint a vulkán kürtőjében lévő keverék teljes m tömegtől és V térfogatától.

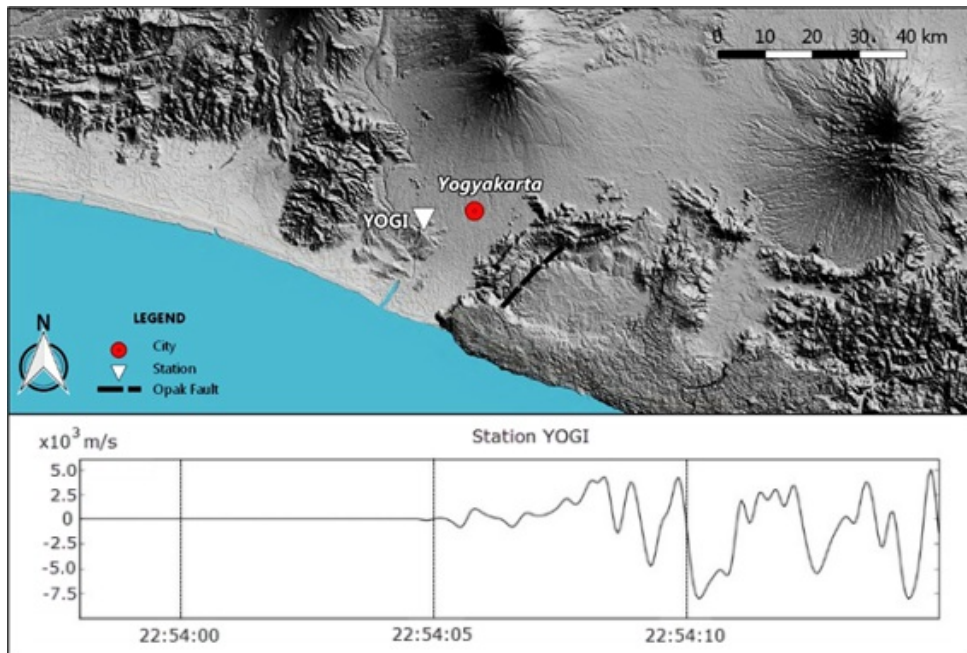
A.3	Fejezd ki a kitörő gáz sebességét a p nyomás, az m tömeg és a V térfogat segítségével egy κ arányossági tényező erejéig.	0.5 pt.
-----	---	---------

A megfigyelt nyomások 100 MPa nagyságrendűek, így a kitörés (relatív) sebessége elérheti a ballisztikus sebességtartományt.

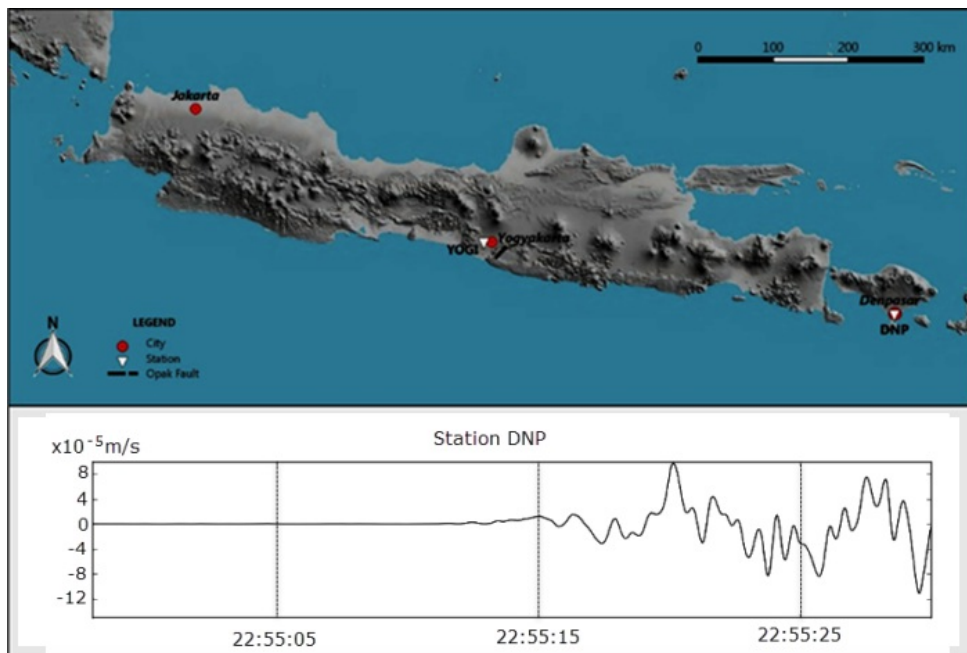
B. A yogyakartai földrengés

A 2006-os yogyakartai Földrengés, amely $M_w = 6.4$ magnitúdós volt és sok épületet összedöntött Bantul és Yogyakarta területén, helyi idő szerint 05:54:00.00-kor, UTC (világidő) szerint 22:54:00.00-kor történt. A földrengést egy hirtelen elmozdulás okozta az Opak törésvonal (Opak fault) mentén (lásd a 2. ábrát). A hipocentrum 15 km mélyen volt a felszín alatt.

A földkéregben terjedő szeizmikus hullámot szeizmográffal lehet detektálni. A szeizmográf által mért digram a szeizmogram (2. és 3. ábra alja). A szeizmogramok a függőleges talajsebességet ábrázolják az idő függvényében. A 2. ábrán látható a Gamping Station Yogyakarta (YOGI) szeizmikus állomáson, a 3. ábrán látható a Denpasar, Bali (DNP) állomáson került rögzítésre. Általában a szeizmikus hullámok három összetevőből állnak: a longitudinális, vagy elsődleges (P -hullám), a transzverzális vagy másodlagos (S -hullám) és a felületi hullám. A P -és az S -hullám a felszín alatt, míg a felületi hullám a Föld felszínén terjed. Azok a szeizmikus hullámok, melyek a felszín alatt terjedve érik el a megfigyelőállomást, feloszthatók egyenes vonalban terjedőkre, a rétegek határáról visszaverődőkre és azokra, melyek a réteghatáron megtörve átjutnak a következő rétegbe is. A longitudinális vagy elsődleges hullámok terjednek a legnagyobb sebességgel, míg a felszíni hullámok a leglassabbak, sebességük a P -hullámok sebességének kb. 60 %-a.



2. ábra: YOGI a térképen



3. ábra: DNP (Denpasar) a térképen

Az epicentrum (a hipocentrum vetülete a Föld felszínén) és az egyes megfigyelőállomások távolságai: YOGI 22,5 km, DNP 500 km. A földkéreg vastagsága Jáván 30 km. A földkérgen belül a földköpeny található. Mint minden más hullám, a szeizmikus hullámok is teljesítik a Snellius-Descartes-törvényt. A szeizmikus hullám vissza is verődhet a köpeny határáról. Ebben a feladatban elhanyagoljuk a Föld görbületét.

B.1	A 2. ábra a YOGI állomáson készült szeizmogramot mutatja. Az adatok segítségével határozd meg a P -hullámok sebességét a földkéregben!	0.5 pt.
B.2	Határozd meg a yogyakartai földrengés által keltett direkt és visszavert P -hullámok terjedési idejét a denpasari DNP állomásig!	0.6 pt.

Feltételezve, hogy a Föld csak két rétegből, a kéregből és a köpenyből áll, az elsődleges hullám különböző sebességgel terjed a kéregben és a köpenyben. A köpenyben nagyobb a sebesség, mint a kéregben. Vedd figyelembe, hogy azok a P -hullámok, amelyek törési szöge a köpenybe érkeve derékszög (90°), azok a kéreg-köpeny határfelületen terjedve mindenhol részlegesen megtörnek és visszalépnek a kéregbe.

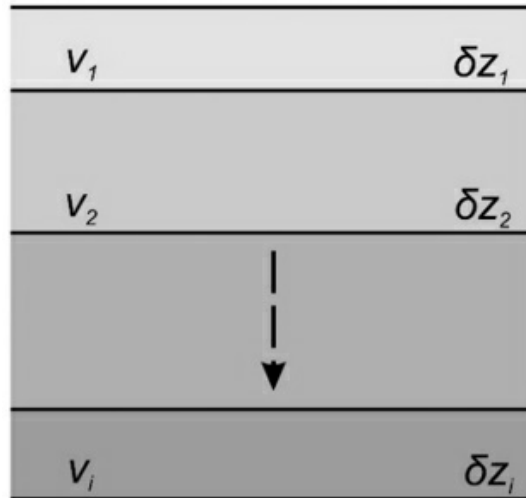
B.3	Határozd meg a P -hullámok sebességét a köpenyben!	1.2 pt.
-----	--	---------

A Föld szerkezetének realiztikusabb modelljében a kéreg felosztható egy sor vékony rétegre (4. ábra). A szeizmikus hullám sebessége a z mélység függvénye a $v(z) = v_0 + az$ összefüggésnek megfelelően, ahol a egy állandó. A hipocentrumról pedig azt feltételezzük, hogy a felszínen van. Ebben a modellben a hullám görbült pályán terjed.

B.4	Definiáljunk egy $p = \sin \theta(z)/v(z)$ hullámparamétert, ahol $\theta(z)$ a hullám terjedési iránya és a beesési merőleges által bezárt szög. Tegyük fel, hogy egy p hullámparaméterű szeizmikus hullám érkezik egy megfigyelőállomásra. Fejezd ki az epicentrum távolságát a p , v_0 és a paraméterek segítségével! Tedd fel, hogy az hipocentrum nagyon közel van a felszínhez.	1.4 pt.
B.5	Írd fel a T terjedési időt az hipocentrumból valamely állomásig egy z szerinti integrál formájában!	1.0 pt.

A Föld egy sor homogén rétegből áll, a sebesség az egyes rétegekben v_i , az egyes rétegek vastagsága δz_i .

B.6	Az előző feladat eredménye alapján számítsd ki közelítőleg a T terjedési időt az hipocentrumtól a DNP állomásig, feltételezve, hogy a kéreg csak három rétegből áll ($i = 1, 2, 3$), amelyekben $v_1 = 6,65$ km/s, $v_2 = 6,97$ km/s, $v_3 = 6,99$ km/s, $p = 0.143$ s/km, $\delta z_1 = 6,0$ km, $\delta z_2 = 9,0$ km, $\delta z_3 = 15$ km.	1.0 pt.
-----	--	---------



4. ábra: A Föld rétegeinek egyszerűsített modellje

C. Java cunami

A 2006-os Pangandaran földrengés és cunami július 17-én, helyi idő szerint 15:19:27-kor történt Java nyugati és középső partjai előtt. Az olyan földrengés során, amikor az epicentrumnál lévő törésvonal az óceán mélyén van, a törésvonal elmozdulása hatalmas víz hullámot okozhat, ez a cunami. Más szavakkal a cunami egy sekélyvízű hullám, amely nagyon kis amplitúdóval, viszont extrém nagy hullámhosszal indul. Vizsgáljunk egy olyan esetet, amikor egy törésvonal hirtelen elmozdul, és ez megemeli az óceánfenéket, ahogy az 5. ábrán látszik. Tegyük fel, hogy a földrengés energiája átalakul ennek a megemelt óceán víznek a helyzeti energiájává. Az egyszerű modellünkben a megemelt vizet egy $\lambda L/2$ alapterületű (ahol $L \gg \lambda$) és h magasságú téglatesttel közelítjük.

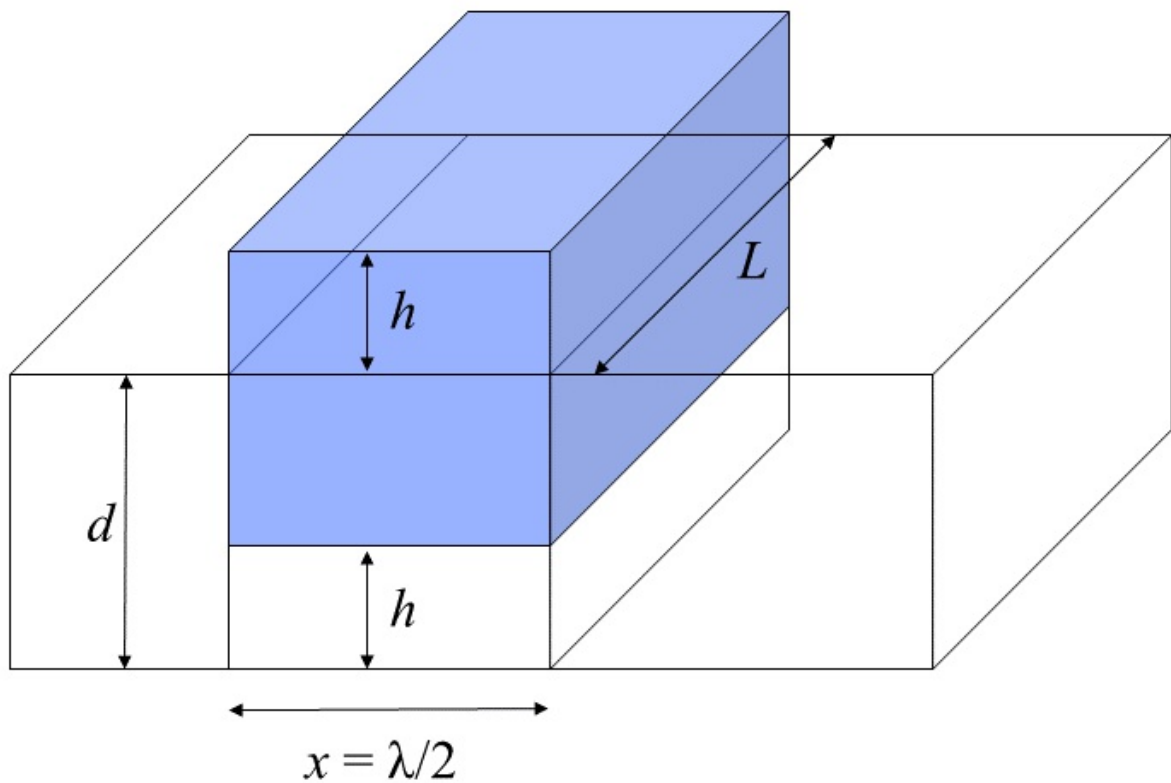


Fig. 5: A cunami illusztrációja. d az óceán mélysége.

C.1	Határozd meg a földrengés következtében megemelt óceán vízben tárolt helyzeti energiát az óceán felszínéhez viszonyítva! A tengervíz sűrűsége ρ .	0.5 pt.
C.2	Határozd meg a cunami hullám sebességét egy dimenziótlan faktor erejéig!	1.2 pt.
C.3	Energetikai megfontolásokkal határozd meg a cunami hullám amplitúdóját a mélység függvényében! Tedd fel, hogy a mélység lassan változik, valamint, hogy d_0 mélységnél az amplitúdó A_0 .	1.3 pt.