

MAATEADUSTE OLÜMPIAAD 2026 ÜLESANDED

Vastuste märkimiseks kasuta eraldiseisvat vastuste lehte.

ÜLESANNE 1 – Maasoojusenergia ja põhjaveevool (15p)

Põhja-Eestis soovitakse võrrelda kahte võimalikku lahendust koolimaja kütmiseks maasoojusega:

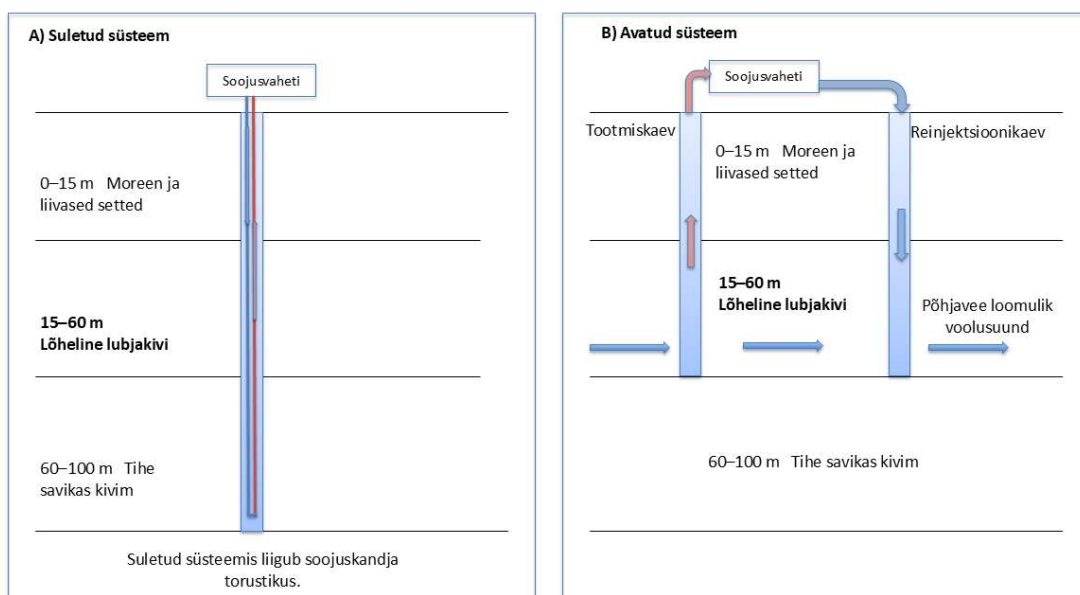
- suletud süsteemiga maasoojuspump, kus soojus võetakse puuraugust U-toruga soojuskande aine abil;
- avatud süsteemiga maasoojuspump, kus soojus võetakse põhjaveest ning jahutatud vesi juhitakse tagasi samasse veekihti.

Uuringualal on järgmine lihtsustatud geoloogiline läbilõige:

- 0–15 m: moreen ja liivased setted
- 15–60 m: lõheline lubjakivi, milles liigub põhjavesi
- 60–100 m: tihe savikas kivim, milles põhjavee liikumine on väga aeglane

Mõõtmised näitasid, et lubjakivis liigub põhjavesi piisavalt hästi, et avatud süsteemi puhul oleks võimalik pumbata 2,5 l/s vett. Põhjavee temperatuur on aastaringselt 7°C. Soojuspumba aurustis jahutatakse vesi 3°C võrra.

Vee tihedus on 1000 kg/m³ ja erisoojus 4200 J/(kg K).



Küsimused:

1.1 Avatud süsteemi soojusvõimsus

Arvuta, kui suur on avatud süsteemi kaudu põhjaveest kättesaadav soojusvõimsus (kW).

1.2 Kooli küttevajadus

Kui koolimaja soojusvajadus talvisel tipptunnil on 28 kW, kas sellest avatud süsteemist piisab hoone kütmiseks? Mitu puuraukude paari on vaja, et enrgiatarve tagada?

1.3 Suletud süsteemi hinnanguline võimsus

Eeldame, et samas piirkonnas annab 100 m sügavune suletud süsteemiga puurauk keskmiselt 45 W ühe puurmeetri kohta. Arvuta, kui suur oleks ühe 100 m suletud süsteemiga puuraugu hinnanguline soojusvõimsus (kW).

1.4 Puuraukude arv

Mitu 100 m suletud süsteemiga puurauku oleks vaja, et katta koolimaja 28 kW soojusvajadus? Vastus ümarda ülespoole täisarvuni.

1.5 Süsteemide võrdlus

Millise süsteemi soojusvõimsus ühe puuraugu kohta on kõrgem ja kui mitu korda?

1.6 Hüdrokeoloogiline sobivus

Selgita lühidalt, miks tuleb hinnata, kas kasutatud vett on võimalik pikaajaliselt ja stabiilselt samasse veekihti tagasi juhtida.

Vasta 2–3 lausega ning arvesta nii hüdraulilisi, keemilisi kui ka süsteemi töökindlusega seotud tegureid.

ÜLESANNE 2 – Gravimeetriline anomaalia (20p)

Geofüüsikalistes maavaraotsingutes kasutatakse sageli gravimeetriat, mille abil mõõdetakse väga väikeseid muutusi Maa raskuskiirenduses. Kui maapõues leidub ümbritsevast kivimist tihedam keha, põhjustab see maapinnal positiivse gravitatsioonianomaalia.

Õpilane uuris vana geoloogilist aruannet, kus märgiti, et geograafiliste punktidega A ja B määratud profiilil asub maapinna all homogeenne sfääriline maagikeha (läbimõõt 3 km, tiheduskontrast ümbritsevaga $+0,3 \text{ g/cm}^3$). Aruandes oli ka öeldud, et maksimaalne mõõdetud anomaalia väärtus profiilil AB on $\Delta g_z = 7,08 \text{ mGal}$, kuid ei olnud öeldud, millises punktis lõigul AB see täpselt mõõdeti. Õpilane soovis maagikeha täpse asukoha (keskpunkti) kindlaks määrata. Selleks tegi ta punktis A (koordinaat 0 km) mõõtmise gravimeetriga ja sai gravitatsioonikiirenduse vertikaalsihiliseks anomaaliaks $\Delta g_z = 5,06 \text{ mGal}$.

Küsimused:

2.1 Arvuta sfäärilise keha liigmass Δm .

2.2 Leia keha keskpunkti sügavus z , keskpunkti asukoht profiilil (kaugus punktist A) ning määra keha ülemise piiri (maapinnale lähima punkti) sügavus.

Abimaterjal:

Gravitatsioonikonstant: $G = 6.67430 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

1 mGal = 10^{-5} m/s^2 .

Gravitatsioonianomaalia valem antud juhul on järgmine:

$$\Delta g_z = \frac{G \cdot \Delta m \cdot z}{(x^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}},$$

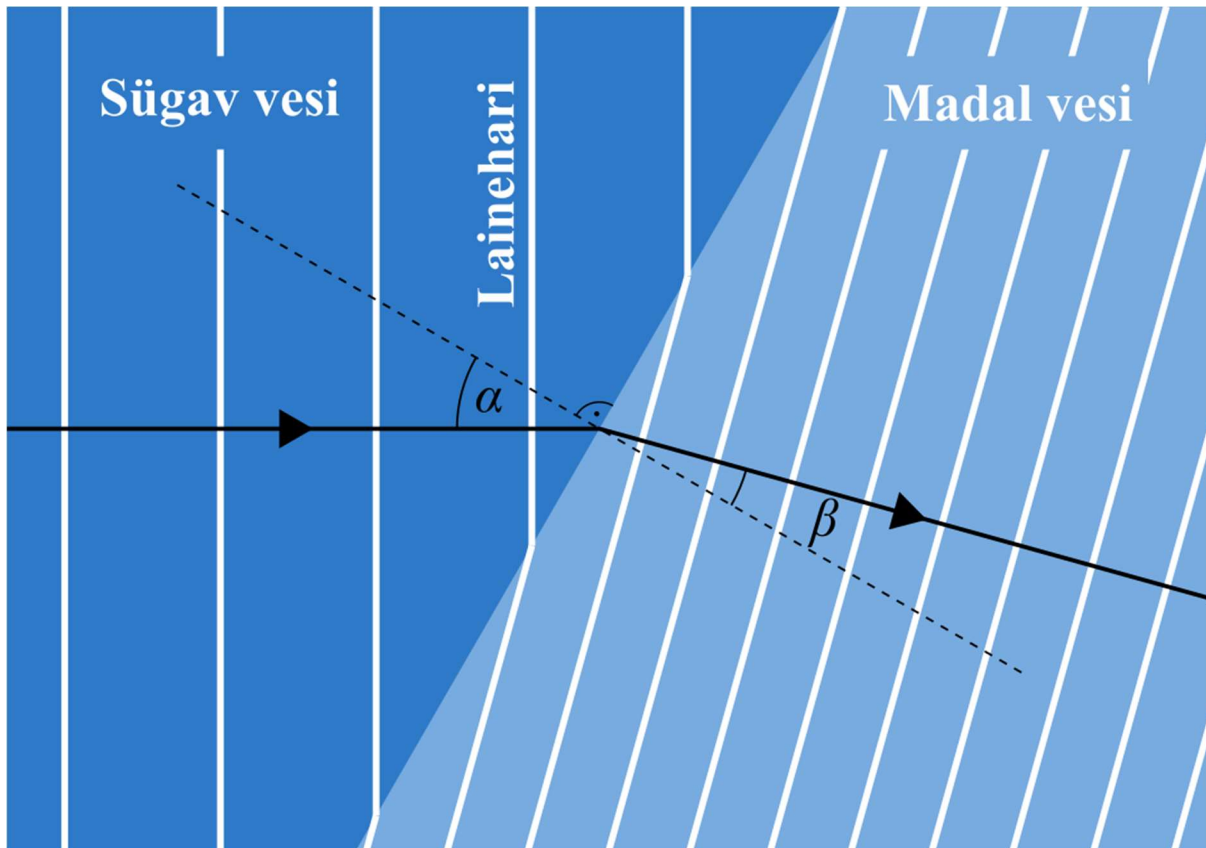
kus x on mõõtepunkti horisontaalne kaugus keha keskpunktist, z on keha keskpunkti sügavus ja Δm on liigmass.

Maapinda punktide A ja B vahel võib lugeda tasaseks.

ÜLESANNE 3 – Pilvede aluse kõrgus (10p)

Päikeselise suveilma hilisel hommikutunnil mõõdeti kastepunkti temperatuuriks 20°C ja õhutemperatuuriks 24°C . Tingimustes, kus küllastus pole veel tekkinud, langeb kastepunkti temperatuur $2^\circ\text{C}/\text{km}$ kohta. Õhu adiabaatilisel tõusmisel langeb temperatuur õhukogumis kuivadiabaatilise gradiendi kohaselt $1^\circ\text{C}/100 \text{ m}$. Kui kõrgelt algavad tekkinud pilved?

ÜLESANNE 4 – Lainete murdumine (15p)



Joonisel on kujutatud pealtvaates veelainete murdumist üleminekult sügavamast veest madalamasse vette. Laineharju kujutavad valged jooned ja nende liikumissuund on näidatud mustade nooltega. Lainete liikumiskiirus c on määratud vee sügavusega h vastavalt valemile $c = \sqrt{gh}$, kus g on raskuskiirendus.

Küsimused:

Osad 4.1 ja 4.2 on lahendatavad eraldi. Osa 4.2 arvutustes võib kasutada osas 4.1 esitatud murdumiseseadust.

4.1 Näidake, et veelainete jaoks kehtib optikaga analoogne murdumiseseadus

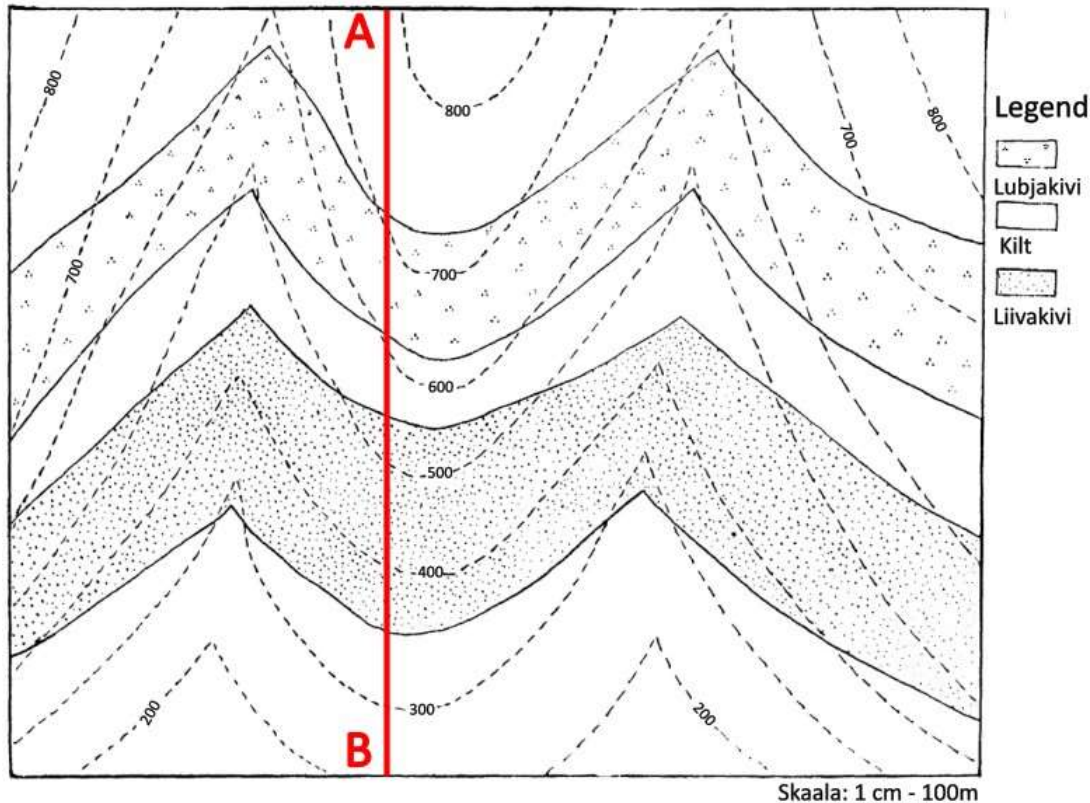
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2},$$

kus c_1 on lainete levimiskiirus sügavas vees ja c_2 on lainete kiirus madalas vees. Vastavad nurgad on näidatud joonisel.

4.2 On teada, et madala vee sügavus on $h_2=1,5$ m. Mis on vee sügavus h_1 joonisel kujutatud sügavamases osas? Jooniselt võib joonlauaga mõõta kaugusi. Joonise mõõtkava ei ole teada.

ÜLESANNE 5 – Geoloogiline kaart (15p)

Geoloogilisel kaardil on kujutatud maapinnal avanevad kivimid. Samakõrgusjooned näitavad kõrgust üle merepinna.



Küsimused:

5.1 Joonista geoloogiline läbilõige profiilist AB, eeldades paralleelseid ja kurrutamata kivimikihte.

5.2 Sellised kivimid on iseloomulikud

- A. sügavale merekeskkonnale.
- B. madalale merekeskkonnale.
- C. keskkonnale, kus esinevad nii madala kui ka sügava mere setted.

5.3 Kas selline geoloogiline kaart võiks kujutada mõnda Eesti piirkonda?

- A. Jah, Põhja-Eestis võib sellist geoloogilist ehitust kohata.
- B. Jah, Lõuna-Eestis võib sellist geoloogilist ehitust kohata.
- C. Ei.

5.4 Kas kivimikihid on kaldus?

- A. Ei.
- B. Jah, põhja suunas.
- C. Jah, lõuna suunas.

ÜLESANNE 6 – Tehisintellekt (20p)

Bakalaureuse üliõpilane lasi AI-l kujundada sissejuhatava peatüki oma esseele. Kuna tal oli aega vähe, polnud tal mahti pikemalt oma ülesannet AI-le selgitada – ta palus “kirjutada lühidalt ja lähedalt maapõueprotsessidest”.

Analüüsi kriitiliselt allolevat teksti ja leidke kohad, mis ei tundu olevat teaduslikult täpsed. Märkige need lühidalt vastustelehel tabelisse (võib ka tekstis alla joonida ja numbrina tabelis esitada) ning kõrvale lisa lühiselgitusega, kuidas oleks korrektne.

Maapõue protsessid

Maapõue areng on keerukas protsess, mida juhivad peamiselt Maa välimise tuuma liikumised. Maakoor koosneb mitmest plastilisest kihist, mis ujuvad jäiga vahevöö peal ning liiguvad kiiresti, keskmiselt mitu meetrit aastas. Nende liikumiste tulemusel tekivad mitmesugused deformatsioonid, näiteks kurrutus ja murranguprotsessid.

Kurrutus toimub peamiselt siis, kui kivimid purunevad rabadalt kõrge temperatuuri ja madala rõhu tingimustes. Murrangurikked seevastu tekivad siis, kui kivimid käituvad plastiliselt ning voolavad aeglaselt ilma purunemiseta.

Normaalmurrangud (*normal fault*) tekivad kokkusurumise tingimustes, kui kivimikihid surutakse üksteise vastu, samas kui pöödrikked (*reverse faults*) tekivad laienemise, laialivenituse käigus. Nihkerikked (*strike-slip faults*) tekivad ainult ookeanide keskahelikel ning neid ei esine mandritel.

Magmaline tegevus on seotud peamiselt settekivimite sulamisega madalatel temperatuuridel (~300°C). Magma liigub ülespoole, kuna see on alati tihedam kui ümbritsev kivim. Kui magma tardub maapõues, tekivad vulkaanilised kivimid nagu graniit ja gabro. Kui magma jõuab maapinnale, moodustuvad plutoonilised kivimid nagu basalt.

Metamorfism toimub peamiselt maapinna lähedal madalatel temperatuuridel ja rõhkudel, kus kivimid moonduvad. Metamorfsete kivimite ehk moondekivimite teke ei muuda kivimi mineraalset koostist, vaid ainult kivimi keemilist koostist. Näiteks marmor tekib liivakivist. Peridotiit on kõige laiemalt esinev metamorfne kivim.

Geoloogilised protsessid toimuvad väga kiiresti, tavaliselt mõne aasta kuni aastakümne aasta jooksul. Seetõttu on võimalik jälgida mäestike teket inimelu jooksul.