

MAATEADUSTE OLÜMPIAAD 2025

ÜLESANDED

Vastuste märkimiseks kasuta eraldiseisvat vastuste lehte.

ÜLESANNE 1 – ETNA VULKAAN

Etna vulkaan, mis asub Sitsiilias, Itaalias, on üks maailma aktiivsemaid vulkaane. Tema tegevust on põhjalikult uuritud nii geoloogide kui ka vulkanoloogide poolt. Viimase purske ajal paiskus maapinnale ligikaudu **5 miljonit tonni laavat**.

Oletame, et magma tihedus on **2700 kg/m³** ning selle temperatuur purske hetkel oli **1200°C**. Ümbritseva keskkonna temperatuur on **25°C**. Sellele teabele tuginedes lahenda järgmised ülesanded.

1.1. Soojusenergia arvutamine

Arvuta, kui palju soojusenergiat (džaulides) vabanes purske käigus, eeldades, et:

- kogu magma soojusenergia kandus ümbritsevasse keskkonda;
- magma keskmine erisoojus on **1200 J/(kg·K)**;
- kogu magma jahtus täielikult ümbritseva temperatuurini (**25°C**).

1.2. Gaaside emissioon

Vulkaanid eraldavad atmosfääri erinevaid gaase, sealhulgas veeauru ja süsinikdioksiidi. Laavasse lahustunud gaaside hulk sõltub magma koostisest, temperatuurist ja rõhust.

Etna viimase purske ajal olid laavas lahustunud gaaside sisaldused järgmised:

- **Veeaur (H₂O)**: 2,8 massiprotsenti
- **Süsinikdioksiid (CO₂)**: 0,22 massiprotsenti

Arvuta, kui palju eraldus selle purskega atmosfääri:

- a) veeauru (H₂O)
- b) süsinikdioksiidi (CO₂)

1.3. Aastane CO₂ emissioon

Etna vulkaan eritab süsinikdioksiidi ka **pursetevahelisel ajal**, keskmiselt umbes **9000 tonni CO₂ päevas**, mis moodustab ligikaudu 10% maailma vulkaanilisest CO₂ emissioonist.

Lisaks on teada, et:

- Etna keskmine aastane purskemaht on **30 miljonit m³** laavat;
- purskunud laava CO₂ sisaldus on keskmiselt **0,15 massiprotsenti**.

Arvuta Etna koguaastane CO₂ emissioon (tonnides), arvestades nii pursetevahelist kui ka purske ajal toimuvat emissiooni.

LAHENDUS (10 punkti)

1.1. Soojusenergia arvutamine

Antud:

- Magma mass = 5 miljonit tonni = 5 000 000 t = 5 000 000 000 kg
- Soojusmahtuvus $c=1200 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
- Temperatuurilangus: $\Delta T=1200-25=1175 \text{ K}$

1. **Leida mass:**

$$m=5 \text{ miljonit tonni}=5\cdot 10^6\cdot 1000=5\cdot 10^9 \text{ kg}$$

2. **Temperatuuride erinevus:**

$$\Delta T=1200-25=1175 \text{ K}$$

3. **Kasutame soojushulga valemit:**

$$Q=mc\Delta T$$

$$Q=5\cdot 10^9\cdot 1200\cdot 1175=7.05\cdot 10^{15} \text{ J}$$

Vastus:

Ligikaudu **$7.05 \cdot 10^{15} \text{ J}$** energiat vabanes selle purske käigus.

1.2. Gaaside emissioon

Antud:

- Mass laavat = $5 \times 10^9 \text{ kg}$
- Veeaur (H₂O): 2,8 wt% = 0,028
- CO₂: 0,22 wt% = 0,0022

Arvutame iga gaasi massi:

$$m_{\text{H}_2\text{O}}=5\cdot 10^9\cdot 0.028=1.4\cdot 10^8 \text{ kg}$$

$$m_{\text{CO}_2}=5\cdot 10^9\cdot 0.0022=1.1\cdot 10^7 \text{ kg}$$

Vastus 2:

Viimase purskega eraldus atmosfääri:

- **140 000 tonni veeauru**
- **11 000 tonni süsihappegaasi (CO₂)**

1.3. Aastane CO₂ emissioon**Antud:**

- Rahulik (mittepurskeline) CO₂ emissioon: 9000 tonni päevas
- Aastas:

9000 tonni/päev · 365 päeva = 3.285×10^6 tonni

- Aastane purskemaht: $30 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Tihedus: 2700 kg/m^3
- Mass:

$30 \times 10^6 \cdot 2700 = 8.1 \times 10^{10} \text{ kg}$

- CO₂ sisaldus: 0,15 wt% = 0,0015
- CO₂ mass pursketest:

$8.1 \times 10^{10} \cdot 0.0015 = 1.215 \times 10^8 \text{ kg} = 121\,500 \text{ tonni}$

Kokku:

$3.285 \times 10^6 + 1.215 \times 10^5 = 3.4065 \times 10^6$ tonni

Vastus 3:

Etna aastane summaarne CO₂ emissioon on umbes **3,41 miljonit tonni**.

KOKKU 10 PUNKTI

1.1 – 5 PUNKTI, TÄPSUSKLASS 3%

1.2 – VEEAUR – 3 PUNKTI; CO₂ KA 2,5 PUNKTI, TÄPSUSKLASS 5%

1.3 – 2,5 PUNKTI, TÄPSUSKLASS 5%

ÜLESANNE 2 – ÕHUSAMBA MASS

Õhurõhk muutub kõrgusega vastavalt baromeetrilisele valemile:

$$p = p_s e^{-\frac{gz}{RT}},$$

kus g on raskuskiirendus 9.81 m/s^2 , z on kõrgus aluspinnast (meetrites), R on õhu erigaasikonstant 287 J/(kg K) , T temperatuur (Kelvinites) ja p_s on rõhk aluspinnal (**Pascalites**).

Arvuta kui suur osa õhusamba massist (protsentides) jääb alumise 15 km kihi sisse. Eelda, et atmosfäär on isothermiline 10°C ja aluspinnal on normaalrõhk 101325 Pa .

LAHENDUS (10 punkti)

Sellistel tingimustel on rõhk 15 km kõrgusel 165,7 hPa (arvud lihtsalt valemisse panna).

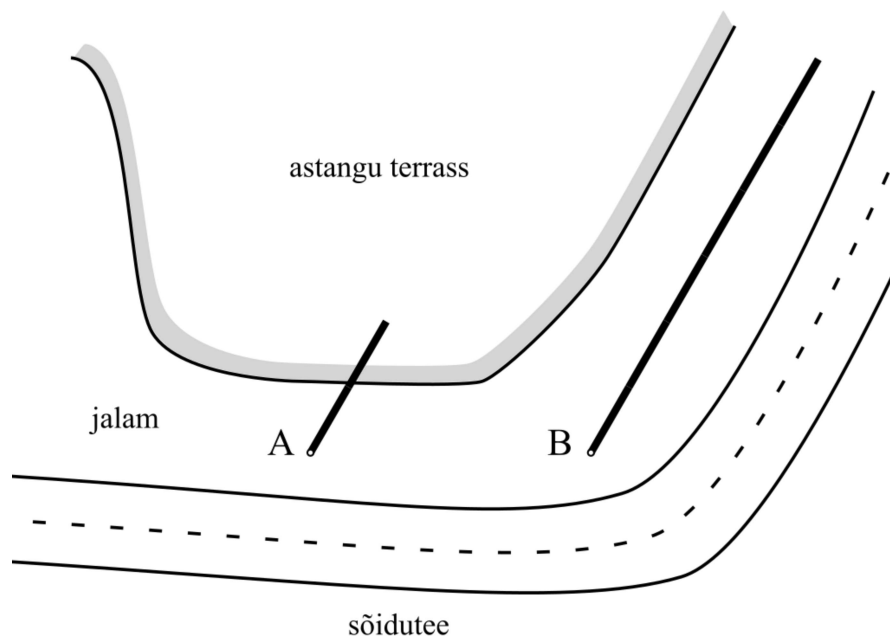
EkspONENTI väärtus oli seejuures -1,812. Atmosfäärisamba mass on seotud rõhuga

$$p_s = \frac{mg}{S}, p_1 = \frac{m_1 g}{S}$$

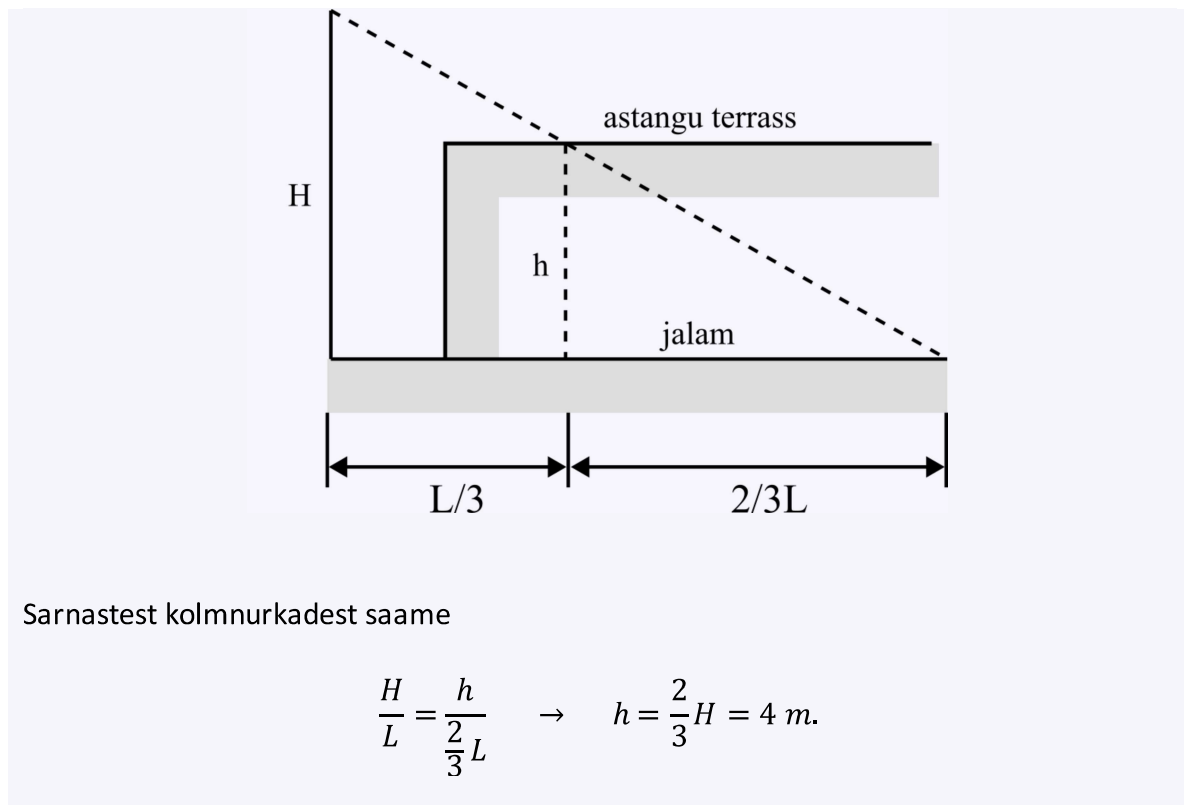
$$\frac{m-m_1}{m} = \frac{p_s-p_1}{p_s} \text{ ja see annab vastuseks } 83,6\%.$$

ÜLESANNE 3 – ASTANG

Järgneval joonisel on skemaatiliselt kujutatud aerofotot sõiduteest ja selle kõrval olevast astangust (pealtvaade). „Fotol“ on näha ka kaks tänavavalgustusposti A ja B ning nende varjud (mustad jooned). On teada, et mõlema posti kõrgus on $H = 6$ m. Määrake astangu kõrgus h . Jooniselt võib teha vajalikke mõõtmisi. Mõõtkava ei ole teada.

**LAHENDUS (10 punkti)**

Olgu pikema varju pikkus L . Jooniselt mõõtes saame, et lühema varju pikkus on $L/3$.
Teeme joonise külgvaates:



ÜLESANNE 4 – SURNUD VESI

Surnud vesi on huvitav nähtus, mida pikalt peeti meremeeste väljamõeldiseks. Esmakordselt kirjeldas seda Norra polaaruurija Fridtjof Nansen 1893. aasta augustis Nordenskiöldi saarestikus Taimõri poolsaare lähedal:

Kui meie laev Fram sattus surnud vette, näis nagu teda pidurdaks mingi salapärane jõud, ning ta ei allunud sageli ka rooli keeramisele. Vaikse ilmaga ja kerge lastiga oli Frami tavakiirus 6 kuni 7 sõlme. Surnud vees ei suutnud ta liikuda isegi 1,5 sõlme. Me tegime kurvisõite, pöörasime vahel päris ringi, proovisime igasuguseid trikke, et sellest pääseda, aga suuremat kasu polnud.

Hiljem näitas Vagn Walfrid Ekman, et surnud vee nähtuse põhjustajaks on siselained. Nimelt võib surnud vesi tekkida juhul, kui vees on tugev vertikaalne tiheduse kihistus, mis on tingitud soolsusest, temperatuurist või mõlemast. See on levinud olukordades, kus mageda või riimvee kiht asetseb tihedama soolase vee peal, ilma et kihid omavahel seguneksid. Tuntum versioon sellest nähtusest esineb siis, kui laev liigub magedast veest koosnevas pinnakihis, mille sügavus on ligikaudu võrdne laeva süvisega. Sellisel juhul kulutab laev märkimisväärse osa energiast siselainete tekitamisele ja alalhoidmisele kihtide vahel. Selle tagajärjel võib alus muutuda raskesti juhitavaks või aeglustuda siselainete levimiskiiruseni – justkui „kinni jääda“.

Siselainete (alumise tihedama veekihi pinnal levivate lainete) levimiskiirus on ligikaudu määratud valemiga:

$$v = \sqrt{\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} g H},$$

kus ρ_1 ja ρ_2 on vastavalt mageda ja soolase vee tihedused, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ on raskuskiirendus ja H on ülemise veekihi sügavus.

Ülesanne: Purjelaev satub surnud vee piirkonda, kus tema liikumiskiirus on 1,2 sõlme (1 sõlm = 1,852 km/h). Laev sõidab otse ja alles 5 h möödudes saab taas sõita normaalse kiirusega. Hinnake, kui palju magevett (km^3) oli lähedalolevast liustikust merre voolanud. Merevee tihedus on 1025 kg/m^3 .

LAHENDUS (10 punkti)

Teksti põhjal on selge, et 1,2 sõlme vastab ilmselt siselainete levimiskiirusele antud olukorras. Toodud valemi põhjal saame järelkult arvutada ülemise mageda veekihi paksuse:

$$H = \frac{v^2 \rho_2}{g(\rho_2 - \rho_1)} = 1,59 \text{ m}.$$

Magevee piirkonna horisontaalmõõdet L saame hinnata antud kiiruse ja surnud vee piirkonnas viibitud aja abil:

$$L = vt = 11 \text{ km}.$$

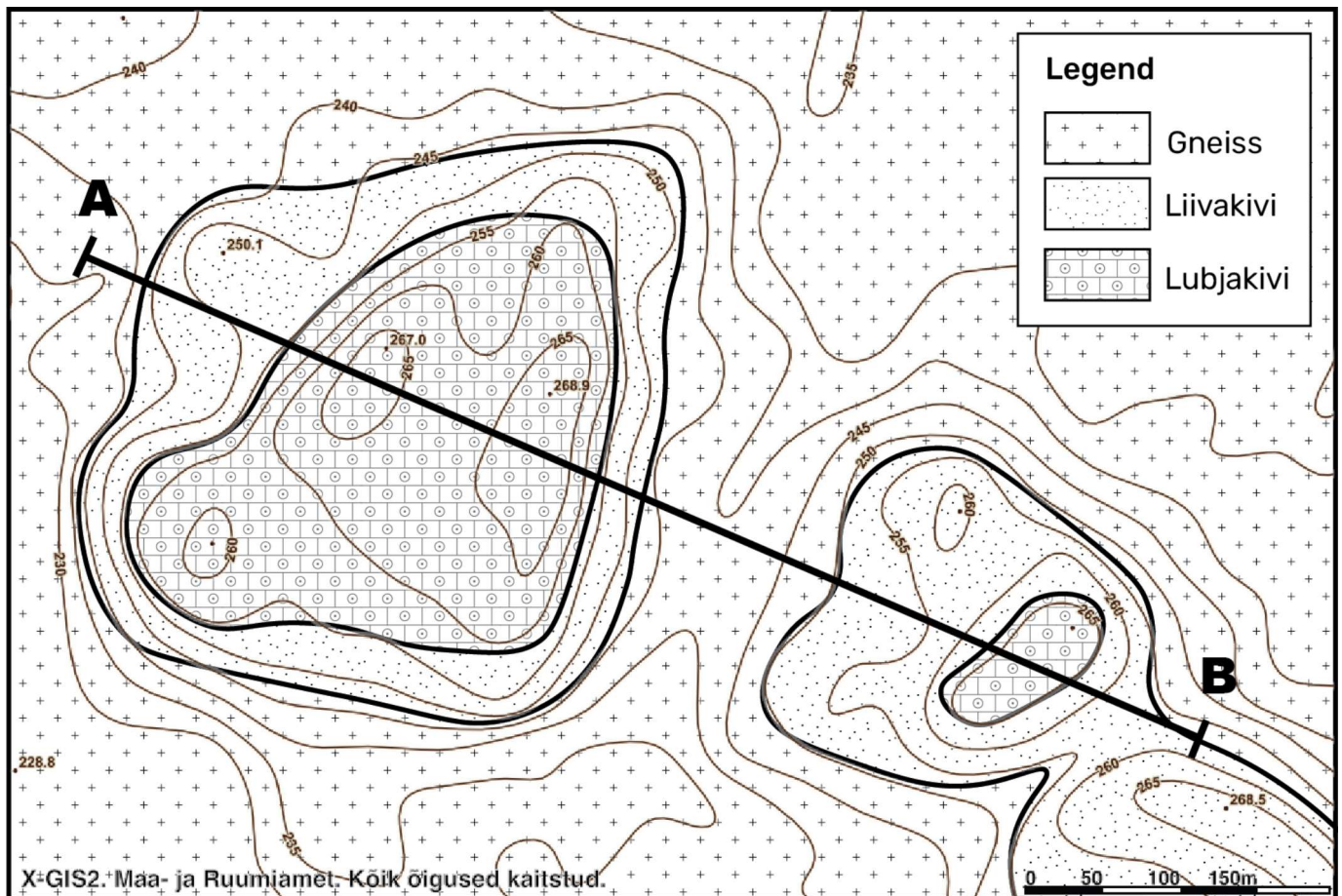
Magevee mahu hinnanguks saame

$$V = HL^2 = 0,2 \text{ km}^3.$$

Vastus: u $0,2 \text{ km}^3$. Õigeaks loetakse ka silindri ruumala valemi põhjal arvutatud tulemus $0,15 \text{ km}^3$

ÜLESANNE 5 – GEOLOOGILINE KAART

Antud on geoloogiline kaart, kus on kujutatud kivimeid, mis avanevad maapinnal. Samakõrgusjooned näitavad kõrgust üle merepinna. **Joonista** ruudulisele paberile geoloogiline läbilõige profiilist AB eeldades, et kivimikihid on paralleelsed ning ei ole kurrutatud. Seejärel **vasta küsimustele**.



Küsimused:

5.1 Milline neist väidetest on õige?

- A. Kivimikihid on kallutatud umbes 20°.
- B. Kivimikihid on kallutatud umbes 10°.
- C. Kivimikihid on kallutatud umbes 1,5°.
- D. Kivimikihid ei ole kallutatud.

5.2 Milline on kivimite õige vanuseline järjekord alustades vanemast?

- A. Lubjakivi, liivakivi, gneiss
- B. Gneiss, liivakivi, lubjakivi
- C. Liivakivi, lubjakivi, gneiss
- D. Liivakivi, gneiss, lubjakivi

5.3 Selline kivimite läbilõige iseloomustab:

- A. üleminekut merelisest keskkonnast maismaaliseks.
- B. üleminekut maismaalisest keskkonnast mereliseks.

5.4 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.

LAHENDUS (20 punkti)

- 1) **Profiili joonis** (et punkte saada, peab olema midagi profiilisarnast joonistatud)

Kõrgused võivad olla nii absoluutsed või suhtelised.

Joonise suurus ei ole oluline, (kuid selle sisu peab olema selge ja arusaadav).

Baaskomponendid

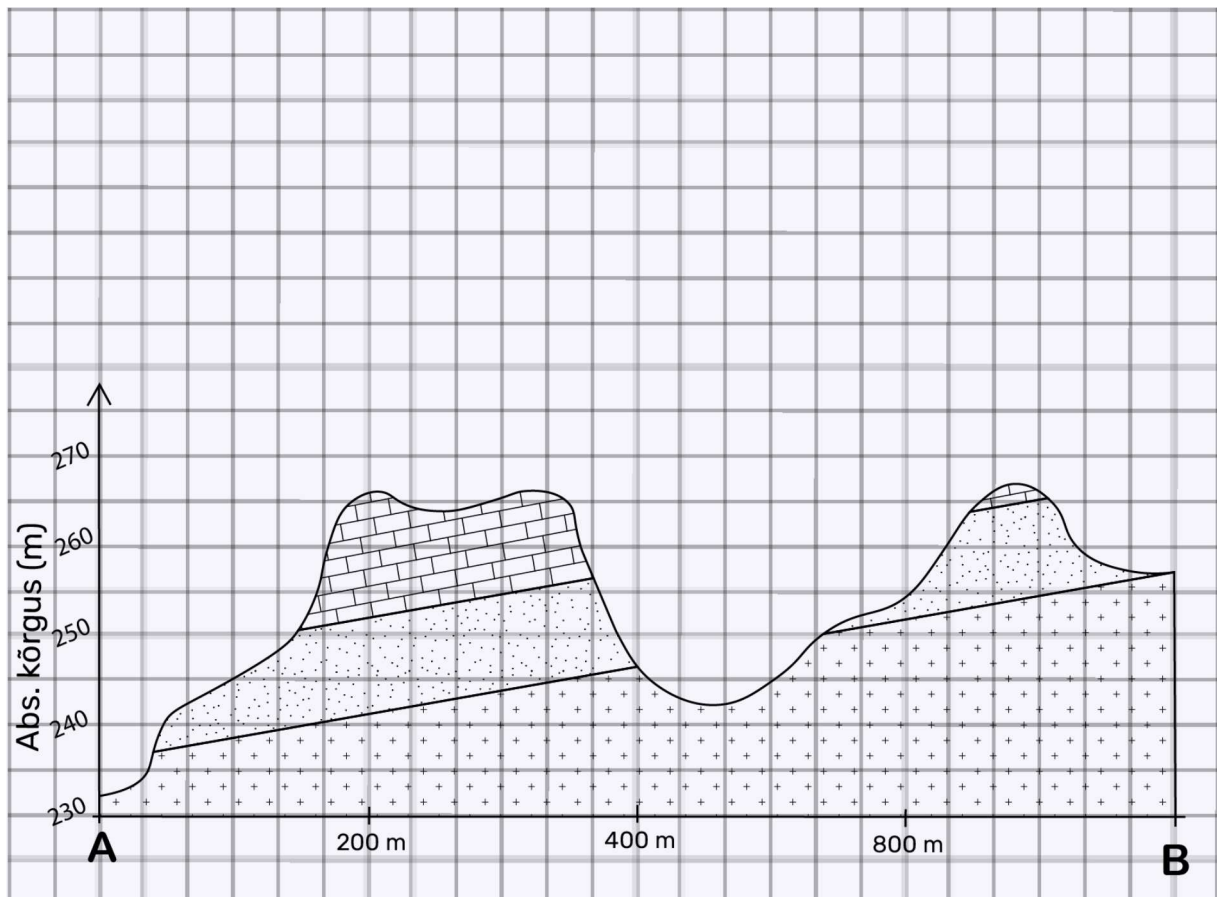
- Teljed - telgedel on skaala, X teljel on distants, Y teljel on kõrgus. **2p**
- Reljeef – vähemalt üldjoontes korrektne (võib esineda väikseid ebatäpsusi), kasutatud on piisavat ülekõrgendust, et reljeefi iseärasused välja tuleks. **3,5p**
- Kivimid – kivimite piirid ja asetus on vähemalt üldjoontes korrektsed ning eri kivimid on märgistatud tingmärkide või muud moodi arusaadaval viisil. **3,5p**

Plusspunktid

- Reljeef – korrektne ilma vigadeta (täpsus mõistlikkuse piirides) **1,5p**
- Reljeefi pind on joonistatud vaba käega kumera joonega (mitte joonlauaga punkte ühendades) **2p**
- Kivimid – kivimite piirid on korrektsed, tõmmatud joonlauaga ning iga piir ühel sirgjoonel **2p**

- 2) **Küsimused** (võimalik õigesti vastata ja punkte saada ka siis, kui profiil pole joonistatud)

1. C **1,5p**
2. B **1p**
3. B **1p**
4. C **1p**



ÜLESANNE 6 – TEHISINTELLEKT

Üliõpilane sai loengus ülesande koostada päeva lõpuks lühiessee laamtektoonika põhimõtetest. Kuna ta asjast suurt midagi ei teadnud, otsustas ta delegeerida ülesande Open AI-le. Kuna samal ajal oli tal Instagramis oma sõpradega kõvasti tegemist, ei vaevunud ta AI-le lähteülesannet detailselt selgitama. Saanud AI-lt vastuse, kopeeris ta selle otse oma Word'i dokumenti ja esitas õppejõule. Õppejõu tagasiside esseele oli üsna negatiivne. Mis võis olla selle põhjuseks, mis läks essees valesti?

Leia allolevas dokumendis (essee) puudused ja valeväited. Loetle need lühidalt vastustelehel.

Laamtektoonika ja Maa areng

Laamtektoonika on geoloogiline teooria, mis kirjeldab Maa sisemuse dünaamikat ja selle mõju pinnavormidele. See teooria põhineb ideel, et Maa vahevöö koosneb mitmest jäigast kivimikihist, mis hõljuvad poolvedela tuuma peal. Laamad liiguvad konvektsioonivoolude tõttu, mida põhjustab Maa magnetväli.

Laamade liikumine võib toimuda kolmel viisil: lahkumine, pörkumine ja nihkumine. Lahknevates piirkondades tekivad sügavad ookeani kaevikud või mandrite süvaorud, kus

magma tõuseb pinnale ja moodustab uusimate mandrite servad. Kui kaks laama aga põrkuvad, vajub kergem laam alati raskema alla, tekitades vulkaanilisi saari. Nihkumisel liiguvad laamad horisontaalselt mööda üksteise servi ilma suuremate geoloogiliste mõjudeta.

Laamtektoonika teooria sai laialdaselt tunnustatud 17. sajandil, kui teadlased märkasid, et maailma mandrid sobivad omavahel nagu pusletükid. Hiljem kinnitasid merepõhja uurimised, et mandrid on alati olnud oma praegustes asukohtades ja pole aja jooksul oluliselt liikunud. Lisaks on leitud, et kivimites olevad fossiilid tõestavad, et sama liiki organismid on alati elanud ainult ühel mandril ja pole kunagi rännanud üle ookeanide.

Tänapäeval arvatakse, et laamade liikumine on pidevalt kiirenev ja võib põhjustada Maa pöörlemistele muutumist. Teadlased hoiatavad, et kui see protsess jätkub, võib see viia Maa gravitatsioonivälja nõrgenemiseni ja atmosfääri kiire lagunemiseni.

Kokkuvõttes on laamtektoonika oluline geoloogiline protsess, mis mõjutab Maa pinda, kuid selle täpsed mehhanismid ja pikaajalised mõjud on endiselt teadlaste seas arutlusel.

LAHENDUS (20 punkti)

Valeväidete loend ja parandused:

1. **Maa vahevöö ja tuuma suhe** – Vahevöö ei koosne mitmest jäigast kihist ega hõlju poolvedela tuuma peal.
2. **Laamade liikumise põhjused** – Laamad liiguvad peamiselt vahevöö konvektsioonivoolude tõttu, mitte Maa magnetvälja mõjul.
3. **Laamade liikumise tagajärjed** – Lahknemisel tekivad mitte sügavad kaevikud, vaid keskahelikud ookeanides ja riftiorud mandritel.
4. **Laamade põrkumisel** – saarkaared ookeanilise laama subduktsioonil, mandriliste puhul mäeahelikud.
5. **Laamade nihkumisel** – tekivad seismilised pinged
6. **Laamtektoonika ajalooline taust** – Teooria sai tunnustatud 20. sajandil, mitte 17. sajandil.
7. **Mandrite liikumine** – Mandrid on liikunud ja nende asukohad on aja jooksul muutunud.
8. **Fossiilide levik** – Sama liiki organismide fossiile on leitud eri mandritelt, mis viitab kunagisele ühtsele hiidmandrile.
9. **Laamade liikumise mõju** – ei ole kiirenev, ei põhjusta pöörlemistele muutusi.
10. **Laamade liikumise mõju Maa gravitatsioonile** – Pole tõendeid, et laamade liikumine mõjutaks gravitatsioonivälja või atmosfääri.

IGA KORREKTNE VASTUS NEIST ANNAB 2 PUNKTI

KOKKU 20 PUNKTI