



Eesti loodusteaduste olümpiaad

piirkonnavaor

Võistlejakood:

Enne lahendama asumist soovitame Sul kogu tööga lühidalt tutvuda, et saaksid oma tegevusi mõistlikult kavandada. Ülesannete lahendamise järjekord ei ole oluline. Püüa vastused vormistada võimalikult selgelt ja korrektselt. Valikvastuste puhul jälgi, et Su valikud oleksid märgitud arusaadavalt!

- Arvutusülesannetes esita kindlasti ka lahenduskäik, muidu Sinu vastust ei arvestata!
- Valikvastuseliste ülesannete hindamisel arvestame õigete ja valede valikute osakaalu!

Ülesanne 1: Arktika geograafia (5 p)

1.1. Mida tähistab põhjapolaarjoon? (0,5 p)

Põhjapolaarjoonest põhja pool esinevad polaaröö ja polaarpäev

Arvestus:

1.2. Millist laiuskraadi läbib põhjapolaarjoon? Tõmba õigele ring ümber! (0,5 p)

23,5 ° N

75,1° S

66,3° N

75,1° N

66,3° S

Arvestus:

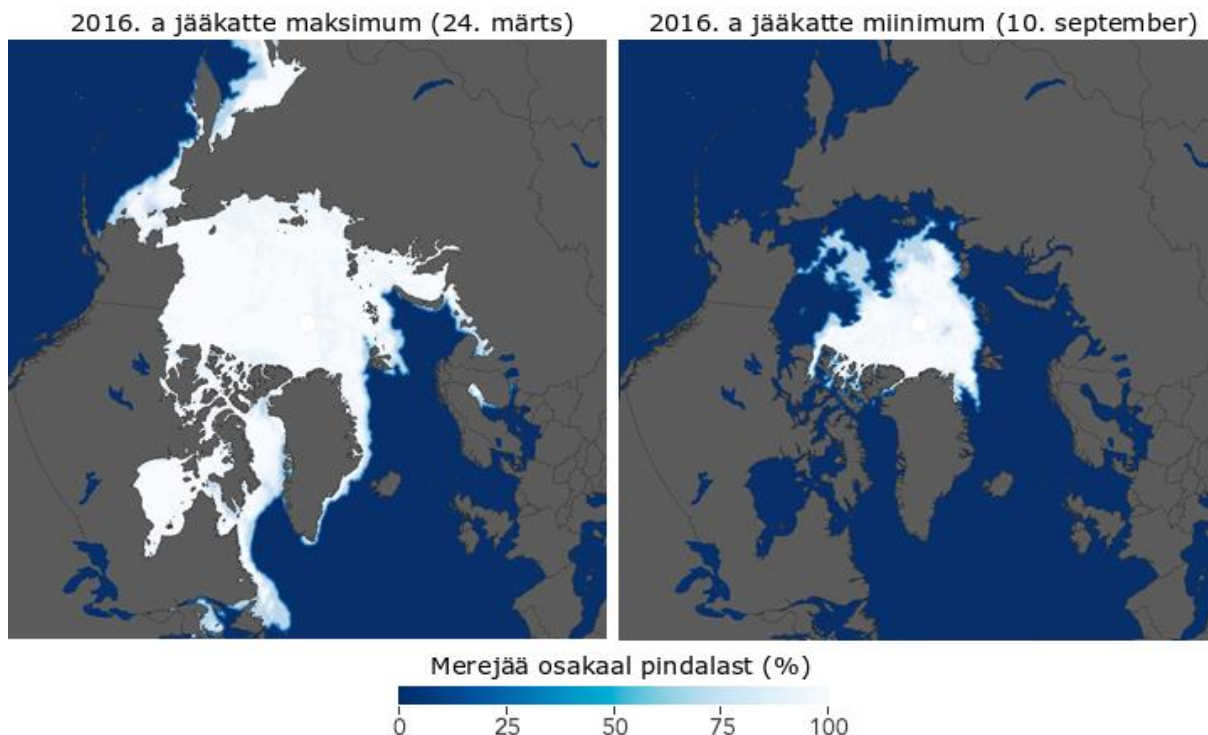
1.3. Loetle riigid, mille territoorium jääb osaliselt põhjapolaarjoonest põhja poole! (4 p)

Norra, Rootsi, Soome, Venemaa, USA osariik - Alaska, Kanada, Gröönimaa - Taani riigi koosseisu kuuluv omavalitsuslik ala, Islandi koosseisu kuuluv saar Grímsey (0,4 punkti iga õige eest).

Arvestus:

Ülesanne 2: Arktika merejää ulatus (12 p)

Merejää on Maa kliimasüsteemis ülitähtis roll: see mõjutab soojuse ja mageda vee liikumist polaarmeredes. Arktikas toimib merejää maakera külmpapina, peegeldades oma heledalt pinnalt päikesekiirgust tagasi atmosfääri ning hoides arktilist keskkonda jahedana. Jää ulatus muutub aasta jooksul. Suvel paistab päike 24 tundi järjest, tuues piirkonda soojust ja päikesevalgust. Merejää sulab ja taandub, tema ulatus kahaneb miinimumini tavaliselt septembriks. Talvise polaaröö jooksul polaarmeri külmub, jää ulatus on kõige suurem märtsikuus. Viimastel aastatel on arktilise merejää ulatus olnud rekordiliselt väike: kaksteist kõige madalamat septembrikuu miinimumi on esinenud viimase 12 aasta jooksul. Talvised jää ulatuse maksimumid olid madalaimad aastatel 2015–2018.



Joonis 1. Suurim ja vähim arktilise jääkatte ulatus 2016. aastal.

2.1. Kirjelda kaardi põhjal ühte positiivset ja ühte negatiivset tagajärge inimesele või loodusele, mille toob kaasa jääkatte ulatuslik vähenemine. (2 p)

Positiivne tagajärg	Negatiivne tagajärg	Arvestus:
Mitu võimalikku õiget vastust, näiteks Kirdeväila ja Loodeväila muutumine laevatatavaks ja uute kaubandusteede avanemine. (1 p)	Mitu võimalikku õiget vastust, näiteks arktilisest merejääst sõltuvalt loomade areali vähenemine (nt jääkarud). (1 p)	

2.2. Vali loetelust kõige sobivam väide ja tee sellele ring ümber (0,5 p).

Arktilise jääkatte ulatus on kõige väiksem septembris, sest:

- A. septembris langeb Põhja-Jäämere piirkonnas kõige rohkem päikeseenergiat.
- ☒ B. septembris lõpeb jää sulamine ning algab vee külmumine.
- C. septembris on Põhja-Jäämere piirkonnas kõrgeim kuu keskmine õhutemperatuur.
- D. septembris põhjustavad vees vohavad vetikad jää sulamist.

2.3. Viimase poolsajandi kestel on arktilise jääkatte ulatus (merejää pindala) olnud pidevas langustrendis. Joonisel 2 on toodud septembrikuu jääkatte ulatus aastatel 1979–2019 koos lineaarse trendijoonega. Kui langus samas tempos jätkub, siis on oodata, et tulevikus on Põhja-Jäämeri osa aastast täielikult jäävaba.

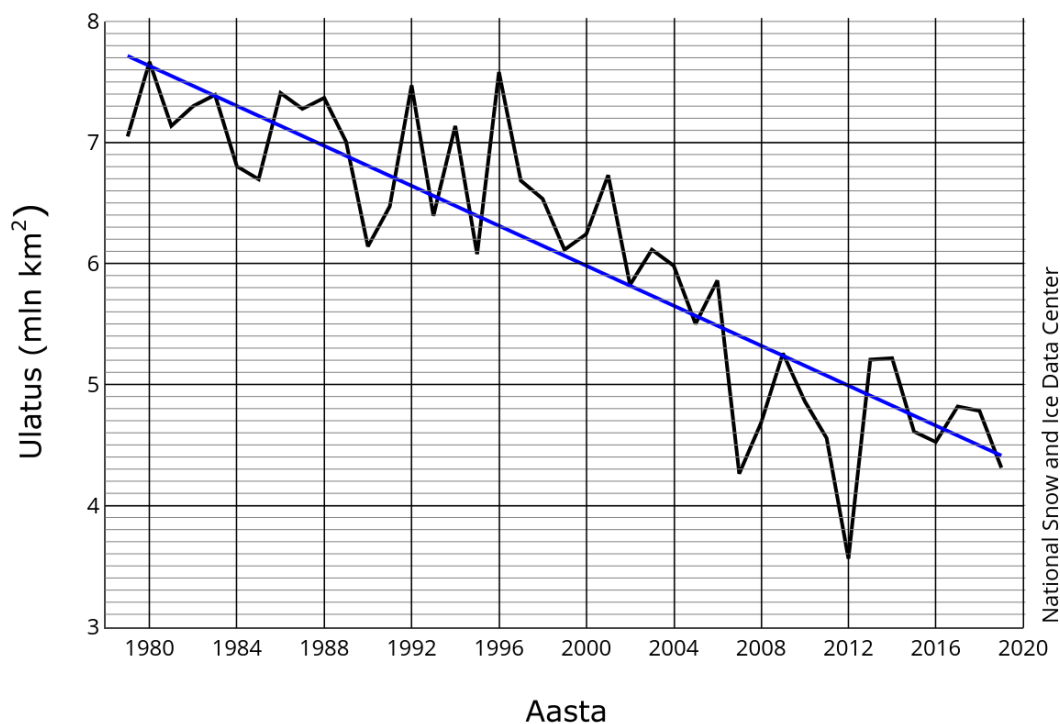


Millised väited septembrikuu jääkatte vähenemise graafiku (joonis 2) kohta on tõesed ja millised valed? Märki väite juurde T (tõene) või V (vale). (2 p)

Väide	T/V
Arktilise jääkatte vähenemine on kindla suunaga juhuslik protsess.	T
Graafiku sakid on põhjustatud aastaegade vaheldumisest.	V
Septembrikuu jääkate väheneb iga aastaga üha kiiremini.	V
Septembrikuu jääkatte vähenemise trend on lineaarne.	T

Arvestus:

Kuu keskmine arktilise merejää ulatus
septembris 1979-2019



Joonis 2. Arktilise jääkatte ulatus septembris aastatel 1979–2019.

2.4. Kui suured olid arktilise merejää septembrikuise ulatuse väärtused trendijooone järgi aastatel 1979 ja 2019? Märki vastus tabelisse koos õigete ühikutega! (0,5 + 0,5 p)

1979	7,7±0,1 mln km ²
2019	4,4±0,1 mln km ²

Arvestus:



2.5. Kui palju vähenes graafiku trendijoone järgi septembrikuu arktilise jääkatte ulatus ajavahemikul 1979–2019 kokku? (1 p)

$$\Delta S = 7,7 - 4,4 = 3,3 \text{ (mln km}^2\text{)}$$

Vastus: Arktilise jääkatte ulatus septembris vähenes ajavahemikul 1979–2019 kokku 3,3 mln km² võrra.

Arvestus:

2.6. Kui palju vähenes septembrikuu arktilise jääkatte ulatus iga aasta kohta keskmiselt? (1,5 p)

Vaadeldud ajavahemiku kestus on $\Delta t = 2019 - 1979 = 40$ aastat (0,5 p)

Jääkatte ulatuse vähenemine aasta kohta on $k = \Delta S / \Delta t = 3,3 / 40 = 0,083 \text{ mln km}^2 / \text{a} = 83\,000 \text{ km}^2 / \text{a}$. (1 p)

Vastus: Septembrikuu jääkatte ulatus langes iga aastaga keskmiselt 83 000 km² võrra.

Arvestus:

2.7. Kui eeldada, et jääkatte ulatuse vähenemine jätkub sama lineaarse langustrendiga, siis ligikaudu mis aastaks võiks ennustada olukorda, kus Põhja-Jäämeri on esmakordselt täielikult jäävaba? Näita oma lahenduskäiku koos valitud andmetega! (2 p)

Tahame leida aasta, kus jääkatte ulatuse trendijoon jõuab nullini. Esmalt näeme, et 2019. aastal oli trendijoon väärtuse $A_{2019} = 4,4 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ juures. Eelmises ülesandes leidsime, et iga aastal väheneb jääkatte ulatus keskmiselt $k = 83\,000 \text{ km}^2$ võrra (see on trendijoone tõusu absoluutväärtus). Seega kulub trendijoone nulli jõudmiseks

$$t = \frac{A_{2019}}{k} = \frac{4,4 \cdot 10^6 \text{ km}^2}{8,3 \cdot 10^4 \text{ km}^2 / \text{a}} = 53 \text{ a.}$$

Jääkatte täielik sulamine võiks seega toimuda umbes aastal $2019 + 53 = 2072 \approx 2070$.

Lisaks võib märkida, et tulemus ei sõltu algusaasta valikust. Näiteks oleksime saanud sama hästi arvutada algusaastat 2012 kasutades:

$$t_2 = \frac{A_{2012}}{k} = \frac{5,0 \cdot 10^6 \text{ km}^2}{8,3 \cdot 10^4 \text{ km}^2 / \text{a}} = 60 \text{ a}$$

ja seega $2012 + 60 = 2072$.

Vastus: Jäävaba Põhja-Jäämerd võib seega ennustada ligikaudu 2070. aastaks.

Arvestus:



2.8. Too välja üks võimalik põhjus, miks tehtud ennustus ei pruugi täpselt paika pidada. Põhjenda!
(2 p)

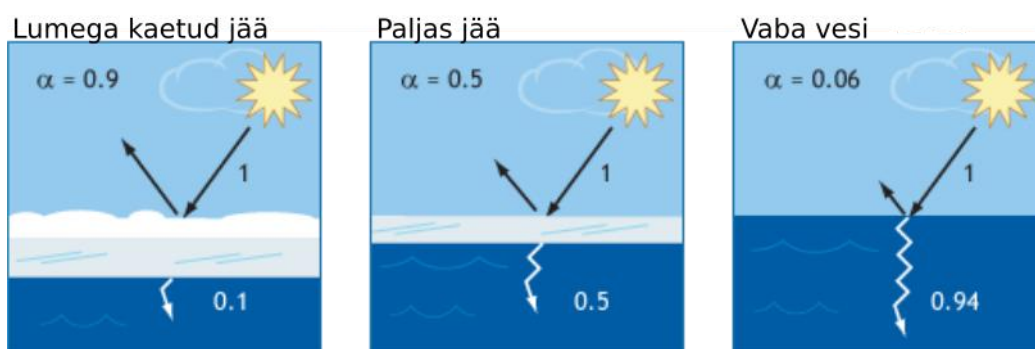
Mõned võimalikud põhjendused:

1. Arktilise jääkatte minimaalne aastane ulatus kõigub märkimisväärselt (trendijoon ümber) ja seetõttu pole võimalik esimest jäävaba aastat täpselt ette ennustada, isegi kui trendijoon jääb ka tulevikus samaks.
2. Trendijoon tõus sõltub algandmete valikust. Näiteks, kui kasutaksime andmeid ainult aastatest 2000–2018, siis saaksime mõnevõrra erineva tõusu väärtuse.
3. Algandmetena kasutatud ajaloolised jääkatte ulatused ise on mõõtemääramatuse tõttu mõnevõrra ebatäpsed.
4. Lineaarne trendijoon ei pruugi olla parim mudel ajalooliste andmete lähendamiseks ja on võimalik, et jääkatte ulatuse ajalist käiku kirjeldaks paremini mõni muu funktsioon.
5. Jääkatte ulatust mõjutavad protsessid võivad lähiaastakümnetel oluliselt muutuda ja seega jääkatte ulatuse muutumise kiirust mõjutada. Näiteks, kuna avavesi neelab pinnaühiku kohta rohkem päikeseenergiat kui jää, siis mida rohkem jääd on ära sulanud, seda rohkem lisandub igal aastal soojusenergiat ja seda kiiremaks muutub sulamine.

Arvestus:

Ülesanne 3: Arktika albeedo muutumine. (16 p)

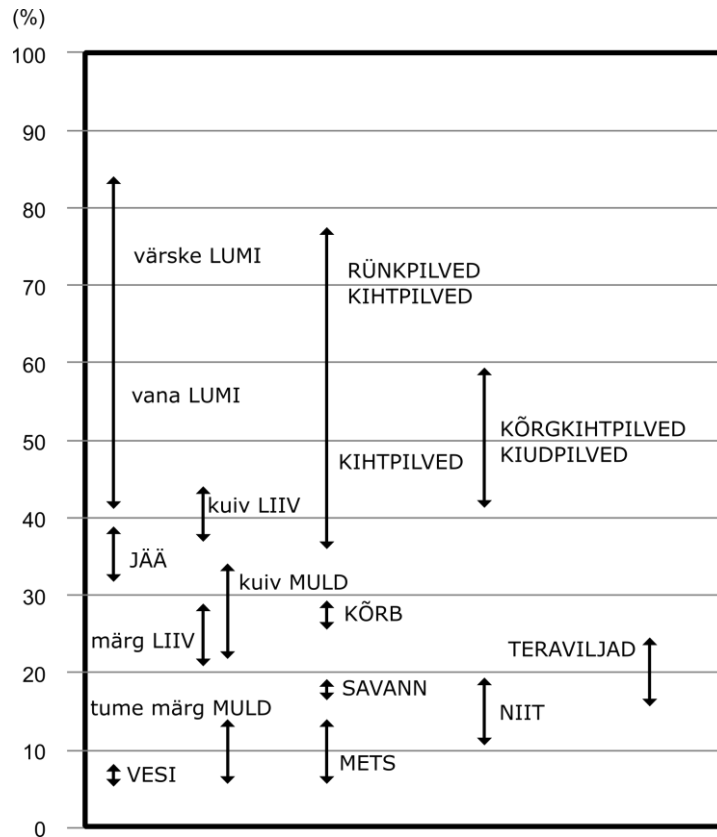
Pinna albeedo näitab, kui suur osa pealelangeva päikese kiirguse energiast peegeldub tagasi atmosfääri. Albeedo väärtus on 0 ja 1 vahel, seda väljendatakse ka protsentides (0...100%). Ühtlasi võimaldab albeedo hinnata, kui suur osa kiirguse energiast saab neelduda pinnas ja selle all (joonis 3). Näiteks, kui albeedo on 0,3, siis peegeldub 30% kiirgusest tagasi ja 70% kiirgusest neeldub aluspinnas. Satelliitidelt paistavad suurema albeedoga kohad heledamatena.



Joonis 3. Puhta lume, palja jää ja vaba veepinna albeedod.

Arktika piirkonnas on paksu lumekihiga kaetud jää albeedo kõrge, sest väga suur osa kiirgusest peegeldub puhtalt lumelt tagasi (joonis 3). Paljas või õhukese lumekihiga kaetud jää on tumedam ja selle albeedo on väiksem. Vaba vesi aga neelab valdava osa pealelangevast kiirgusest.

Nagu jooniselt 4 näha, on erinevate pinnakatete albeedod väga erinevad.



Joonis 4. Ülevaade erinevate pindade albeedist.

3.1. Millistelt pindadelt peegeldub päikese kiirgus sama intensiivselt kui lumepinnalt? Nimeta vähemalt 4. (2 p)

Rünpilved, kihtpilved, kõrgkihtpilved, kiudpilved (0,5 p x 4)

Arvestus:

3.2. Kuidas muudavad lumekihi kaetud jää vahel olevad lombid ja lahvanded merejää keskmist albeedot? Põhjenda! (1 p)

Keskmine albeedo väheneb, sest vee albeedo on palju väiksem kui lume albeedo.

Arvestus:

3.3. Kuidas muudab jää ulatuse vähenemine Arktika keskmist albeedot? Põhjenda! (1 p)

Keskmine albeedo väheneb, sest kasvab avavee pind, mille albeedo on palju väiksem kui jää albeedo.

Arvestus:



3.4. Arvuta, mitu korda muutus Arktikas neelduva kiirgusenergia hulk 2016. a septembris võrreldes 1980. a septembriga jääkatte vähenemisest tingitud albeedo muutumise tõttu. (Teiste tingimuste muutumine jäta arvestamata).

Võta arvesse, et jääkatte maksimaalne ulatus esineb tavaliselt märtsis, kui kogu piirkond pindalaga 15,5 mln km² on jääga kaetud. Septembris 1980 ja septembris 2016 oli jää ulatus vastavalt 7,6 mln km² ja 4,6 mln km², ülejäänud pindalal oli vaba vesi. Jääga kaetud ala keskmiseks albeedo väärtuseks võta 0,5; vaba vee albeedo leia jooniselt 3.

3.4.1. Leia vaadeldava arktilise piirkonna keskmine albeedo 1980. a septembris ja 2016. a septembris! (6 p)

1980 september: jääd 7,6 mln km², albeedo 0,5; vaba vett 15,5-7,6 = 7,9 (mln km²), albeedo 0,06.
Keskmine albeedo: $A_{1980} = (7,6 \cdot 0,5 + 7,9 \cdot 0,06) / 15,5 = 0,28$;

2016 september: jääd = 4,6 mln km², albeedo 0,5; vaba vett 11,9 mln km², albeedo 0,06. Keskmine albeedo: $A_{2016} = (4,6 \cdot 0,5 + 11,9 \cdot 0,06) / 15,5 = 0,19$

Vastus:	September 1980	September 2016
Keskmine albeedo piirkonnas	0,28	0,19

Arvestus:

3.4.2. Leia septembris 2016 ja septembris 1980 piirkonnas neeldunud kiirgusenergia suhe! (2,5 p)

2016. a. ja 1980. a piirkonnas neeldunud energiatega suhe: $x = (1 - 0,19) / (1 - 0,28) = 1,12$

Vastus: Septembris 2016 neeldus piirkonnas 1,12 korda rohkem kiirgusenergiat kui septembris 1980.

Arvestus:

3.4.3. Millise pinnakattega võib võrrelda Arktika merepiirkonda 2016. a. septembris, pidades silmas arvatud keskmist albeedo? Kasuta joonist 4 ja nimeta vähemalt kolm pinnakatte tüüpi! (1,5 p)

savann, teraviljapõllud, niidud (0,5 p x 3)

Arvestus:

**3.4.4. Kas albeedo muutumine pidurdab või kiirendab Arktika piirkonna kliima soojenemist?****Põhjenda! (2 p)***Kiirendab*

Näidispõhjendus: "Albeedo muutumise tõttu kasvab piirkonnas neeldunud päikeseenergia hulk, mis omakorda põhjustab merevee soojenemist ja jää sulamist, mis omakorda põhjustab albeedo vähenemist ning suurema hulga kiirgusenergia neeldumist".

Arvestus:

Ülesanne 4: Jäämägi (4,5 p)

4.1. Jääkaru Rose (kehakaaluga 350 kg) puhkab jääpangal, mille ruumala on 12,0 m³. Kui jääpanga tiheduseks on mageveejää tihedus (0,9167 g/cm³), siis **mis on jääpanga mass ilma jääkaruta?** (1,5 p)

Esmalt tuleb teisendada mageveejää tihedus SI-ühikutesse: $0,9167 \text{ g/cm}^3 = 916,7 \text{ kg/m}^3$. (0,5 p)

Jääpanga mass on $916,7 \text{ kg/m}^3 \times 12,0 \text{ m}^3 = 11000,4 \text{ kg} \approx 11\,000 \text{ kg}$ (0,5 p)

Vastus: *Jääpanga mass on umbes 11 000 kg.*

Arvestus:

4.2. Rose'i juurde ujub jääkaru Jack (kehakaaluga 700 kg), kes sooviks jääpangal koos veetleva Rose'iga hinge tõmmata. Uurime, kas jääpang kannab nii Jacki kui ka Rose'i keharaskust, veepinna alla vajumata. Ümbritseva merevee tihedus on 1029 kg/m³ ning raskuskiirendus on 9,8 m/s².

4.2.1. Kui suur raskusjõud mõjub jääpangale ja jääkarudele kokku? (1 p)

Jääpanga mass koos raskusega on $350 \text{ kg} + 700 \text{ kg} + 11\,000 \text{ kg} = 12050 \text{ kg} \approx 12\,000 \text{ kg}$. Raskusjõud on seega $F = mg$ ehk $12\,000 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \approx 118\,000 \text{ N}$.

Vastus: *Jääpangale ja jääkarudele kokku mõjub raskusjõud umbes 118 000 N.*

Arvestus:

4.2.2. Milline on maksimaalne üleslükkejõud, mis võib jääpangale mõjuda? (1 p)

Üleslükkejõud on võrdne keha poolt väljatõrjutud vedeliku kaaluga $F = \rho_v V g$ ehk $1029 \text{ kg/m}^3 \times 12,0 \text{ m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \approx 121\,000 \text{ N}$

Vastus: *Jääpangale võib mõjuda maksimaalne üleslükkejõud umbes 121 000 N.*

Arvestus:

**4.2.3. Otsusta, kas jääpank ujub ka siis, kui mõlemad jääkarud sellel puhkavad. Põhjenda! (1 p)**

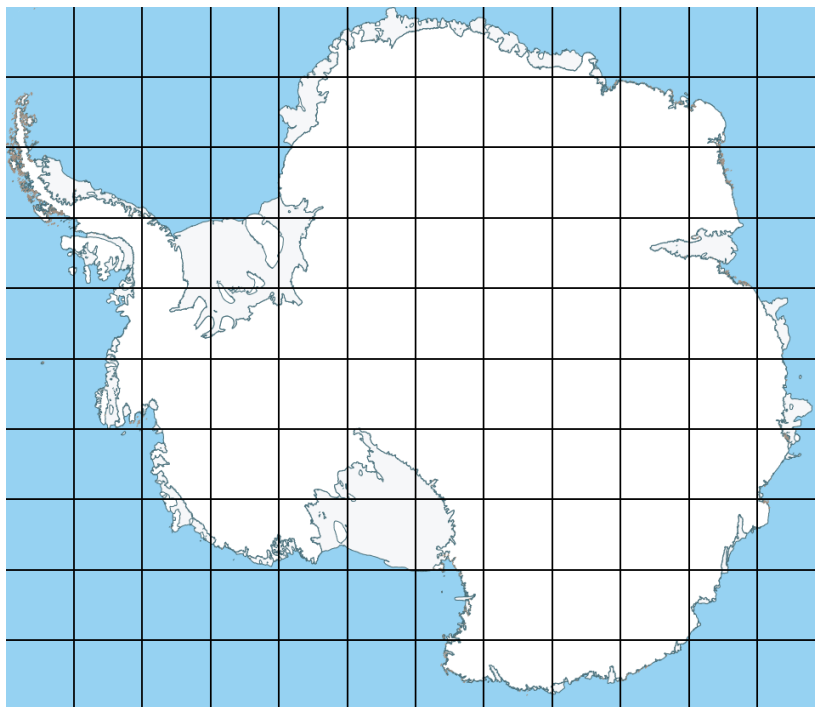
Ujumise tingimus on, et raskusjõud tasakaalustab üleslükkejõu. Kuna üleslükkejõud saab olla jääkaru keharaskusega võrdne, siis ujub jääpank ka siis, kui nii Jack kui ka Rose sellel puhkavad. (0,5 p vastus + 0,5 p põhjendus)

Arvestus:

Ülesanne 5: Antarktise mõju veetaseme tõusule (11,5 p)

Antarktis on külm ja lummava loodusega manner maakera lõunapoolusel, mis on kaetud keskmiselt 2,16 kilomeetri paksuse jääkihiga. See jääkiht moodustab 70% maailma mageveevarudest. Antarktise manner on seejuures maailma kõrgeim kontinent. Kuigi mandrijää pakub huvi nii polaaruurijatele kui -turistidele, võib kliima soojenedes selline suur jäälahmakas inimkonnale ka ohtu kujutada. Nimelt, kui jää peaks ära sulama, võib nii mõnigi piirkond lõpuks vee alla jääda. Kui palju siis ikkagi veetase tõuseks? Seda hakkad järgnevas ülesandes uurima.

5.1. Alustada tuleks Antarktise jäämassi pindala väljauurimisest. Selleks on olemas järgnev kaart. **Leia ühikruudu meetodil umbkaudne Antarktise jäämassi pindala ruutkilomeetrites.** Ühe ruudu pindala on umbkaudu 200 000 km². Ühikruudu meetodil leitakse pindala vastavalt valemile:
 $S = \text{täisruudud} + \text{poolruudud} / 2$. Poolruuduks võib arvestada iga ruudu, kus on veel jääkatet. **Näita oma lahenduskäiku!** (1,5 p)



Joonis 5. Antarktise kaart. Valge alaga on tähistatud mandrijää. Hallid alad on šelfiliustikud, mis tuleb võtta samuti ruutude lugemisel arvesse.



Vastavalt ülesande tekstile on täisruutude arv 45 ning poolruutude arv 38. (0,5 p mõlema eest, kokku 1 p)

Vastavalt valemile $S_{jää} = (45 + 38/2) \cdot 200\,000 = 1,28 \cdot 10^7 \text{ (km}^2\text{)}$. (0,5 p)

Vastus: Antarktise mandrijää pindala on $1,28 \cdot 10^7 \text{ km}^2$.

Arvestus:

5.2. Arvuta Antarktise jäämassi ruumala kuupkilomeetrites, kasutades eespool olevaid andmeid. Näita lahenduskäiku! (0,75 p)

Õige valem 0,25 p

$V_{jää} = S_{jää} \cdot h_{jää} = 1,28 \cdot 10^7 \text{ km}^2 \cdot 2,16 \text{ km} = 2,76 \cdot 10^7 \text{ km}^3$. (0,5 p)

Vastus: Antarktise jäämassi ruumala on $2,76 \cdot 10^7 \text{ km}^3$.

Arvestus:

Kindlasti tead, et vesi paisub jäätumisel. Järelikult peaks kogu jää sulamisel vett tekkima ruumaliselt vähem, kui oli jääd.

5.3. Arvuta mandrijääst tekkiva vee ruumala kuupkilomeetrites, kasutades sobivaid andmeid järgnevast tabelist. Näita oma lahenduskäiku! (3,25 p)

Soolase vee tihedus	1027 kg/m ³
Mageda vee tihedus	1000 kg/m ³
Magedast veest tekkinud jää tihedus	917 kg/m ³
Soolasest veest tekkinud jää tihedus	830 kg/m ³

Kuna mandrijää on tekkinud magedast veest, tuleb tabelist valida mageda vee tihedus ja magedast veest tekkinud jää tihedus. 0,5 p (iga õige valik 0,25 p)

Kõigepealt tuleb teisendada kas tihedused või ruumala õigetesse ühikutesse (m³ või km³).

Juhul, kui teha ruumala kuupmeetriteks:

$V_{jää} = 2,76 \cdot 10^7 \text{ km}^3 = 2,76 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$ (0,5 p)

$\rho = m/v$

$m_{vesi} = m_{jää}$ (järeltuse eest 0,5 p)

järelikult $\rho_{jää} \cdot V_{jää} = \rho_{vesi} \cdot V_{vesi}$ (1 p)

siit $V_{vesi} = (\rho_{jää} \cdot V_{jää}) / \rho_{vesi} = (917 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,76 \cdot 10^{18} \text{ m}^3) / 1000 \text{ kg/m}^3 = 2,53 \cdot 10^{18} \text{ m}^3 = 2,53 \cdot 10^7 \text{ km}^3$. (0,75 p)

Vastus: Mandrijääst tekkiva vee ruumala on $2,53 \cdot 10^7 \text{ km}^3$.

Arvestus:



Nüüd, kui on teada, kui palju meil vett lisanduks, tuleb see maakera ookeanidesse ära jaotada. Selleks tuleb meil leida ookeanide kogupindala. On teada, et 29% Maast on maismaa koos siseveekogudega, ülejäänut katab ookean. Terve maakera pindala saame, kasutades kera pindala valemit $S=4\pi R^2$.

5.4. Arvuta maakera ookeanide pindala. Maakera keskmine raadius on 6367 km. Näita oma lahenduskäiku! (1 p)

Maa pindala:

$$S_{\text{maakera}} = 4\pi \cdot 6367^2 \approx 5,094 \cdot 10^8 \text{ km}^2 \text{ (0,5 p)}$$

Maailmamere pindala:

$$S_{\text{maailmameri}} = S_{\text{maakera}} \cdot (100\% - 29\%) = 5,094 \cdot 10^8 \text{ km}^2 \cdot 0,71 \approx 3,617 \cdot 10^8 \text{ km}^2 \text{ (0,5 p)}$$

Vastus: Maailmamere pindala on $3,617 \cdot 10^8 \text{ km}^2$

Arvestus:

Paistab, et ongi kõik! Nüüd tuleb vaid kogu see veemass üle maailmamere ära jaotada.

5.5. Leia, mitu meetrit tõuseks merevee tase, kui kogu Antarktise mandrijää ära sulaks. (2 p)

Õpilasel tuleb taibata, et kõrguse (ehk merevee tõusu) saab kätte jagades vee ruumala maailmamere pindalaga. (õige valem 1 p)

$$h_{\text{vesi}} = V_{\text{vesi}} / S_{\text{maailmameri}} = 2,53 \cdot 10^7 \text{ km}^3 / (3,617 \cdot 10^8 \text{ km}^2) \approx 0,0699 \text{ km} \approx 70,0 \text{ m. (arvutus 0,5 p + teisendus 0,5 p, kokku 1 p)}$$

Vastus: Merevee tase tõuseks 70,0 m.

Arvestus:

5.6. Miks on saadud lõpptulemus arvatavasti ebatäpne? Nimeta kaks põhjust. Põhjenda! (3 p)

Võimalikud vastused:

- 1) Ühikruutude lugemine on suhteliselt ebatäpne viis pindala määramiseks.
- 2) Keskmine jää paksus on saadud arvutuslikult, see ei kirjelda kõige paremini tegelikke olusid.
- 3) Kogu mandrijää ei ole täpselt sama tihedusega, pindmise lumekihi tihedus on väike, alumiste jääkihtide tihedus on kõige suurem, kuna õhk on seal tugevasti kokku surutud.
- 4) Ei arvestata sellega, et vesi valgub ka maismaale ja selle arvelt jääb vee tõus väiksemaks, lisaks asub osa polaarjääd juba ookeanipinna all.
- 5) Igas alaülesandes toimub mingil määral ümardamine, mis mõjutab lõpptulemust.

Iga õige vastus koos põhjendusega 1,5 p.

Arvestus:



Ülesanne 6: Kasvuhoonegaasid (14 p)

Kasvuhoonegaasideks nimetatakse atmosfääris olevaid gaase, mis neelavad Maalt pärinevat soojuskiirgust ja kiirgavad seda Maale tagasi. Seetõttu on Maa temperatuur kõrgem, kui see oleks ilma atmosfäärita. Kuna sarnast mõju avaldab soojuskiirgusele ka kasvuhoonet kattev kile või klaas, nimetatakse seda nähtust kasvuhooneefektiks. Looduslik kasvuhooneefekt on eluks Maal hädavajalik. Inimtegevuse tagajärjel (peamiselt fossiilsete kütuste põletamine) on kasvuhoonegaaside kontsentratsioon aga kasvanud, mis võimendab kasvuhooneefekti ja põhjustab kliima soojenemist. Kolme olulise kasvuhoonegaasi panust kasvuhooneefekti kujutab alltoodud tabel.

Tabel 1. Kasvuhoonegaaside panus kasvuhooneefekti (protsentides) ja sisaldus atmosfääris ppm-ides (1 ppm näitab, et miljoni gaasiosakese seas on üks kasvuhoonegaasi molekul). Kuna protsentuaalne panus sõltub tingimustest (näiteks kas taevast on selge või pilves), on see antud vahemikuna.

Kasvuhoonegaas	osoon (O_3)	metaan (CH_4)	süsinikdioksiid (CO_2)
Ligikaudne sisaldus atmosfääris (ppm)	2–8	2	400
Panus kasvuhooneefekti (%)	3–7	4–9	9–26

6.1. Kui õhku lisandub võrdne arv metaani ja süsinikdioksiidi molekule, siis kumb aine põhjustab rohkem kasvuhooneefekti? (0,5 p)

Metaan

Arvestus:

Suurim protsentuaalne kogupanus (36–72%) globaalsesse kasvuhooneefekti on tegelikult hoopis veeaurul. Seda tekib ka fossiilsete kütuste põlemisel, ent palju suuremates kogustes aurustub vett looduslike protsesside käigus. Kui õhk küllastub veeauruga, tekivad sademed ja nii püsib veeaur õhus teiste kasvuhoonegaasidega võrreldes väga lühiajaliselt (keskmiselt 9 päeva). Nõnda arvatakse, et otseselt fossiilsete kütuste põletamisel tekkiv veeaur ei suuda ülemaailmselt kasvuhooneefekti võimendada. Küll põhjustab temperatuuri kasv kaudselt veeauru sisalduse kasvu õhus, sest soe õhk mahutab rohkem veeauru kui külm.

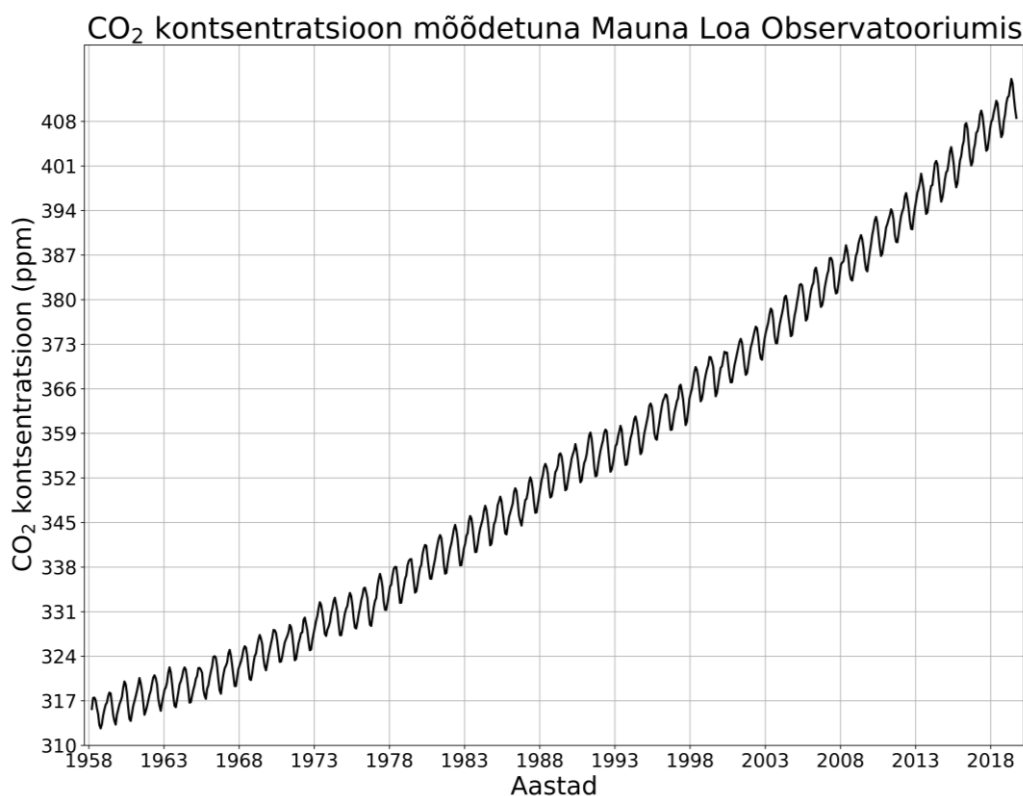


6.2. Millised järgnevatest väidetest veeauru kui kasvuhoonegaasi kohta on tõesed ja millised väärad? Märki tõesed väited tähega T ja väärad väited tähega V. (2 p) (4 x 0,5 p)

Väide	T/V
Kliimamuutuse ohjeldamisel tuleks eelkõige keskenduda veeauru heite piiramisele.	V
Fossiilsete kütuste põletamisel lisandub atmosfääri veeauru.	T
Kliima soojenemine suurendab keskmist veeauru sisaldust õhus.	T
Atmosfääri veeauru sisalduse mõõtmiste graafikus esinevad korrapärased üheksapäevased kõikumised.	V

Arvestus:

Süsinikdioksiidi sisalduse muutust õhus viimastel aastakümnetel kujutab järgmine graafik:



6.3. Mitu korda kasvas süsinikdioksiidi kontsentratsioon õhus aastatel 1960–2010? (1 p)

2010. aastal oli süsinikdioksiidi sisaldus vahemikus 387–393 ppm.

1960. aastal oli süsinikdioksiidi sisaldus vahemikus 313–321 ppm.

Seega kasvas süsinikdioksiidi sisaldus umbes 1,23 korda (1 p).

Vastus: Õigeks loetav vastus jääb vahemikku 1,20–1,26. Juhul, kui vastus on ümardatud ühe komakohani, siis loetakse õigeks ka vastuseid vahemikus 1,2–1,3.

Arvestus:



6.4. Hinda graafiku abil, kas kliimamuutuse leevendamine on viimastel aastakümnetel kulgenud edukalt. Põhjenda vastust. (1 p)

Ei ole kulgenud edukalt (0,5 p), sest süsinikdioksiidi kontsentratsiooni kasvukiirus ei ole aeglustunud (0,5 p).

Arvestus:

6.5. Miks on graafikul lisaks kasvutrendile näha ka süsinikdioksiidi iga-aastast sisalduse muutust õhus? (1 p)

Kevadel ja suvel talletub süsinikdioksiid fotosünteesiga biomassi, sügisel ja talvel fotosünteesi ei toimu ja süsinikdioksiid vabaneb peamiselt hingamise ja kõdunemise läbi (1 p). Kuna ookeanides moodustunud süsinikdioksiid üldiselt eriti õhku ei vabane, määravad tsükli peamiselt põhjapoolkera aastaajad, sest seal on rohkem maismaataimi.

Arvestus:

6.6. Kirjuta maagaasi põhikomponendi metaani (CH_4) täielikul põlemisel toimuva reaktsiooni tasakaalustatud võrrand. (2 p)



Võrrandi vasakul ja paremal pool on õiged ained. (1 p)

Arvestus:

6.7. Metaani põlemisel eraldub energiat 55,5 MJ/kg kohta, ent kiviõli põlemisel 32,5 MJ/kg kohta. Mitu korda erineb nende kütuste puhul ühe MJ kohta tekkiv süsinikdioksiidi hulk? Eelda, et kiviõli koosneb puhtast süsinikust. (6 p)

1 MJ energia saamiseks vajaliku metaani põlemisel eraldub

$$n_1(\text{CO}_2) = 1 \text{ MJ} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{55,5 \text{ MJ}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{16,04 \text{ g}} = 1,123 \text{ mol}$$

1 MJ energia saamiseks vajaliku kiviõli põlemisel eraldub

$$n_2(\text{CO}_2) = 1 \text{ MJ} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{32,5 \text{ MJ}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{12,01 \text{ g}} = 2,562 \text{ mol}$$

Ühes näidisarvutuses annab õige massi leidmine 1 p, õige moolide arvu leidmine 1 p ja õigete ühikute kasutamine 0,5 p. Teises arvutuses samade suuruste õigesti kasutamine annab kokku 1,5 p. Õige metaani molaarmassi leidmine annab 1 p.

Järelikult tekib 1 MJ energia saamisel kiviõl

$$\frac{2,562 \text{ mol}}{1,123 \text{ mol}} \approx 2,28$$

korda rohkem süsinikdioksiidi kui metaanist. (1 p)

Vastus: *1 MJ energia saamisel kiviõl*

Arvestus:

6.8. Kumb kütus on arvutuse tulemuse põhjal keskkonnasõbralikum? (0,5 p)

Metaan

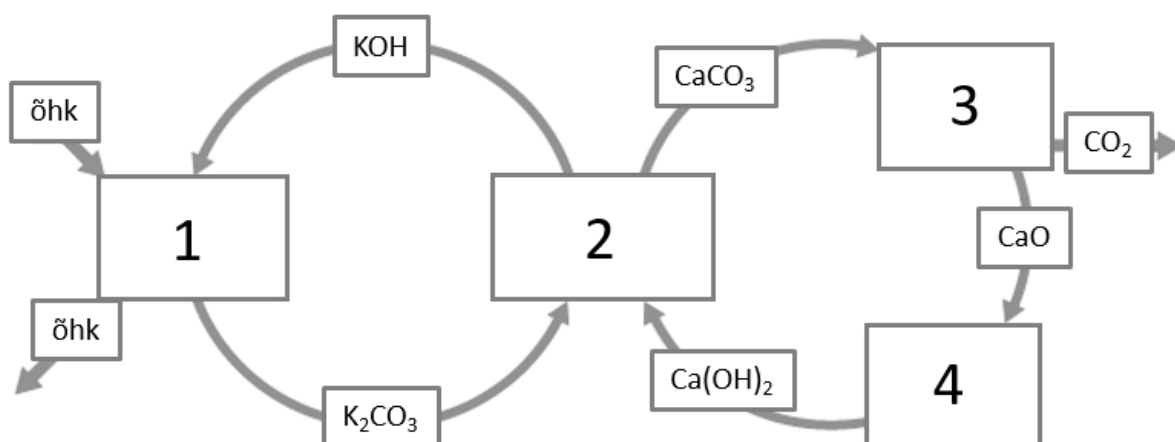
Arvestus:



Ülesanne 7: Süsinikuneutraalne Eesti (23,5 p)

Kliimastreikijad nõuavad „süsinikuneutraalset Eestit ja kohe“. Süsinikuneutraalses riigis ei paisata õhku rohkem süsinikdioksiidi, kui õhust seotakse. Euroopa Liidu eesmärgiks on saavutada süsinikuneutraalsus 2050. aastaks, ja selle eesmärgiga liitus äsja ka Eesti. Kõige problemaatilisema kasvuhoonegaasi – süsinikdioksiidi – heite vähendamiseks on kaks viisi: kas seda vähem õhku paisata või tekkinud süsinikdioksiidi heidet siduda.

On välja pakutud meetodeid juba tekkinud süsinikdioksiidi sidumiseks tekkekohal või isegi otse õhust. Näiteks saab süsinikdioksiidi koguda vesilahustes toimuvate keemiliste reaktsioonide abil. Kogutud süsinikdioksiidi võib salvestamiseks panna reageerima näiteks silikaatsete kivimitega, mille käigus moodustuvad karbonaatsed kivimid. Selle meetodi puuduseks on peetud energiakulukust ja suhteliselt kõrget hinda. Ent viimased uurimused näitavad, et sama eesmärki võib saavutada ka odavamalt. Ühe sellise meetodi põhimõtet kirjeldab järgnev skeem:



Skeem 1. Süsinikdioksiidi sidumine õhust.

7.1. Täida tabel ainete kohta skeemil. (6 p) (6 x 0,5 p)

Aine valem	Nimetus	Aineklass (happeline oksiid, aluseline oksiid, alus, hape või sool)
KOH	kaaliumhüdroksiid	alus
K ₂ CO ₃	kaaliumkarbonaat	sool
CaCO ₃	kaltsiumkarbonaat	sool
Ca(OH) ₂	kaltsiumhüdroksiid	alus
CaO	kaltsiumoksiid	aluseline oksiid
CO ₂	süsinikdioksiid	happeline oksiid

Arvestus:



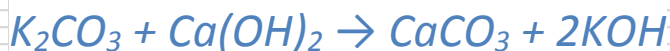
7.2. Kirjuta skeemi põhjal reaktsioonide 1–4 tasakaalustatud võrrandid. Lisaks skeemil kujutatud ainetele võtab mõnest skeemi reaktsioonist osa vesi. (6 p)

1



Arvestus:

2



3



4



Esimese kahe võrrandi eest mõlemal juhul 2 p (õiged ained 1 p + õige tasakaalustamine 1 p), järgmise kahe võrrandi eest 1 p.

7.3. Eeltoodud skeemi järgi 1 tonni süsinikdioksiidi sidumiseks kulub hinnanguliselt 366 kWh elektrienergiat. Üheks süsinikuneutraalsuse saavutamise võimaluseks oleks keskkonnasäästliku energia kasutamine liigselt õhku paisatava süsinikdioksiidi sidumiseks. Eestis paisatakse 2017. aasta seisuga iga-aastaselt summaarselt õhku 19 miljonit tonni süsinikdioksiidi-ekvivalenti (kasvuhoonegaaside kogus, mis põhjustab sama palju soojenemist kui vastav hulk süsinikdioksiidi). **Arvuta, kui palju elektrienergiat (kWh) on vaja vastava koguse süsinikdioksiidi sidumiseks eeltoodud skeemi alusel.** (1 p)

Arvestus:

$$E = 19 \cdot 10^6 \text{ tonni} \cdot \frac{366 \text{ kWh}}{1 \text{ tonn}} = 6,954 \cdot 10^9 \text{ kWh} \approx 7,0 \cdot 10^9 \text{ kWh}$$

Vastus: *Energiat kulub umbes $7,0 \cdot 10^9 \text{ kWh}$*

Kui sa ei jõua vastuseni, kasuta edasistes arvutustes väärtust 10^{10} kWh .



7.4. Kui suurele maa-alale (km²) on Eestis vaja paigutada päikesepaneelid, et saada piisavalt elektrienergiat kogu Eestis toodetava süsinikdioksiidina antud kasvuhoonegaaside ekvivalentkoguse (19 miljonit tonni süsinikdioksiidi) sidumiseks? 1 m² päikesepaneel toodab aastas 130 kWh energiat. Optimaalse paigutuse korral katavad päikesepaneelid 50% maa-alast, millele on need paigutatud. Eelda, et päikesepaneelide tootmise ja paigaldamise käigus tekkivaid kasvuhoonegaase pole vaja arvestada. $W = 1 \text{ J/s}$ (2,5 p)

$$S_1 = 6,954 \cdot 10^9 \text{ kWh} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{130 \text{ kWh}} \cdot \frac{1 \text{ km}^2}{10^6 \text{ m}^2} \cdot \frac{1}{0,5} = 107 \text{ km}^2 \approx 100 \text{ km}^2$$

Päikesepaneelide pindala leidmine 1 p, maa-ala pindala leidmine 1 p, õigete ühikute kasutamine 0,5 p.

Vastus: Päikesepaneelid tuleks paigutada umbes 100 km²-le

Arvestus:

7.5. Lisaks keemiliste tehnoloogiate kasutamisele võiks siduda süsinikdioksiidi ka kasvavasse biomassi. Fotosünteesi käigus tekivad süsinikdioksiidist ja veest päikeseenergia toimel keerukamad süsinikuühendid ja hapnik. Kirjuta fotosünteesi tasakaalustatud reaktsioonivõrrand, kui moodustuv süsinikuühend on glükoos (C₆H₁₂O₆). (2 p)

$$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$$

1 p õiged ained, 1 p tasakaalustamine.

Arvestus:

7.6. Kui suurele alale (km²) peaks Eestisse juurde istutama metsa, et siduda täiendavalt 19 miljonit tonni süsinikdioksiidi? Eelda, et mets kasvab kuusikuna ja istutatud mets seob kasvu käigus iga-aastaselt kindla koguse süsinikdioksiidi. Harilikku kuuse aastaseks juurdekasvuks arvesta 10 m³/ha, juurde kasvanud puidu tihedus on 350 kg/m³ ja märjas puidus sisaldub 15% süsinikku. 1 ha = 10 000 m² (5,5 p)

$$S_2 = 19 \cdot 10^6 \text{ tonni} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ tonn}} \cdot \frac{1 \text{ kmol}}{44,01 \text{ kg}} \cdot \frac{12,01 \text{ kg}}{1 \text{ kmol}} \cdot \frac{1}{0,15} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{350 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ ha}}{10 \text{ m}^3} \cdot \frac{10\,000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} \cdot \frac{1 \text{ km}^2}{10^6 \text{ m}^2}$$
$$S_2 = 98\,761 \text{ km}^2 \approx 100\,000 \text{ km}^2$$

Süsinikdioksiidi moolide arvutamine 0,5 p, süsiniku massi arvutamine 0,5 p, puidu massi arvutamine 1 p, puidu ruumala arvutamine 1 p, õige pindala leidmine 0,5 p, õige massiühikute teisendamine 0,5 p, õige pindalaühikute teisendamine 0,5 p, õige süsinikdioksiidi molaarmassi kasutamine 1 p.

Vastus: Metsa tuleks istutada 100 000 km² suurusele alale.

Arvestus:



7.7. Kui Eesti riigis jätkuks süsinikdioksiidi õhku paiskamine samas mahus, kas siis on realistlikum süsinikdioksiidi heidet kompenseerida metsa istutamisega või keemiliste meetoditega? Arvesta, et Eesti pindalaks on 45 500 km². (0,5 p)

Realistlikum on kasutada keemilisi meetodeid.

Arvestus:

Ülesanne 8: Ookeanide hapestumine (8 p)

Lisaks kasvuhooneefekti hoogustamisele võivad kasvuhoonegaasid põhjustada ka teistsuguseid keskkonnakahjusid. Süsinikdioksiidi kontsentratsiooni kasv õhus on tinginud ookeanide hapestumise: merevee pH väärtus on langenud seetõttu 8,25-lt 18. sajandi keskpaigas 8,14-ni 20. sajandi lõpus.

8.1. Kas merevesi on happeline, aluseline või neutraalne? Põhjenda vastust pH-taseme väärtuse kaudu. (1 p)

Aluseline (0,5 p), sest vee pH on üle 7 (0,5 p).

Arvestus:

8.2. Mis ioon põhjustab ookeanide hapestumist? Kirjuta selle valem ja nimetus. (1 p)

H⁺ (0,5 p) – vesinikioon (0,5 p) (alternatiivselt: H₃O⁺ – hüdrooniumioon)

Arvestus:

Ookeanide hapestumine põhjustab karbonaatsete struktuuride lagunemist ja raskendab organismide elutegevuse käigus tekkiva (biogeense) kaltsiumkarbonaadi moodustumist, sest tekkinud happe mõjul esinevad karbonaatioonid (CO₃²⁻) eelistatult vesinikkarbonaatses (HCO₃⁻) vormis ja kaltsiumkarbonaadist (CaCO₃) moodustub kaltsiumvesinikkarbonaat. See on kahjulik veeorganismidele, kes kaltsiumkarbonaati oma elutegevuses kasutavad (näiteks korallidele ja karpidele).

8.3. Kirjuta kaltsiumvesinikkarbonaadi valem. (0,5 p)

Ca(HCO₃)₂

Arvestus:



8.4. Allpool on loetletud tõesed faktid kaltsiumkarbonaadi kohta. Tõmba ring ümber fakti numbrile, mis seletab, miks kaltsiumvesinikkarbonaadi moodustumine on paljudele veeorganismidele kahjulik. (2 p)

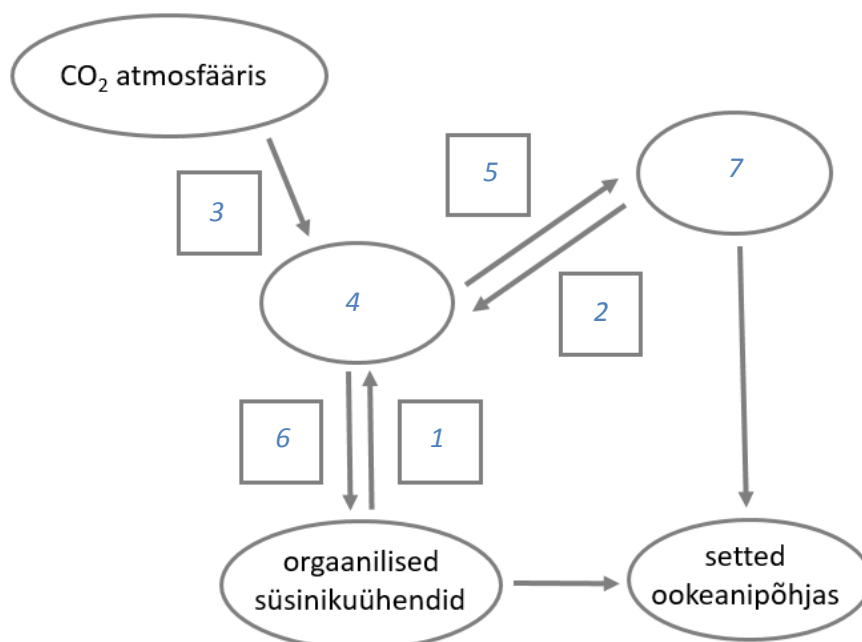
1. Kaltsiumvesinikkarbonaat laguneb veeks, süsinikdioksiidiks ja kaltsiumkarbonaadiks, kui selle lahus kokku aurutada.
2. Kaltsiumvesinikkarbonaadi lahustuvus on 16,6 g 100 g vee kohta, ent kaltsiumkarbonaadi lahustuvus 0,0013 g 100 g vee kohta.
3. Kaltsiumvesinikkarbonaadi puhul on ühe kaltsiumiooni kohta aines kaks vesinikkarbonaatiooni, ent kaltsiumkarbonaadi puhul ainult üks karbonaatioon.
4. Madala pH juures on kaltsiumvesinikkarbonaat püsivam kui kaltsiumkarbonaat.

Arvestus:

8.5. Täienda ookeanide süsinikuringe skeemi, kirjutades tühjadesse kujunditesse puuduvale sõnale/väljendile vastavad numbrid. (3,5 p) Iga õiges kohas paiknev number annab 0,5 p.

Arvestus:

1	hingamine
2	CaCO_3 lahustumine
3	CO_2 lahustumine
4	vees lahustunud anorgaanilised süsinikuühendid
5	biogeense CaCO_3 moodustumine
6	fotosüntees
7	vees lahustumata anorgaanilised süsinikuühendid



**Ülesanne 9: Kuumarabandus ja päikesepiste (15,5 p)**

Kuumarabandus on olukord, kus keha loomulikud temperatuuri reguleerimise mehhanismid lakkavad töötamast või töötavad puudulikult, mille tulemusena tõuseb kehatemperatuur eluohtlikult kõrgeks (üle 42 °C). Päikesepiste on üks kuumarabanduse vorme, kus liiga kõrge kehatemperatuur tuleneb otsesest päiksekiirgusest ilma kehalise koormuseta. Keskmise globaalse temperatuuri tõus ja sellega seotud ekstreemsete ilmastikunähtuste sagenemine omavad otsest mõju inimeste elule ja tervisele. Mitmed teaduslikud uuringud kinnitavad, et ekstreemsete temperatuuridega kaasneb tervisekahjustuste ja suremuse tõus. Näiteks ühes uuringus, kus hinnati äärmuslike temperatuuride mõju suremusele viiekümnes juhusest valitud rahvarohkes Ameerika Ühendriikide linnas aastatel 1989–2000*, leiti, et äärmuslik külm suurendas suremust 1,59% ja äärmuslik kuumus koguni 5,74%.

* Medina-Ramón, M., Schwartz, J. Temperature, temperature extremes, and mortality: a study of acclimatisation and effect modification in 50 US cities. *Occup Environ Med*2007;64:827–833

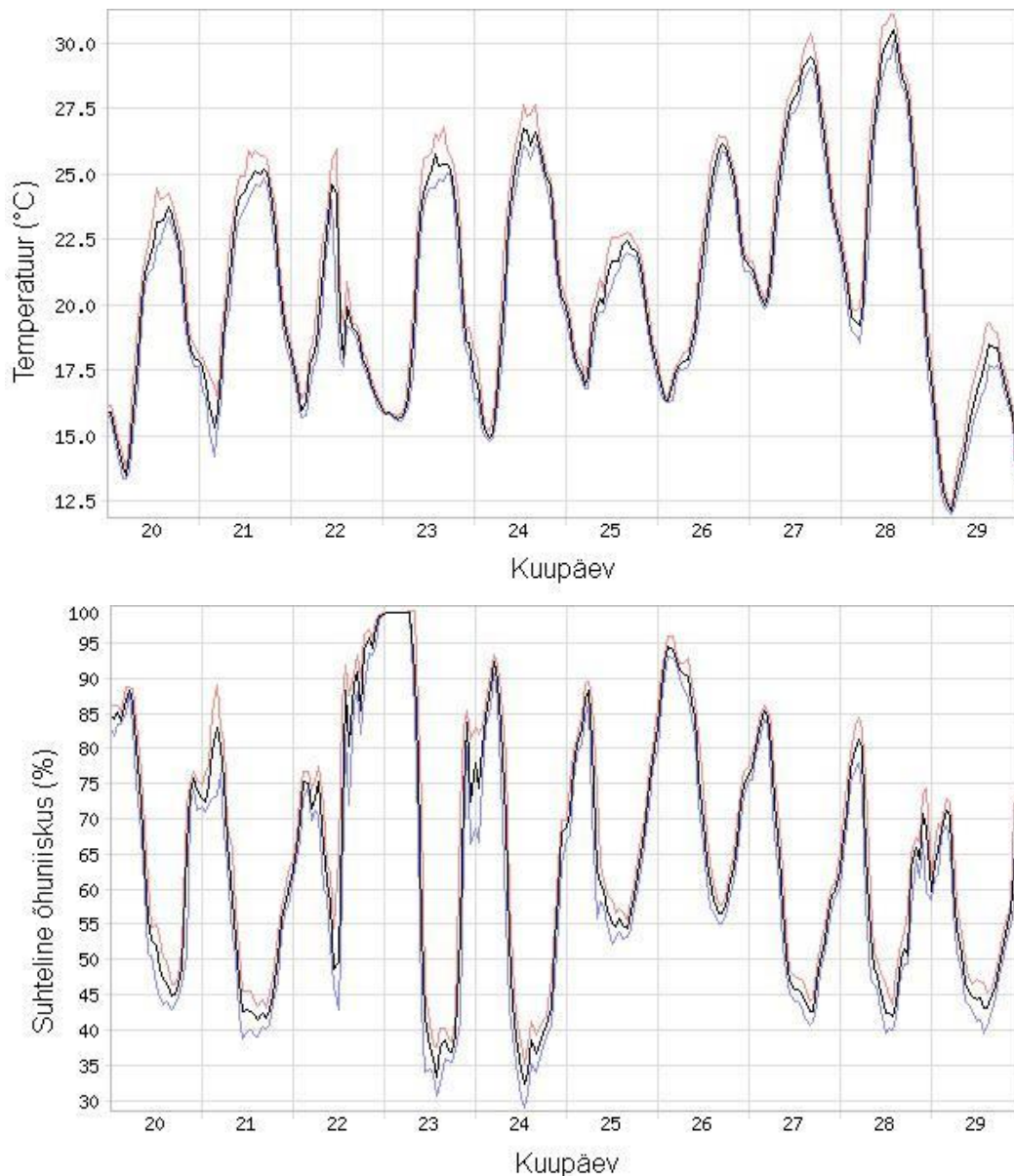
Tabel 2.

Kõrvalolevas tabelis → on kujutatud reaalse õhutemperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse koosmõjul ilmnevat nn tajutavat õhutemperatuuri.

	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48	50	52	55	57	59	62	64	66	68	71	73	75	77	80	82
41°	46	48	51	53	55	57	59	61	64	66	68	70	72	74	76	79
40°	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75
39°	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	66	68	70	72
38°	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	66	67	69
37°	40	42	44	45	47	49	51	52	54	56	58	59	61	63	65	66
36°	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	55	57	59	60	62	63
35°	37	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	54	56	58	59	61
34°	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58
33°	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48	50	51	53	54	55
32°	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	52	53
31°	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50
30°	30	32	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
29°	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46
28°	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
27°	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
26°	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39
25°	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37
24°	24	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35
23°	23	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33
22°	22	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31

	ei valmista ebamugavust
	kerge ebamugavustunne
	tugev ebamugavustunne, tuleks piirata rasket füüsilist tööd
	võivad esineda kerged haiguslikud sümptomid, vältida füüsilist pingutust
	ohtlik, igasugune füüsiline tegevus tuleks peatada
	potentsiaalselt surmav, äärmiselt kõrge kuumarabanduse oht

Praeguse seisuga (2019. aasta november) on Eesti läbi aegade kõrgeim temperatuur registreeritud 11. augustil 1992 Võrus, kus mõõdeti +35,6°C. 2019. aasta soojarekord registreeriti juulikuus. Alltoodud kaks graafikut näitavad õhutemperatuuri ja suhtelist õhuniiskust Tartu linnas vahemikus 20.–30. juuli 2019. Punase ja sinise joonega on kujutatud vastavalt mõõtetulemuste ülemine ja alumine usalduspiir (teoreetiline võimalik kõrvalekalle reaalsest mõõtetulemusest), must joon tähistab reaalseid mõõtetulemusi.



Joonis 6. Õhutemperatuur ja suhteline õhuniiskus Tartu linnas vahemikus 20.–30. juuli 2019.

9.1. Milline oli maksimaalne registreeritud temperatuur vaadeldavas kuupäevade vahemikus? (0,5 p)

31 °C

Arvestus:

9.2. Milline oli maksimaalne tajutav õhutemperatuur kõige kuumemal päeval? (1 p)

Maksimaalse õhutemperatuuri juures on suhteline õhuniiskus umbes 42%, tabelist leiame, et temperatuurile 31 °C ja suhtelisele õhuniiskusele 42% vastab temperatuur 35–36 °C.

Arvestus:

**9.3.1. Kui kõrgeks hindad sa kuumarabanduse riski üldelanikkonnale 2019. aasta kõige kuumemal päeval? Põhjenda oma vastust! (2 p)**

Kui arvestame ainult temperatuuri, siis tabeli andmete põhjal leiame, et kuumarabanduse risk 28. juulil 2019 mõõdetule sarnaste temperatuuride ja suhtelise õhuniiskuse juures ei ole väga kõrge (tajutav temperatuur on umbes 35 kraadi). Siiski tuleks vastavale ohule tähelepanu pöörata ja vältida suurt füüsilist koormust.

Arvestus:

9.3.2. Kui kõrge oli kuumarabanduse risk läbi aegade kõige kuumemal registreeritud päeval? Eelda, et suhteline õhuniiskus oli siis samal tasemel. Põhjenda oma vastust! (2 p)

Sellise temperatuuri juures on risk märkimisväärselt kõrgem (piiripealne olukorrale, kus peaks hoiduma füüsilisest tegevusest, et vältida kuumarabandust). Tajutav temperatuur oleks umbes 44 kraadi.

Arvestus:

9.4. Nimeta kaks rahvastikugruppi, keda kuumarabandus tugevamalt/suurema tõenäosusega ohustab. Anna kummagi juures ka põhjendus! (5 p)

Rahvastikugrupp	Põhjendus
<i>Vanurid/väikelapsed (pädev rahvastikugrupp 1 p)</i>	<i>Nende liikumisvõime võib olla piiratud (nt lapsed jäetakse lukustatud autosse, vanurid ei pruugi olla võimelised omal jõul liikuma). (korrektne põhjendus – 1,5 p)</i>
<i>Sportlased/väljas töötavad inimesed</i>	<i>Kuum ilmaga trenni/tööd tehes lisandub füüsilise jõupingutuse käigus tekkiv kehasoojus, kehatemperatuuri niigi vaevuline alandamine on seetõttu pärsitud.</i>

Arvestus:

Päikesepistele on vastuvõtlikud ka nt inimesed, kes jäävad rannas päevitades magama.

9.5. Märki allolevas tabelis ristikestega, millised on kuumarabanduse saanud inimest iseloomustavad sümptomid ja millised mitte. (3 p) (6 x 0,5 p)

Sümptom	Õige	Vale
Kiirenenud pulss (160–180 lööki minutis)	x	
Peavalu	x	
Liigne higistamine		x
Iiveldus	x	
Kuum ja kuiv nahk	x	
Pinnapealne ja aeglane hingamine		x

Arvestus:

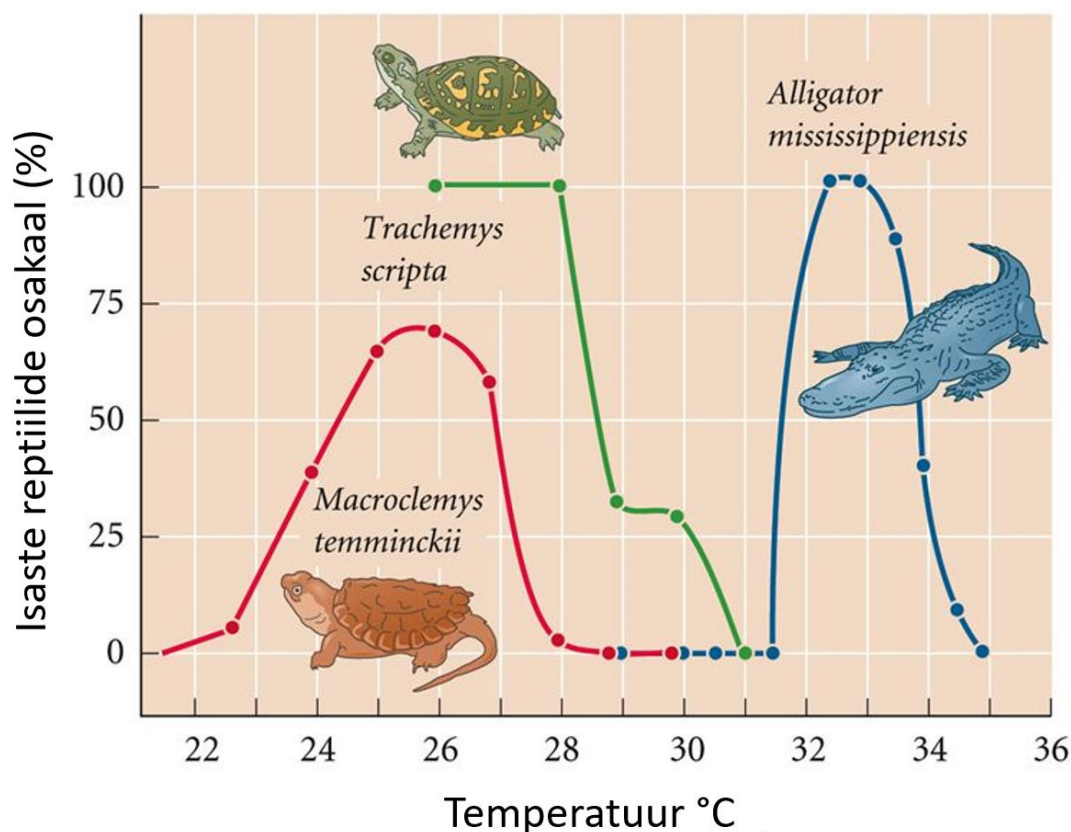
**9.6. Kirjelda, milline peaks olema kuumarabanduse saanud inimesele osutatav esmaabi. (2 p)**

Esimene prioriteet peaks olema inimene maha jahutada, kuna mida kauem on inimene üle kuumenenud, seda tõsisemaks võivad muutuda sümptomid ja nende tagajärjed. Inimeselt tuleks eemaldada liigsed riided, jahutamiseks sobib jaheda veega kastmine või inimese paigutamine konditsioneeriga eluruumi/autosse. Tõsisemate juhtumite korral tuleks inimene esmaabi andmise järel haiglasse toimetada.

Arvestus:

Ülesanne 10: Tõusva temperatuuri mõju loomadele (14 p)

Inimesel määravad soo sugukromosoomid, millest üks saadakse emalt ja teine isalt. Naissoo esindajatel on kaks X-kromosoomi ja meessoos esindajatel üks X- ja üks Y-kromosoom. Osal roomajatest aga määratakse sugu hoopis teistmoodi. Näiteks kilpkonnad ja krokodillid kaevavad oma munad maa sisse ning nendest kooruvate järglaste sugu sõltub sellest, milline on munade temperatuur ühel kindlal arenguhetkel. Vasta järgnevatele küsimustele, kasutades allpool toodud graafikut, mis näitab munadest kooruvate isaste protsendilist osakaalu sõltuvalt munade temperatuurist.



DEVELOPMENTAL BIOLOGY, 9e, Figure 14.22

© 2010 Sinauer Associates, Inc.

Joonis 7. Munadest kooruvate isaste roomajate protsendiline osakaal sõltuvalt munade temperatuurist.



10.1. Kui palju isaseid ja emaseid *Macrolemys temminckii* kilpkonnasid koorub 20 munast koosnevast "pesakonnast" (kurnast), mille munad on olnud temperatuuril 24 °C? Ümarda vastused ühelistele täpsuseni! (2 p) (4 x 0,5 p)

Arvestus:

Sugu	Osakaal (%)	Kilpkonnade arv
Isased	40 (+/-5)	8 (+/-1)
Emased	60 (+/-5)	12 (+/-1)

10.2. Millisel temperatuuril olnud *Trachemys scripta* munadest koorub võrdse hulga emaseid ja isaseid kilpkonni? Anna vastus ühe komakoha täpsusega! (1 p)

Arvestus:

28.6°C (+/-0.1 °C)

10.3. Otsusta, kuidas mõjutab munade temperatuuritõus sugude tasakaalu roomajaliikidel. Kirjuta tabeli lahtrisse vastav täht! (1,5 p) (3 x 0,5 p)

Arvestus:

Muutus reptiilide munade temperatuuris	Muutus sugude osakaalus (A-C)
<i>Trachemys scripta</i> munade temperatuur kasvab temperatuurilt 28,5 °C temperatuurini 30 °C	C
<i>Macrolemys temminckii</i> munade temperatuur kasvab temperatuurilt 24,3 °C temperatuurini 26 °C	B
<i>Alligator mississippiensis</i> munade temperatuur kasvab temperatuurilt 31 °C temperatuurini 35 °C	A

- A. Isaste ja emaste osakaal jääb samaks.
- B. Isaste osakaal tõuseb, emaste osakaal langeb.
- C. Emaste osakaal tõuseb, isaste osakaal langeb.

10.4. Kas kliimasoojenemine võib põhjustada kilpkonna- ja krokodilliliikide väljasuremist? Miks? (2 p)

Arvestus:

Jah (0,5 p), sest kliimasoojenemise/keskmise temperatuuri tõusu tõttu muutub kilpkonnade ja krokodillide sugude tasakaal. Kui ühe soo esindajaid on oluliselt vähem kui teisi, siis osa loomadest ei leia endale vastassoost kaaslast ega anna järglasi. (põhjendus – 1,5 p)
--



10.5. Too kolm põhjendatud näidet, kuidas liikide väljasuremine mõjutab inimest! (4,5 p) (3 x 1,5 p)

Teadus – jäävad saamata teadmised evolutsiooni kohta, potentsiaalsed ravimid jäävad avastamata (nt malaaria ravim avastatud taimest).

See mõjutab looduslikku tasakaalu, millest sõltub ka inimene (nt kui kaovad kindlad taimeliigid, väheneb ka mesilaste arv, kes on paljude toidutaimede olulised tolmeldajad).

Põllumajandus – suur osa meie toidust tuleb väga vähestelt liikidelt. Mingil hetkel oli viiruse tõttu papaia väljasuremisohus.

Kalandus – paljude inimeste sissetulek või toidulaud sõltub kalapüügist. Et kalu oleks palju, peab kõik olema tasakaalus – veetemperatuur, happelisus, taimestik, ülejäänud fauna.

Kultuur – mõnel loomal on oluline koht kultuuris/uskumustes, nt tiigrid, pandad.

Arvestus:

10.6. Piltidel näed väljasuremisohus olevate liikide esindajaid. Vii iga liigi esindaja kokku ühe põhjusega, miks see liik väljasuremisohus on (kirjuta tabelisse vastava pildi täht A–F). Lisaks märgi tabelisse +, kui väljasuremisohu põhjus on otseselt seotud globaalse kliimasoojenemisega, ja –, kui otsene seos kliimasoojenemisega puudub! (3 p) (12 x 0,25 p)





Väljasuremisohu sattumise põhjus	Väljasuremisohu liik (1–6)	Otsene seos kliimasoojenemisega (+/–)
Merevee pH langeb	<i>F</i>	–
Elusolendi teatud kehaosale omistatakse tervendavaid omadusi	<i>A</i>	–
Valgusreostus	<i>D</i>	–
Isaste loomade osakaal kasvab ja emaste loomade osakaal väheneb	<i>E</i>	+
Illegaalne müük koduloomana pidamiseks	<i>B</i>	–
Toidu hankimiseks sobiv ala kahaneb	<i>C</i>	+

Arvestus:

Ülesanne 11: Kliimaskeptikud vs kliimaaktivistid (19,5 p)

11.1. Kliimadebati osapooled. ÜRO rahvusvaheline kliimamuutuste paneel (IPCC), maailma kliimateadlaste enamik ning roheline suunitlusega parteid ja kodanikuühendused (siin üldnimetus: KLIIMAAKTIVISTID) teevad üleskutseid kehtestada üle maailma karme abinõusid kasvuhoonegaaside õhkupaikamise vähendamiseks. Neile vastukaaluks leiavad paljud poliitikud, arvamusiidrid ja ka väike hulk teadlasi (siin üldnimetus: KLIIMASKEPTIKUD), et inimese mõju kliimale ei ole piisavalt tõendatud ja/või riikide majanduskasvu, firmade tegevust ja inimeste harjumuspärase elustiili (sh fossiilkütuste kasutamist) ei ole õige kliima nimel pärssida.

11.1.1. Leia järgnevate asjaolude (A–J) hulgast need, mida kasutavad oma sõnumi edastamisel kliimaaktivistid, need, mida enda huvides rõhutavad kliimaskeptikud, ja need, mida saavad põhimõtteliselt kasutada mõlemad osapooled.

- Globaalne kliimasüsteem on äärmiselt keerukas (kompleksne) ja selles leidub palju erinevaid vastasmõjusid, mistõttu ei oska me piisavalt ennustada erinevate mõjutuste tagajärgi.
- Kliima on tsükliline ja ka varasemast ajaloost on teada külmemaid ja soojemaid perioode, mille põhjused ei ole päris selged.
- Globaalseid atmosfääri ja ookeanide mõõtmisi on tehtud suhteliselt lühikest aega, meil puuduvad ammendavad võrdlusandmed varasema aja kliimast.
- Kliimat käsitlevad teadusuuringud ja publikatsioonid (artiklid, raamatud) võivad olla kallutatud äriliste ja/või poliitiliste mõjude tõttu.
- Viimaste aastakümnete atmosfääri ja maailmamere temperatuuri mõõtmised näitavad järjepidevat keskmise temperatuuri tõusu.
- Globaalne soojenemine põhjustab põhjapoolkera ulatuslikel maismaa-aladel igikeltsa sulamist ja polaarmedel püsiva jääkatte kadumist.



- G. Teadlased ja insenerid on otsimas võimalusi, kuidas saaks tehnoloogiliste meetodite abil kasvuhoonegaase atmosfäärist eemaldada või nende mõju kliimale vähendada.
- H. Tegelikult elame jäävaheajal, millele tulevikus järgneb uus jahenemine ja jääaeg.
- I. Viimase poolsajandi uuringud näitavad CO₂ kontsentratsiooni ühtlast kasvu atmosfääris.
- J. Kliimamuutus põhjustab äärmuslike ilmastikunähtuste sagenemist ja intensiivistumist ning maailmamere taseme tõusu.

Märgi tabeli igas reas ristike või ristikesed sobivatesse lahtritesse! (6,5 p) (13 x 0,5 p)

Arvestus:

Argument	Kliimaaktivistid	Kliimaskeptikud	Argument	Kliimaaktivistid	Kliimaskeptikud
A	x	x	F	x	x
B		x	G		x
C		x	H		x
D	x	x	I	x	
E	x		J	x	

11.1.2. Valdav osa maailma kliimateadlasi on veendunud, et inimtekkeline kliimasoojenemine on teaduslik fakt ja selle pidurdamiseks on vaja rakendada ulatuslikke ülemaailmseid abinõusid. Veebis leidub rohkesti kliimaaktivistide koostatud lehti, kus kliimaskeptikute väiteid ümber lükatakse. **Vali loetelust kaks kliimaskeptikute argumenti ja esita neile lühike loodusteaduslikult põhjendatud vastuväide.** (2 p)

Argumendi tähis	Vastuväide
A	<i>Seda argumenti võivad kasutada ka kliimaaktivistid, kuna samal põhjusel on võimalik, et inimtekkeliste kasvuhoonegaaside globaalne mõju on praegu arvatavast veelgi tõsisem. Piisavate teadmiste puudumisel ohtudest tasub pigem ettevaatlik olla.</i>
B	<i>Jah, aga viimastel kümnenditel jälgitaval Maa kliima soojenemisel on leitud selge seos süsihappegaasi jt kasvuhoonegaaside kontsentratsiooni suurenemisega atmosfääris, mis vastab ka nende gaaside teadaolevatele füüsikalistele mõjudele.</i>
C	<i>Jah, aga viimaste kümnendite mõõtmisandmed näitavad Maa keskmise temperatuuri tõusu samaaegselt kasvuhoonegaaside kontsentratsiooni kasvuga atmosfääris, alternatiivseid häid teaduslikke seletusi praegusele soojenemisele kliimaskeptikutel pakkuda ei ole.</i>



D	<i>Rohketele ülemaailmsetele mõõtmisandmetele jm teadustööle tuginedes on valdav osa maailma kliimateadlasi veendunud, et inimene põhjustab kliima soojenemist kasvuhoonegaaside õhkupaiskamise kaudu. Nii ulatusliku pettuse korraldamine on äärmiselt ebausutav. Lisaks, väidet saab kasutada ka kliimaskeptikute kohta, keda võivad rahastada nt naftatöösturid vm kasvuhoonegaase õhku paiskavate majandussektorite esindajad.</i>
F	<i>Kliimaskeptikud on nt väitnud, et Arktika jääkatte kadumine võimaldab muuta Arktika ookeani laevatatavaks ja igikeltsa sulamine aitab põhjaaladel majandustegevust arendada. Samal ajal on ohus Arktika ökosüsteemid, mis võib viia polaarliikide väljasuremiseni. Lisaks, igikeltsa sulamine vabastab pinnasest kasvuhoonegaase, mis võib kliima soojenemist täiendavalt kiirendada.</i>
G	<i>Uuringud tõesti käivad, aga hetkel on sellised meetodid tehniliselt raskesti teostatavad ja liiga kulukad, et neid lähiajal efektiivselt kasutusele võtta, samas kui kliimamuutus põhjustab juba praegu maailmas tõsiseid probleeme. Seega tuleb praegu keskenduda siiski kasvuhoonegaaside õhkupaiskamise piiramisele.</i>
H	<i>Väide vastab tõele, aga Maa liikumise perioodilistest muutustest tulenevat uut jääaega ei ole tõenäoliselt oodata veel tuhandeid aastaid (ja inimtekkeline soojenemine võib seda täiendavalt edasi lükata), samas kui praegune kiire kliima soojenemine põhjustab ränki tagajärgi juba täna ja need mõjud suurenevad veelgi lähikümnetel, kui inimkond ei suuda kasvuhoonegaaside koguseid piirata.</i>

Arvestus:

11.1.3. Kes on sellel pildil, mis tehti tänavu septembris New Yorgis ÜRO kliimatippkohtumisel? (2 p)

	Nimi	Amet või tegevusala
1.	<i>Donald Trump</i>	<i>USA president,</i>
2.	<i>Greta Thunberg</i>	<i>Rootsi kliimaaktivist, kliimastreikide algataja</i>

Arvestus:

**11.1.4. Miks vaatab neiu meest vihase pilguga? (2 p)**

USA president Donald Trump on kliimaskeptik, kes eitab inimtekkelist kliima soojenemist ega poolda majanduse, sh fossiilkütuste kasutamise piiramist. Ta on muuhulgas otsustanud tühistada USA liitumise ülemaailmse Pariisi kliimaleppega. Noor Rootsi kliimaaktivist Greta Thunberg tegutseb aga just selle nimel, et fossiilkütuste kasutamist otsustavalt piirataks, tagamaks Maa elukeskkonna säilimist tulevastele põlvetele.

Foto on tehtud tänavu 23. septembril New Yorgis ÜRO kliimatippkohtumisel, kus Thunberg kritiseeris maailma liidreid nende passiivsuse eest kliimamuutusega võitlemisel.



Arvestus:

11.2. Huvirühmad. Kliimaküsimustes tuleb arvestada mõjukate rühmadega, kellel on teemaga seotud majanduslikud ja/või poliitilised huvid.

11.2.1. Milliste huvirühmade esindajad võiksid soovida rahastada kampaaniaid ja infomaterjale, mis:

- A. hoiatavad inimtekkelise kliimamuutuse eest ja kutsuvad otsustavamalt tegutsema?
- B. näitavad inimese mõju kliimale tühisena ja seavad kliimateadlaste töö tulemusi kahtluse alla? (2 p) (8 x 0,25 p)

Huvirühm	A või B?	Huvirühm	A või B?
Pärsia lahe äärsete riikide valitsused	B	Kaevandusfirmad	B
Saastekvoote müüvad maaklerid	A	Jalgrattatootjad	A
Elektri- ja vesinikautode arendajad	A	Lennufirmad	B
Lihatootjad	B	Päikesepaneelide tootjad	A

Arvestus:

11.2.2. Too veel üks näide sarnasest keerukast loodusteadusliku sisuga probleemist, mille puhul on ühiskonnas olemas erinevaid vaatenurki pooldavad mõjukad huvirühmad! (1 p)

**Probleemi lühikirjeldus:**

1. Suhtumine evolutsiooniteooriasse ja selle õpetamisse koolides - see debatt on väga terav nt USAs, kus suur osa rahvastikust on sõnasõnaliselt piiblit uskuvad kristlased, kes leiavad, et evolutsiooniõpetus on piibliga vastuolus. Sarnased vaated domineerivad ka islamiriikides.
2. Suhtumine erineva seksuaalse sättumusega isikutesse (LGBT) ja nende kohta info levitamisse: ka Tartus oli hiljuti homovastaste meeleavaldus LGBT-teemalise infoürituse vastu, millele vastukaaluks tulid plakatitega välja LGBT aktivistid ja nende toetajad.
3. Suhtumine geneetiliselt muundatud organismidesse (GMO): GMO-vastased püüavad takistada ja keelustada geneetiliselt muundatud organismide arendamist ja kasutamist, samas kui nt meditsiini ja põllumajanduse sektorite poolt on tugev surve nende arendamiseks.

Lisaks veel palju võimalusi.

Arvestus:

11.2.3. Kes neisse huvirühmadesse kuuluvad ja millised on nende seisukohad antud probleemi osas?

(4 p)

Huvirühm	Põhilised seisukohad
1. Kreatsioonistid, sh mõjukad usuliikumised Teadlased / kooliõpetajad / ateistid	Evolutsiooni ei ole toimunud, vaid Jumal lõi kõik liigid ühekorraga; evolutsiooni ei tohiks koolides õpetada. Evolutsiooniteooria on teaduslikult korrektne, selgitades veenvalt eluslooduse arenemist miljardite aastate vältel, seetõttu tuleb seda koolides õpetada.
2. Homovastased / homofoobid (usuliikumised, konservatiivsed parteid jt) Homoõiguste kaitsjad (LGBT aktivistid, liberaalsed parteid jt)	Homoseksuaalsus on haigus, hälve või patt, millele saab inimesi kallutada propaganda abil, mida tuleb hukka mõista ja/või saab välja ravida. Homoseksuaalsus on peamiselt geneetiline eripära, mis on omane teatud osale inimestest ja mida tuleb aktsepteerida ning mille kohta ühiskonna teadlikkust tõsta, vältimaks halvustamist ja diskrimineerimist.
3. GMO-vastased (keskkonnaaktivistid, usuliikumised jm) GMO-pooldajad (tavakodanikud, teadlased, töösturid)	GMOde väljaarendamine, kasvatamine ja müük on ebaloomulik sekkumine loodusesse (või Jumala loomingusse), mis võib kahjustada inimeste tervist, ökosüsteeme jm ja tuleks seetõttu keelustada. GMOde arendamine võimaldab luua soovitud omadustega sorte / tőuge, leevendades toidupuudust, kiirendades meditsiini arengut, suurendades kasumit jm.

Arvestus:



Täname olümpiaadil osalemast!

Palume, et annaksid oma hinnangu piirkonnavoorele meie veebilehel teaduskool.ut.ee

Siis oskame olümpiaadi paremaks teha. Vastajate vahel loosime välja auhindu!

NB! Samast leiad ka kõigi ülesannete eeldatud lahendused!