



Eesti loodusteaduste olümpiaad

piirkonnavoos

Ülesannete komplekt

Sissejuhatus

Oluline

Eesti loodusteaduste olümpiaadi piirkonnavoorus 2022/2023 tuleb lahendada kolm suurt ülesannet, millel kõigil on mitu alamülesannet.

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

- Ülesannete lahendamiseks ei tohi kasutada kõrvalist abi.
- Käesolev ülesannete leht antakse kätte kas trükitult või näidatakse arvutiekraanil.
- Ülesannete leht on ainult ülesannete tekstide lugemiseks, vastused tuleb kirjutada **vastuste vihikusse**. Ülesannete lehtede komplekti hindajatele ei edastata.
- Vastused tuleb kirjutada pasta- või tindipliiatsiga.
- Ülesannete leht antakse võistlejale kätte võistluse algushetkel ja võistluse algusaeg hakkab sellest pihta.
- Arvutusülesannetes esita kindlasti ka lahenduskaik (kirjuta vastuste vihikus olevasse kasti), muidu Sinu vastust ei arvestata!
- Arvulised vastused eeldavad ühikuid!
- Valikvastuseliste ülesannete hindamisel arvestame õigete ja valede valikute osakaalu!

Ülesannete lahendamiseks on kokku 4 tundi, mis algab ülesannete komplekti võistlejale näitamisest ja lõpeb vastuste komplekti ärakorjamisega.



1. Kliima ja kiirgusbilanss (51,5 p)

1.1. Maa atmosfäär ja kasvuhooneefekti mõju kliimale (9,5 p)



Joonis 1: Vaade läbi Maa atmosfääri rahvusvahelisest kosmosejaamast (päikesetõus).

Maa koosneb valdavalt metallidest ja kivimitest, kuid selle pinna kohal on erinevatest gaasidest koosnev atmosfäär, mis meid igapäevaelus ümbritseb. Enne Maa pinnani jõudmist peab Päikeselt tulev valgus kõigepealt atmosfääri läbima. Maa poolt kiiratud soojuskiirgus ja Maa pinnalt peegeldunud valgus peavad aga teel ilmaruumi samuti atmosfääri läbima.

Atmosfäär on väga oluline meid ümbritseva keskkonna osa ja selles ülesandes uurime selle koostist ning mõju.

1.1.1. Vii kokku Maa atmosfääri komponendi keemiline valem selle nime ning osakaaluga. (2 p)

| | | | | | |
|---|-----------------|--|-----------------|--|-------|
| A | O ₂ | | lämmastik | | 0,9% |
| B | Ar | | hapnik | | 78,1% |
| C | N ₂ | | süsinikdioksiid | | 20,9% |
| D | CO ₂ | | argoon | | 0,04% |



Lisaks põhilistele komponentidele leidub Maa atmosfääris väike, kuid kliima seisukohalt oluline hulk kasvuhoonegaase. Kasvuhoonegaasideks nimetatakse neid gaase Maa atmosfääris, mis neelavad olulisel määral Maa poolt kiiratatavat pikalainelist soojuskiirgust ning takistavad seega soojuse kadu kosmosesse.

Tabelis 1 on esitatud tähtsamad kasvuhoonegaasid, nende kontsentratsioon atmosfääris ühikutes ppm (kontsentratsioon 1 ppm tähendab, et ühe miljoni molekuli kohta leidub atmosfääris 1 molekul vastavat kasvuhoonegaasi) ja iga kasvuhoonegaasi hinnanguline panus kasvuhooneefekti.

Tabel 1. Kasvuhoonegaaside sisaldus maa atmosfääris ja nende panus kasvuhooneefekti.

| Kasvuhoonegaas | Sisaldus Maa atmosfääris (ppm) | Panus kasvuhooneefekti (%) |
|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Süsihappegaas, CO ₂ | 415 | 26 |
| Metaan, CH ₄ | 2 | 5 |
| Dilämmastikoksiid, N ₂ O | 0,33 | 2 |
| Osoon, O ₃ | 0,01–0,02 | 8 |
| Veeaur, H ₂ O | 0–30000 (jaotus ebaühtlane) | 60 |

1.1.2. Nimeta kaks looduslikku protsessi, mis paiskavad atmosfääri süsihappegaasi. (1 p)

Osoon tekib Maa atmosfääris looduslikult, kui hapnikumolekulid atmosfääri ülaosas UV-kiirguse toimel omavahel reageerivad.

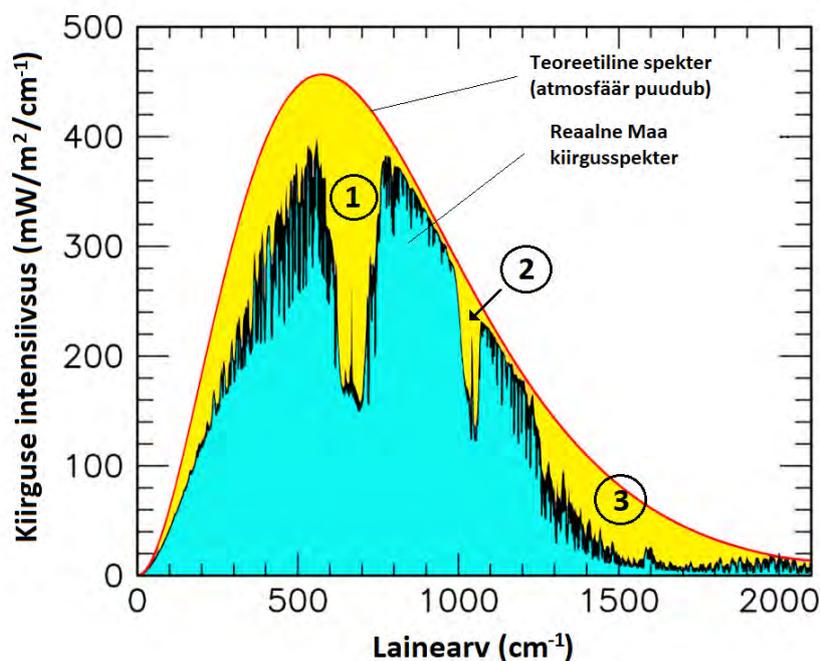
1.1.3. Kirjuta ja tasakaalusta osooni tekke keemiline reaktsioon. (1 p)

1.1.4. Kui atmosfääris leiduks võrdne hulk süsihappegaasi ja metaani molekule, kumma gaasi panus kasvuhooneefekti oleks suurem? (1 p)

1.1.5. Üle poole Maa kasvuhooneefektist põhjustab veeaur, ometi ei räägita globaalse kliima soojenemise kontekstis veeauru heite vähendamisest. Selgita, mille poolest erineb vesi kasvuhoonegaasina kõigist teistest ülal loetletud kasvuhoonegaasidest. (2 p)



Joonisel 2 on kujutatud teoreetiline Maa poolt kiiratava soojuskiirguse spekter, kui Maal puuduks atmosfäär (kollane graafik), ning reaalne kosmosest mõõdetud kiirgusspekter (helesinine graafik). Reaalses kiirgusspektris esinevad “sälgud” on põhjustatud kasvuhoonegaasidest, mis neelavad endale omastel lainepikkustel Maa soojuskiirgust. Iga kasvuhoonegaas neelab kiirgust vaid kindlatel lainepikkustel (tabel 2). Lainepikkuse kirjeldamiseks on siin kasutatud lainearvu, mille ühikuks on cm^{-1} (ehk pöördsentimeeter).



Joonis 2. Maa poolt kiiratav spekter atmosfääriga ja ilma selleta. Allikas: G.A. Schmidt, 2010: *Taking the Measure of the Greenhouse Effect*. NASA Science Briefs https://www.giss.nasa.gov/research/briefs/2010_schmidt_05/.

1.1.6. Kasutades tabelis 2 toodud andmeid, otsusta, missuguste kasvuhoonegaaside põhjustatud on neeldumiskiirkonnad 1, 2 ja 3. (2,5 p)

Tabel 2. Kasvuhoonegaaside neeldumismaksimumid.

| Kasvuhoonegaas | CO ₂ | O ₃ | H ₂ O | CH ₄ |
|---|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Neeldumismaksimumid (lainearv, cm^{-1}) | 670, 2330 | 701, 1040, 1103 | 1280–1900 | 1300, 1345 |



1.2. Maa temperatuur atmosfäärita ja atmosfääriga (11 p)

Kogu meile teadaolev elu vajab toimimiseks vedelat vett ja seetõttu loetakse tavaliselt eluks kõlblikeks planeedid, mille pinnal saab vesi olla vedelas olekus. On küll hüpoteetilisi erandjuhte, kus elu saab eksisteerida planeedi sisemuses või näiteks jääkooeriku all, kuid selles ülesandes vaatleme elu planeedi pinnal.

Kui Maal poleks atmosfääri, saaks leida Maa keskmise pinnatemperatuuri järgmise valemi järgi ($\sqrt[4]{}$ tähendab neljandat juurt, sama mis võtta kaks ruutjuurt järjest: $\sqrt[4]{16} = 2$):

$$T = \sqrt[4]{\frac{P_{Maale}(1-\alpha)}{4\sigma S_{ristlõige}}},$$

kus T on Maa pinna temperatuur kelvinites, P_{Maale} on kogu energia, mis jõuab Maa pinnale ajaühikus ehk Maa pinnale jõudev kiirgusvõimsus (mõõdetakse džaulides sekundis, J/s ehk vattides, W), σ on Stefan-Boltzmanni konstant väärtusega $\sigma = 5,670374419 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$ ja α on maapinna keskmine albeedo väärtusega $\alpha = 0,3$. $S_{ristlõige}$ on Maa ristlõikepindala.

Leia, kas Maa pinnal oleks elu võimalik ilma atmosfäärita.

- 1.2.1. Leia Maa ristlõikepindala ruutmeetrites. Maa raadius on 6385 km. (1,5 p)
- 1.2.2. Leia Päikeselt Maale jõudva energia koguhulk igas sekundis. Eelda, et kogu Maale jõudev energia on võrdne Maa ristlõikele jõudva energiaga. Päikeselt jõuab Maa ristlõikele ühe ruutmeetri kohta sekundis 1360 J energiat. (1,5 p)
- 1.2.3. Leia Maa keskmine pinnatemperatuur, kui Maal poleks atmosfääri. *Vihje: vaata, millised andmed temperatuuri leidmise valemist on juba teada.* (4 p)
 - a. Kelvinites (2 p)
 - b. Celsiuse kraadides (1 p)
 - c. Kas ilma atmosfäärita oleks Maa pinnal elu võimalik? Põhjenda. (1 p)



Maa atmosfääri soojendavat efekti saab kirjeldada emissiooniteguriga $\epsilon = 0,61$. See näitab, kui suur hulk Maa kiiratavast energiast pääseb läbi Maa atmosfääri. Koos atmosfääriga saab Maa keskmise pinnatemperatuuri leida valemiga:

$$T = \sqrt[4]{\frac{P_{Maale}(1-\alpha)}{4\sigma\epsilon S_{ristlõige}}}$$

1.2.4. Leia Maa keskmine pinnatemperatuur koos atmosfääriga kelvinites ja seejärel Celsiuse kraadides. (2 p)

1.2.5. Kas Maa atmosfääri kasvahooneefekt on Sinu hinnangul hea või halb? Põhjenda. (2 p)

1.3. Tagasisidemehhanismid (5 p)

Maa pinnatemperatuuri leidmisel on oluline arvestada ka Maa kui süsteemi tagasisidemehhanismidega. Tagasisideks nimetatakse nähtust, mille kutsub esile mingi muutus süsteemis ning mis seejärel kas võimendab või vähendab selle muutuse mõju. Muudatusi võimendavaid tagasisideprotsesse nimetatakse **positiivseks tagasisideks** ning muudatuste mõjule vastu toimivaid protsesse **negatiivseks tagasisideks**. Positiivse tagasiside käigus võimendab protsessi toimumine protsessi enda kulgu. Negatiivse tagasiside korral aga nõrgendab protsessi toimumine selle kulgu.

Lihtsaks näiteks positiivsest tagasisidest on lõkke süttimine. Esialgne väike tuli kuumutab põlevat ainet, mis omakorda süttib ja kuumutab veel rohkem ainet. Lõkke kustumine küttematerjali lõppemisel on aga negatiivse tagasisidega: tuli põletab ära materjali, mistõttu on tulel veel vähem materjali, mida põletada, ja lõpuks tuli kustub, sest kütus on otsas.

Keerukama tagasiside näitena võib ette kujutada kooslust, kus elavad metskitsed ja ilvesed. Oletame, et koosluses suureneb järsku metskitsede arv: metskitsedest toitvatel ilvestel on nüüd rohkem toitu ja ilveste arvukus kasvab. Rohkem ilveseid tähendab ühtlasi aga, et rohkem metskitsi langeb edaspidi ilveste toiduks, mistõttu metskitsede arvukus väheneb. Ilveste näol on metskitsede jaoks siinkohal tegu negatiivse tagasisidega, sest muutusele süsteemis (metskitsede arvukuse suurenemine) vastab tagasisideprotsess (ilveste arvukuse kasv tänu suurenenud toiduhulgale), mis lõppkokkuvõttes vähendab esialgse muutuse mõju (rohkem ilveseid sööb ära rohkem metskitsi ja metskitsede arv langeb).



1.3.1. All on loetletud näited muutustest, mille võib kaasa tuua Maa kliima soojenemine. Liigita iga näide kas positiivseks (kliima soojenemise tulemus aitab kliima edasisele soojenemisele kaasa) või negatiivseks (kliima soojenemise tulemus takistab kliima edasist soojenemist) tagasisideks. (5 p)

| Kliima soojenemisega kaasnev muutus | Positiivne tagasiside | Negatiivne tagasiside |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Soe õhk mahutab rohkem veeauru, mistõttu suureneb veeauru kontsentratsioon atmosfääris | | |
| Tänu veeauru kontsentratsiooni kasvule suureneb pilvisus | | |
| Polaaralade jää- ning lumikatte pindala väheneb | | |
| Kõrgetel laiuskraadidel sulab igikelts, üles sulanud orgaanilise aine lagunemisel vabaneb atmosfääri metaan | | |
| Temperatuuri tõus kiirendab geokeemilisi reaktsioone Maa kivimite ja atmosfääris leiduva CO ₂ vahel, üldvõrrandiga $\text{CaSiO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{SiO}_2$ | | |

1.4. Albeedo ja selle mõju kliimale (8,5 p)

Albeedo (tähis α) kirjeldab, kui suur osa päikeselt tulevast kiirgusest peegeldub pärast Maale jõudmist tagasi kosmosesse. Erinevatel pinnakatteliikidel on erinev albeedo vahemikus 0–1: kui pinna $\alpha = 1$, peegeldub 100% sellele pinnale langevast päikesekiirgusest tagasi kosmosesse; kui $\alpha = 0$, neeldub kogu päikesekiirgus. Planeedi albeedol on kliima reguleerimisel oluline roll: kõrgem albeedo tähendab vähema kiirguse neeldumist ning seega jahedamat kliimat.

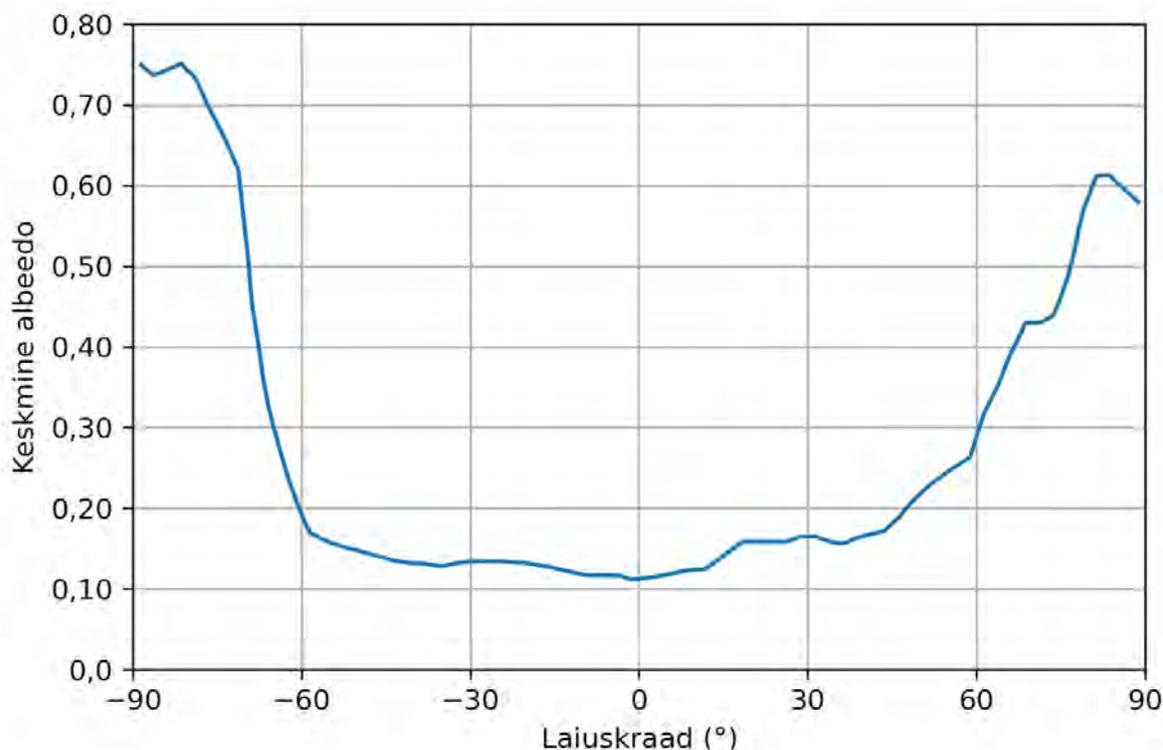


Joonis 3. Albeedo variatsioonid Maa pinnal. Heledamad alad (jää, pilved) peegeldavad päikesevalgusest suure osa tagasi, tumedad alad neelavad selle. Foto jäädvustati Eesti esimese satelliidi ESTCube-1 kaameraga (Henri Kuuste jt).

Tabelis 4 on esitatud Maa pinnakatteliigid, lisaks iga pinnakatteliigi (hinnanguline) keskmine albeedo ning ligikaudne osakaal planeedi kogupindalast. **Joonisel 4** on toodud graafik, mis kujutab Maa albeedo sõltuvust laiuskraadist.

Tabel 4. Maa pinnakatteliikide keskmine albeedo ja osa Maa pindalast.

| Pinnakatteliik | Keskmine albeedo | Osakaal Maa pindalast (%) |
|-----------------------------------|------------------|---------------------------|
| Jäävaba meri | 0,05 | 60% |
| Jää/lumega kaetud meri ja maismaa | 0,70 | 10% |
| Mets | 0,15 | 10% |
| Kõrb | 0,30 | 10% |
| Rohumaa ja põllumaa | 0,20 | 10% |
| Pilved | 0,50 | - |



Joonis 4. Keskmise albeedo sõltuvus laiuskraadist (nurkkaugusest ekvaatori ja asukoha vahel, põhjapoolkera laiuskraadid on positiivse väärtusega).

- 1.4.1. **Põhjenda, miks erineb pooluste albeedo Maa ekvatoriaalpiirkonna albeedost. (1 p)**
- 1.4.2. **Kasutades tabelis toodud andmeid, arvuta planeedi keskmine albeedo väärtus ilma pilvedeta. (2 p)**
- 1.4.3. **Kasutades eelmises alapunktis leitud Maa albeedo keskmist väärtust, arvuta uus albeedo väärtus, kui 40% Maa pinnast on kaetud pilvedega. (1,5 p)**
- 1.4.4. **Kuidas võiks pilvkatte olemasolu mõjutada planeedi kui terviku kliimat? (1 p)**
- 1.4.5. **Arvuta, mitu korda suureneks või väheneks Maa albeedo (ilma pilvkatteta), kui kogu Maa pinda kattev jääkiht ära sulaks. Võid eeldada, et pool esialgu Maad katvast jääst asendub merepinnaga ning pool kõrbemaastikuga. (2 p)**
- 1.4.6. **Kas polaarjää sulamine takistab kliima soojenemist või aitab sellele kaasa? Põhjenda oma vastust. (1 p)**



1.5. Evolutsioon ja kohastumused polaaraladel (17,5 p)

Elu peab igas keskkonnas toimetulekuks kohanema selles valitsevate tingimustega. Läbi põlvkondade paljunevad edukamalt need isendid, kes on keskkonnaga paremini kohastunud. Nii saavad igas keskkonnas valdavaks selle jaoks kõige paremini kohastunud organismid. Seda nähtust nimetatakse üldistavalt evolutsiooniks.

Selles alamülesandes vaatleme erinevaid evolutsioonilisi nähtuseid ning nende seoseid keskkonnaga, milles organismid elavad.

Näiteks evolutsioonist on sarnasused elusorganismide vahel. Erinevate elusorganismide elundeid võrreldes on võimalik tuvastada seoseid evolutsiooniga:

- 1) homoloogilised elundid — sarnane evolutsiooniline ja arenguline päritolu ning ehitus, kuid võib olla erinev funktsioon;
- 2) analoogilised elundid — erinev evolutsiooniline ja arenguline päritolu ning ehitus, kuid sarnane funktsioon.

1.5.1. Millisesse kategooriasse kuuluvad järgnevad elundite paarid? (3,5 p)

| Organism 1 | Organism 2 | Homoloogiline/ Analoogiline (H või A) |
|---|---|---|
|  Hülge loib |  Varblase tiib | |



Kärbsepüünise leht



Kaktuse leht



Koera esijalg



Inimese käsi



Mesilase iminokk



Koolibri nokk



Kärbse tiib



Hane tiib



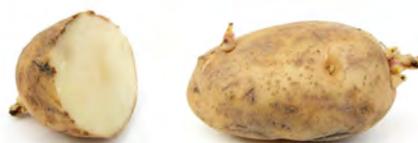
Nahkhiire tiib



Liblika tiib



Bataat (maguskartul)



Kartul



Evolutsiooni toimumist kinnitab ka see, et erinevatest organismidest on leitud rudimente ehk mandunud elundeid/kehaosaid, mis evolutsiooni käigus on kunagi olnud vajalikud, kuid enam mitte.

1.5.2. Tuvasta, millised järgmistest kehaosadest on inimese puhul mandunud. Tõmba õige(te)le vastus(t)ele ring ümber. (2 p)

- a. tarkusehambad
- b. häälepaelad
- c. kopsud
- d. karvkate
- e. pimesool
- f. selgroog

Evolutsiooni käigus on organismid kohastunud eluks erinevates Maa piirkondades. Eriti tugevalt ilmneb see polaaraladel, mille taimestikul ja loomastikul on tulnud kohastuda elu vaatepunktist väga karmide tingimustega.

1.5.3. Milline taimerühm on polaaraladel kõige levinum? Tõmba õigele vastusele ring ümber. (1 p)

- a. Õistaimed
- b. Sammaltaimed
- c. Sõnajalgtaimed
- d. Paljasseemnetaimed

Polaaraladel valitsevate tingimustega kohastumiseks on taimedel välja kujunenud kindlad omadused.

1.5.4. Vii kokku arktiliste taimede kohastumus seda põhjustanud keskkonnatingimusega. (2 p)

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1. Väikesed lehed | a. Lumikatte keskmine sügavus |
| 2. Kiire õite moodustamine | b. Igikelts |
| 3. Lai, pindmine juurestik | c. Lühike soojaperiood |
| 4. Madal kasv | d. Vee vähene kättesaadavus |

1.5.5. Miks võib külmas keskkonnas olla taimedele kasulik lume alla mattumine? (1 p)



Polaaraladel elavad taimed ja loomad peavad suutma pikka aega taluda raskeid keskkonnatingimusi, kus ei ole võimalik toitu leida või taimede puhul seda toota. Seetõttu peavad kõik polaaralade loomad ja taimed suvekuudel võimalikult palju energiat koguma ja salvestama.

Peamised toiduallikad heterotroofsetele organismidele, kes ei ole võimelised ise endale vajalikke keemilisi aineid sünteesima, on süsivesikud, rasvad ja valgud. Allpool võrdleme erinevate ühendite toiteväärtusi ja organismide energiakulu.

1.5.6. Millist neist ainetest on taimedes kõige rohkem? Tõmba õigele vastusele ring ümber. (1 p)

- a. Süsivesikud
- b. Rasvad
- c. Valgud

Rasva energiasisaldus on 37 kJ/g, süsivesikute ja valkude energiasisaldus on 17 kJ/g.

1.5.7. Mitu kilogrammi tuleks tarbida valkusi või süsivesikuid, et neist saada kätte sama palju energiat, kui 1 kilogrammist rasvast? (3 p)

Organismi põhiainevahetuse tase näitab, kui palju energiat organism ajaühiku jooksul kulutab, et hoida toimimas oma põhilisi elufunktsioone ehk minimaalseid lühiajaliselt elamiseks vajalikke toiminguid optimaalsel temperatuuril söömata olekus. Ometi on loomadel enamasti ainevahetuse tase kõrgem kui põhiainevahetuse tase.

1.5.8. Millised funktsioonid põhjustavad seda, et energia tarbimine on enamasti suurem, kui põhitase näitab? Tõmba õige(te)le vastus(te)le ring ümber. (1 p)

- a. Südame töö
- b. Liikumine
- c. Kehatemperatuuri hoidmine külmas keskkonnas püsisoojastel loomadel
- d. Hingamine
- e. Toidu seedimine

Olgu ühe keskmise jääkaru põhiainevahetuse tase 1000 kJ/h ja aktiivse ainevahetuse tase (näiteks, kui karu peab jahti) 4000 kJ/h. Oletame, et jääkaru saab ühest hülgest 13,5 kg rasva ja 2,5 kg valke. Pärast igat jahti peab ta vähemalt kaks päeva puhkama (seejuures on puhkuse ajal ainevahetuse tase võrdne põhiainevahetusega).

1.5.9. Kui palju aega võib karu maksimaalselt kulutada ühe hülge jahtimisele, et ellu jääda? (3 p)



2. Saaste (19,5 p)

Organismide (sh inimese) elutegevuse ja geoloogiliste protsesside tulemusena satuvad atmosfääri mitmesugused ühendid. Nii mõnedki neist kahjustavad elukeskkonda Maa pinnal. Selles ülesandes vaatleme saasteaineid ja nende mõju.

Kui atmosfääri satub happelisi oksiide, moodustavad nad veepiiskadega reageerides happeid, mis suurte saastekoguste korral võib põhjustada happevihma. Happevihma teket põhjustab nt vääveltrioksiid (SO_3), mis moodustab atmosfääris leiduva veega reageerides väävelhappe (H_2SO_4).

2.1. Kirjuta happevihma tekke (tasakaalustatud) reaktsioonivõrrand. (3 p)

_ + _ -> _

Happevihmadel on kahjulik mõju vee-elustikule ja taimedele. Samuti võivad happevihmad põhjustada happega reageerivate kivimite lagunemist. Üks sellistest kivimitest on lubjakivi, mis moodustab arvestatava osa Põhja-Eesti pankrannikust. Lubjakivi koosneb peamiselt kaltsiumkarbonaadist (CaCO_3).

2.2. Kirjuta kaltsiumkarbonaadi ja väävelhappe vahelise reaktsiooni (tasakaalustatud) võrrand. Selle reaktsiooni saadused on süsihappegaas, vesi ja kaltsiumsulfaat (CaSO_4). (3 p)

_ + _ -> _ + _ + _

Enamasti viiakse keemias reaktsioone läbi tunduvalt suuremate ainehulkadega kui paar aatomit või molekuli. Näiteks 18 g vees on umbes $6,02 \cdot 10^{23}$ H_2O molekuli. Selleks, et arvutuste tegemine oleks mugavam, on aineosakeste loendamiseks võetud kasutusele mõiste ainehulk (tähis: n; ühik: mol). 1 mol on selline ainehulk, milles sisaldub $6,02 \cdot 10^{23}$ osakest (molekuli, aatomit,iooni vms). St 18 g vees on u 1 mol vett.

Selleks, et arvutada aine kogust moolides, on igal keemilisel elemendil kindel aatommass ja igal molekulil molaarmass (tähis: M; ühik: g/mol). Terve molekuli molaarmassi leidmiseks tuleb liita kokku molekuli moodustavate aatomite aatommassid. Näiteks vääveltrioksiid (SO_3) koosneb ühest väävli (M = 32 g/mol) ja kolmest hapniku (M = 16 g/mol) aatomist, seega selle molaarmass on $1 \cdot 32 \text{ g/mol} + 3 \cdot 16 \text{ g/mol} = 80 \text{ g/mol}$.



Tabelis 5 on toodud mõne keemilise elemendi aatommassid.

Tabel 5. Keemiliste elementide aatommassid.

| Element | Aatommass M (g/mol) |
|---------------|---------------------|
| Vesinik (H) | 1 |
| Väävel (S) | 32 |
| Hapnik (O) | 16 |
| Kaltsium (Ca) | 40 |
| Süsinik (C) | 12 |

2.3. Mis on väävelhappe, kaltsiumkarbonaadi ja kaltsiumsulfaadi molaarmassid? (4,5 p)

Kui pankrannikul sajak happevihma, tekitaks see aastate möödudes lubjakiviga reageerides arvestatavat kahju. Mõõdukalt tugeva saju ajal langeks pankrannikul ühe ruutmeetri suurusele alale 6 liitrit sademeid tunnis. Kõik need sademed imenduksid läbi mulla lubjakivini. Oletame, et üks liiter vääveltrioksiidist moodustunud happevihma sisaldab $5 \cdot 10^{-5}$ mol väävelhapet.

2.4. Mitu mooli väävelhapet langeks pankrannikul sellise saju ajal ühe ruutmeetri suurusele alale tunnis? (1,5 p)

2.5. Mitu mooli lubjakivis sisalduvat kaltsiumkarbonaati reageeriks punktis 2.4 leitud koguse väävelhappega? (1,5 p)

Aine molaarmass (M), hulk moolides (n) ja mass (m) on omavahel seotud suhtega $n = m/M$.

2.6. Mitu grammi lubjakivis sisalduvat kaltsiumkarbonaati reageeriks punktis 2.5 leitud koguse väävelhappega? (1,5 p)

2.7. Mitu mooli CaSO_4 tekiks? (1,5 p)

2.8. Mitu grammi CaSO_4 tekiks? (1,5 p)

Oletame, et kogu lubjakivi lagunemisel tekkinud CaSO_4 satub merevette. CaSO_4 lahustuvus merevee temperatuuril vees on 2 g/l.

2.9. Mitu milliliitrit vett on vaja, et tekkinud CaSO_4 täielikult lahustuks? (1,5 p)



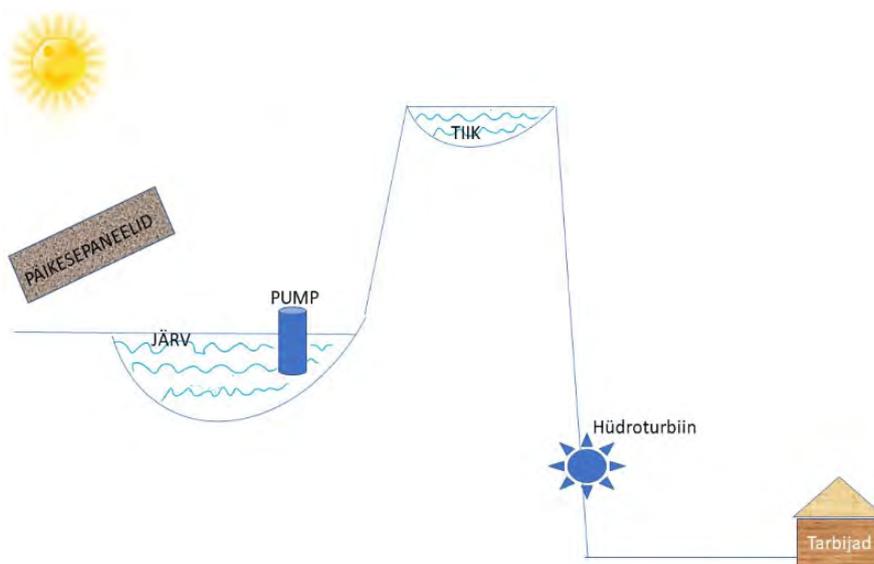
3. Taastuenergeetika (23,5 p)

Fossiilsetel kütustel põhinev energeetika on suur saasteainete, sh kasvuhoonegaaside allikas ja seetõttu on väga aktuaalne taastuenergeetika edendamine. Tuule- ja päikeseenergia suurimaks puuduseks on nende ajaline muutlikkus. Päikeseenergiat saab Eestis toota märtsist oktoobrini, kuid ka siis jääb probleemiks energiaga varustamine pimedal ajal.

3.1. Päikesepargi planeerimine (12 p)

Talus tahetakse rajada päikeseparki, millega saaks odavalt ja sõltumatult katta energiavajaduse suvisel ajal. Aita talul sobivat päikeseparki planeerida!

Päikesepaneelid annavad energiat ainult päevasel ajal, kui päike on piisavalt kõrgel ja pilvi on vähe. Et energiavarustus ka öösel toimiks, tuleb osa päeva jooksul toodetud energiast salvestada, et sellest pimedal ajal uuesti vajalikku energiat toota.



Joonis 5. Päikesepaneelidest saadava elektrienergia salvestamine vee ülepumpamisega.

Salvestamise moodusena tuli kõigepealt kaalumisele vee ülepumpamine, sest talul on selleks soodne maastik. Osa päeval saadavast päikeseenergiast võiks salvestada, pumbates järve vett künkale rajatud väiksesse tiiki. Öösel ajal saab vee alla lasta tiigi teises servas olevast kõrgest nõlvast ning suunata hüdroturbiinile, mis toodaks langevast veest uuesti elektrienergiat. Plaani teostatavuse hindamiseks tuleb lahendada mitmeid ülesandeid.



3.1.1. Joonisel 5 on toodud vee ülespumpamist kasutav energia salvestamise skeem. Näita, milliste skeemi osade vahel või millistes seadmetes toimuvad allpool kirjeldatud energia muundumised. Kirjuta numbrid joonisele õigetesse kohtadesse! (2 p)

| | | | |
|---|--|--|---|
| 1 - Kineetiline energia elektrienergiaks | 2 - Potentsiaalne energia kineetiliseks energiaks | 3 - Päikeseenergia elektrienergiaks | 4 - Elektrienergia potentsiaalseks energiaks |
|---|--|--|---|

Talu varasemaid elektriarveid uurides selgus, et suveperioodi 12 pimedama tunni kogutarbimine on keskmiselt 48 kWh.

3.1.2. Kui suur peaks olema ülespumbatud vette salvestatud energiast pimedal perioodil toodetav keskmine võimsus, et tarbimist samadel tingimustel jätkata? (0,5 p)

3.1.3. Mitu liitrit vett sekundis peaks turbiinile langema, et turbiin selle võimsusega töötaks? Turbiin asub ülespumbatud tiigi veetasemest 70 m allpool ja turbiini kasutegur on 80%. Vee tiheduseks võib lugeda 1000 kg/m^3 ja $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. (3 p)

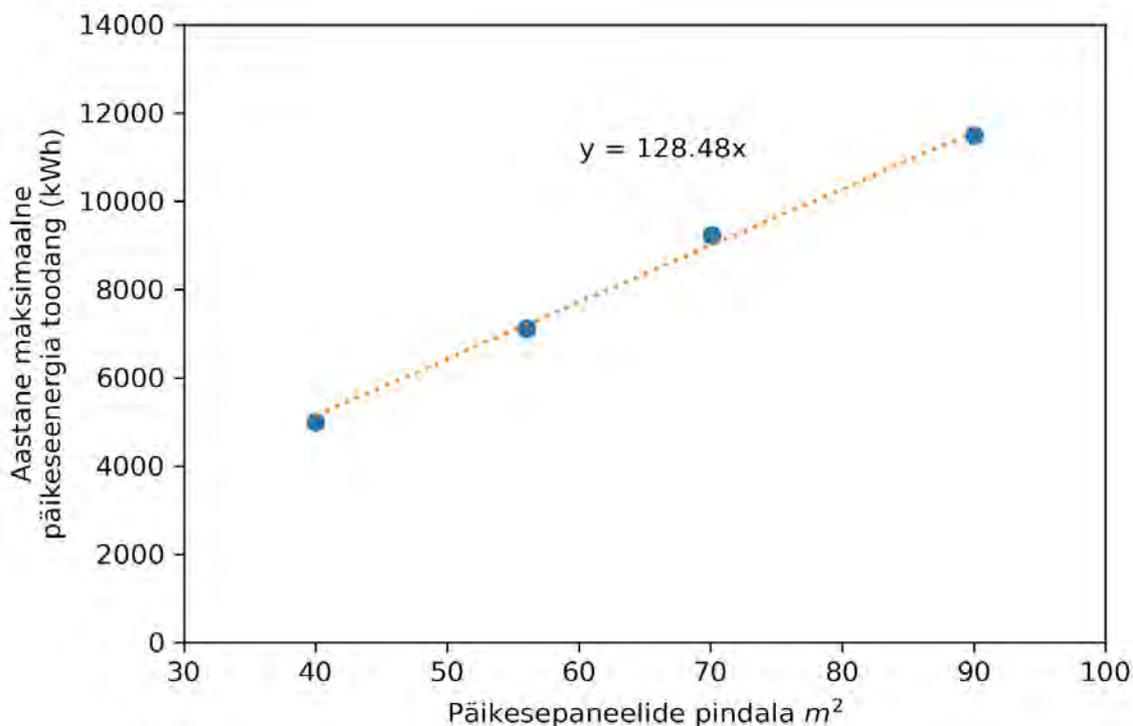
3.1.4. Kui suurt vee ruumala on vaja, et turbiin töötaks sama võimsusega 12 tunni jooksul ehk keskmise ööpäevase aja jooksul, mil päikesepark energiat ei tooda? (1 p)

3.1.5. Eelmises ülesandes saadud vee mass ongi tarvis iga päev üles pumbata, et selles salvestuks energia, mis turbiini käivitades katab pimedada aja tarbimisvajaduse. Mitme kWh võrra kasvab vee energia pumpamisel järvest tiiki, kui nende veetasemete vahe on 40 m? Mitu kWh energiat vee ülespumpamiseks kulub, kui pumba kasutegur on 80% (2 p)

3.1.6. Võrdle vee ülespumpamiseks kuluvat ja hüdroturbiinist saadavat energiat. Põhjenda, miks need ei ole võrdsed, kasutades joonist 5! (1 p)

3.1.7. Kui suur peaks olema planeeritava päikesepargi ööpäevane elektrienergia toodang, kui arvestada, et osa energiat tarbitakse kohe päeval ning teine osa tuleb salvestada pimedal ajal energia saamiseks? Pimedada aja kogutarbimine moodustab $2/5$ ööpäevasest kogutarbimisest. (1 p)

3.1.8. Soovitud toodanguga päikesepargis peab olema vähemalt 900 m^2 päikesepaneelide pinda (arvestades keskmist päikesepaistet ja praeguste laiatarbe paneelide kasutegurit). Leia joonisel 6 toodud graafikut ja valemit kasutades, kui suur on selle päikesepargi maksimaalne aastane energiatoodang megavatt-tundides! (1,5 p)



Joonis 6. Maksimaalne aastane päikeseenergia toodang sõltuvalt päikesepaneelide pindalast. Toodang suureneb lineaarselt pindala suurenemisega vastavalt valemile $y = 128,48x$.

3.2. Energia salvestamine vee soojendamiseks (4,5 p)

Osa päeval toodetud päikeseenergiast võib salvestada ka soojusena vee siseenergiasse, sest hästi isoleeritud paagis püsib vesi soe ka öhtu- ja öötundidel. Paagitäiest 70-kraadisest veest jätkub suvisel ajal talu toimingute jaoks.

3.2.1. Talul on silindriline sooja vee paak põhja läbimõõduga 0,5 m ja kõrgusega 1,6 m. Mitu kWh energiat kulub, et soojendada selle paagi täis vett esialgselt temperatuurilt 15 °C temperatuurini 70 °C?. Vee soojendamiseks vajalik soojushulk Q leitakse valemist $Q = c m \Delta T$, kus m on vee mass, ΔT on temperatuuri muutus ning c on vee erisoojus, $c = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$. (3,5 p)

3.2.2. Mitu protsenti valge aja tarbimisest kulub paagi vee ülessoojendamisele? (1 p)



3.3. Päikesepargi tõttu kaotatud biomassi energia (7 p)

Päikesepark kavatakse ehitada heinamaale, kus iga-aastane heinasaak on olnud keskmiselt 7,8 tonni hektarilt. Päikesepaneelide alla ulatub vähe valgust ja fotosüntees ei toimi kuigi intensiivselt. Seetõttu jääb talu ilma iga-aastasest heina salvestunud biomassi energiast päikesepargi 900 m² suuruselt alalt. Kui heina kasutada kütusena, on selle kütteväärtus 4,1 MWh/t.

- 3.3.1. Kui palju heina biomassi energiat (MWh) jääb talul igal aastal saamata päikesepargi alalt? (1,5 p)
- 3.3.2. Võrdle ühes aastas saamata jäänud biomassi energiat päikesepargi aastas toodetud elektrienergiaga! Kumb on suurem ja mitu korda? (1 p)
- 3.3.3. Miks ei tohiks liiga palju põllumajanduslikke maid kasutada päikeseelektri tootmiseks? (1 p)
- 3.3.4. Joonista skeem, mis näitab ainete ja energia liikumist fotosünteesi käigus. Paiguta etteantud protsessi osad skeemile õiges järjekorras, näita “+” ja “=” märkide abil, millised on lähteained ja millised on saadused. Tõmba ring ümber neile protsessi osadele, mis on seotud energia lisandumisega või salvestumisega. (3,5 p)

| | | | | |
|-------------------|--------|------|------------------------|---|
| Õhu süsihappegaas | Hapnik | Vesi | Päikesevalguse kvandid | Orgaaniline aine (suhkrud rohelises taimes) |
|-------------------|--------|------|------------------------|---|