



“MAAPÕUE SELJAKOTT: KRIITILISED TOORMED MEIE IGAPÄEVAELUS”

EESTI GEOLOOGIATEENISTUS

JUHEND ÕPETAJALE



Sisukord

JOONISTE NIMEKIRI	3
1. SISSEJUHATUS	4
2. BRIEFCASE'I PROJEKTI EESMÄRGID	6
3. „MAAPÕUE SELJAKOTT: KRIITILISED TOORMED MEIE IGAPÄEVAELUS“	7
4. MÄNGUREEGLID	9
Mäng 1. Eesti maavarad	9
Mäng 2. Kriitilised toormed meie igapäevaelus	10
Mäng 3. Kriitiliste toormete pusle	10
5. MÄNGUJUHIS JA ÕIGED VASTUSED	12
Mäng 1. Eesti maavarad	12
Mäng 2. Kriitilised toormed meie igapäevaelus	23
Mäng 3. Kriitiliste toormete pusle	31
VIITED	37
LISAD	39
Lisa 1. Eesti geoloogiline ehitus ja läbilõige (A), Põhja-Eesti klindi geoloogiline läbilõige ning seal paljanduvad kivimid ja geoloogilised üksused (B)	40
Lisa 2. Globaalne geokronoloogiline skaala	41
Lisa 3. Euroopa Liidu kriitiliste toormete nimekiri 2023. aasta majandusliku tähtsuse ja varustusrisiki graafikul	42



JOONISTE NIMEKIRI

Joonis 1. Füüsilised kohvrid, mis on BRIEFCASE'i projektis loodud aastatel 2018–2019 ja 2020 .	5
Joonis 2. RISBRIEFCASE'i projektis valminud „Maapõue seljakott“	8
Joonis 3. Fosforiit ja põllumajandus (pixabay.com)	23
Joonis 4. Vanaadium (periodictable.com) ja päikesepaneelid (pixabay.com)	24
Joonis 5. Haruldased muldmetallid (periodictable.com) ja nutitelefon (pixabay.com).....	25
Joonis 6. Liitium (periodictable.com) ja elektritõukerattad (pixabay.com)	26
Joonis 7. Magneesium (periodictable.com) ja fotokaamera (pixabay.com)	26
Joonis 8. Plaatina grupi metallid (periodictable.com) ja autod (pixabay.com).....	27
Joonis 9. Fosfor (periodictable.com) ja Coca-Cola (pixabay.com)	28
Joonis 10. Koobalt (periodictable.com) ja tööriistad (pixabay.com)	28
Joonis 11. Heelium (periodictable.com) ja sukelduja (pixabay.com).....	29
Joonis 12. Strontsium (periodictable.com) ja ilutulestik (pixabay.com)	30
Joonis 13. Komplekt 1: tuulikud ja päikesepaneelid (foto: pixabay.com) – vanaadium (foto: periodictable.com) – graptoliitargilliit – negatiivsed keskkonnamõjud (foto: Wikimedia Commons [31]).....	32
Joonis 14. Komplekt 2: väetis (foto: pixabay.com) – fosfor (foto: periodictable.com) – fosforiit – ringmajandus.....	33
Joonis 15. Komplekt 3: autod (foto: unsplash.com) – magneesium (foto: periodictable.com) – paekivi – „mitte minu tagaaias“	34
Joonis 16. Komplekt 4: nutitelefoniid (foto: pixabay.com) – haruldased muldmetallid (foto: periodictable.com) – graniit – geoloogiline uuring	35
Joonis 17. Eksitavad kaardid: mineraalvesi – kuld (foto: periodictable.com) – põlevkivi – maavärinad.....	36



1. SISSEJUHATUS

RISBRIEFCASE on jätk projektidele BRIEFCASE ja 3DBRIEFCASE, mida rahastab EIT RawMaterials. Projekti käigus valmivad temaatilised õppematerjalid ehk kohvid, mis annavad noortele võimaluse mängulises vormis tutvuda erinevate mineraalsete toormete ja nende kasutusalaadega.

Esimene BRIEFCASE'i projektis koostatud kohver sisaldas mineraale ja ühte igale mineraalile vastavat eset. See interaktiivne tööriist, mis oli mõeldud 6–14-aastastele õpilastele, pakkus uudset mängulist metoodikat selgitamiseks mineraalide rolli meie igapäevases elus. Aastate jooksul on BRIEFCASE'i mängu/metoodikat kohandatud ja valminud on mitmed uued temaatilised kohvid, näiteks:

- kuld ja teised konfliktmineraalid;
- koobalt ja akud;
- sekundaarsed toormed ja kliimamuutused;
- mineraalid nutitelefones;
- mineraalid meie igapäevaelus.

Mängude läbiviimisel on õpetajal juhendav roll. Kohvleid on koolidel ning teistel asutustel võimalik õppetegevuseks tasuta laenutada. Projekti jooksul valminud kohvrite nimekiri ning laenutamiseks vajalikud kontaktid võib leida leheküljelt <http://briefcase.eitrawmaterials.eu/didactic-resources>.

Lisaks füüsilistele kohvritele on projekti käigus valminud veel erinevaid virtuaalseid mängu (tõlgitud ka eesti keelde) ja õppematerjale, mis on leitavad leheküljelt <https://www.thebriefcasegame.eu/>.

BRIEFCASE'i projekti info asub veebiaadressil <http://briefcase.eitrawmaterials.eu/the-project>.

Kommentaariid ja soovitusid BRIEFCASE'i mängu ja metoodika arendajale võib saata aadressile direccion.tecnica@fgomezpardo.es.

Siinse dokumendi eesmärk on anda õpetajatele juhised, kuidas temaatilise kohvri „Maapõue seljakott – kriitilised toormed meie igapäevaelus“ mängu oma õppetundides iseseisvalt kasutada. Pedagoogilises juhises on detailselt välja toodud „Maapõue seljakoti“ sisu, selles sisalduvate mängude reeglid, mängujuhis koos vajaliku taustainfo ja õigete vastustega ning üldised hariduslikud eesmärgid.



Joonis 1. Füüsilised kohvrid, mis on BRIEFCASE'i projektis loodud aastatel 2018–2019 ja 2020



2. BRIEFCASE'I PROJEKTI EESMÄRGID

Kõik BRIEFCASE'i projektid on suunatud eelkõige õpilastele – eesmärgiks on võimalikult vara teadvustada noortele maavarade vajaduse, päritolu ning kaevandustegevuse olulisi (eetilisi) murekohti. BRIEFCASE'i projektiga juhitakse tähelepanu inimeste tarbimiskäitumisele ja selle keskkonnamõjule.

Peaaegu kõik, mida me oma eluks vajame, võtame maapõuest ja vähemalt lähitulevikus ei ole selles oodata suuri muutusi. Ka kõige rohelisemas energiamajanduses on vaja kaevandada maavarasid päikesepaneelide ja tuuleturbiinide valmistamiseks, rääkimata meie kõige igapäevasematest esemetest, nagu nutitelefonid ja elektritõukerattad. "Mitte minu tagaaias"-suhtumise (*Not in my backyard* – NIMBY) tagajärjel toimub suur osa maavarade kaevandamisest täna sageli väljaspool Euroopat, riikides, kus ei austata töötajate õigusi ning kus kaevandamine ei toimu keskkonnasäästlikult. Keskkonda ei säästa ka inimeste igapäevane käitumine maailmas, kus majandusedu aluseks on üha suurenev tarbimine.

Läbi sõbraliku ja mängulise lähenemise on võimalik noortele näidata, et kuigi maavarade kaevandamine on paratamatu, siis selle negatiivset mõju nii keskkonnale kui ühiskonnale on võimalik tänapäeval minimeerida. On oluline, et noored mõistaksid maavarade kaevandamisega seotud probleeme ja nende tähtsust, sest just nemad hakkavad tulevikus tegema selles valdkonnas teadlikke otsuseid.

BRIEFCASE'i projekt julgustab õpilasi avastama ka karjäärivõimalusi geoloogias ja mäenduses.



3. „MAAPÕUE SELJAKOTT: KRIITILISED TOORMED MEIE IGAPÄEVAELUS“

„Maapõue seljakott“ on RISBRIEFCASE’i projektis koostatud õppevahend, mille eesmärk on noortele teadvustada maavarade ja kriitiliste toormete olulisust meie igapäevaelus.

„Maapõue seljakott“ sisaldab õppematerjale, milles on õpilastele mängimiseks ja õppimiseks mõeldud kolm mängu. Mängude käigus õpitakse tundma Eesti maavarasid, kriitiliste toormete laiaulatuslikke kasutusalasid ning maavarade ja toormete kasutamisega seotud keskkonna- ja ühiskonnaprobleeme. Tervikpildi nägemiseks on soovitatav mängida kõiki kolme mängu järjest. Esimeses kahes mängus õpitu tuleb kolmandas mängus osaliselt ka kordamisele. Mänguaega kolme mängu mängimiseks võiks arvestada poolteist tundi.

Kõiki mängu on võimalik mängida ka eraldi.

Esimene mäng „Eesti maavarad“ sobib nii põhikooli- kui ka gümnaasiumiõpilastele, samuti erinevates geoloogiaringides. Mängu eesmärk on tutvustada Eestis leiduvaid kivimeid ja maavarasid. Mänguaega võiks arvestada umbes 30 minutit.

Teine mäng „Kriitilised toormed meie igapäevaelus“ sobib eelkõige gümnaasiumiõpilastele, samuti erinevates geoloogiaringides. Mängu eesmärk on tutvustada Euroopa Liidu kriitiliste toormete nimekirja ning toormete kasutusalasid, näitamaks, kui palju me oma igapäevaelus neist sõltume. Mänguaega võiks arvestada umbes 20–30 minutit.

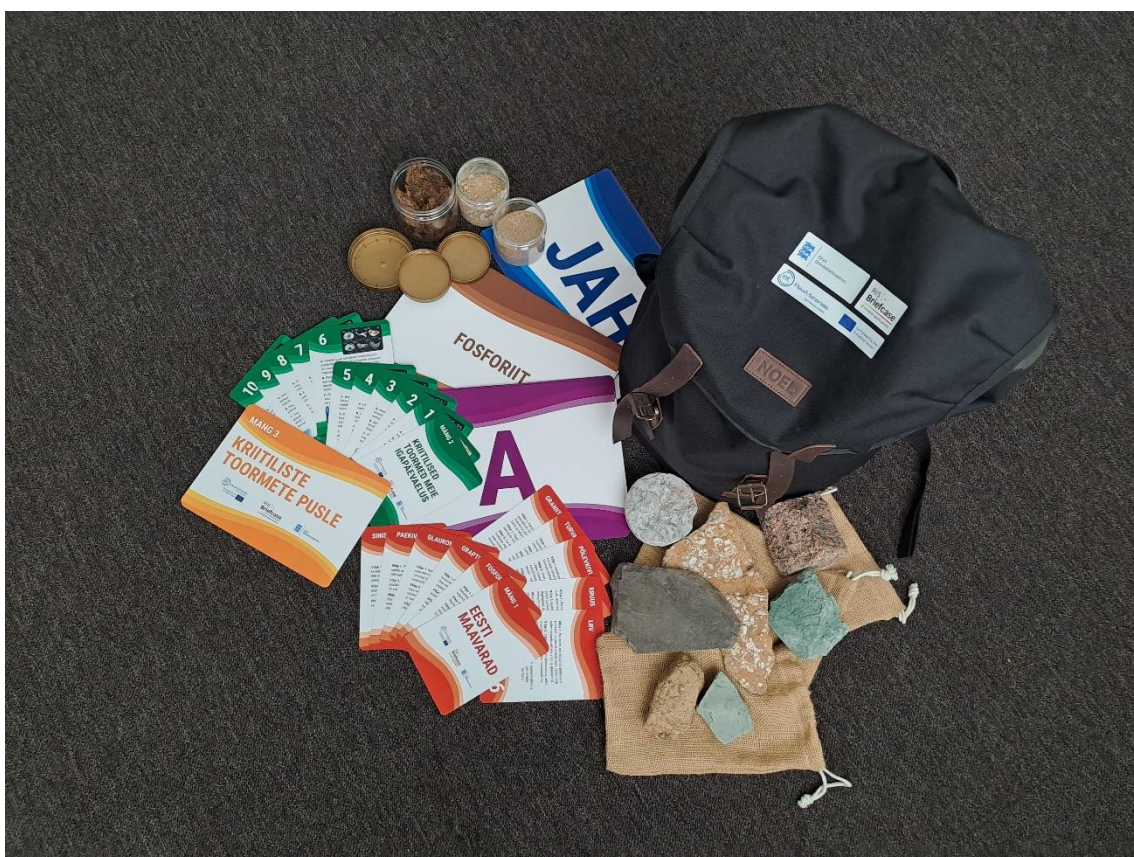
Kolmas mäng „Kriitiliste toormete pusle“ sobib eelkõige gümnaasiumiõpilastele, samuti erinevates geoloogiaringides. Mängu eesmärk on näidata seost maavarade ja kriitiliste toormete kasutamise ning erinevate keskkonna- ja ühiskonnaprobleemide vahel. Mänguaega võiks arvestada umbes 30–40 minutit.

„Maapõue seljakott“ sisaldab:

- 10 käsipala – fosforiit, graptoliitargilliit, glaukoniitliivakivi, paekivi, sinisavi, liiv, kruus, põlevkivi, turvas, graniit;
- mängukaardid;
- lisamaterjal õpilastele;
- juhend õpetajale.



Lisamaterjalide hulgast leiab Eesti geoloogilise ehituse ja läbilõike skeemid ning Põhja-Eesti klindi läbilõike skeemi koos seal paljanduvate kivimite ja geoloogiliste üksustega (lisa 1), globaalselt kasutava geokronoloogilise skaala (lisa 2) ning kriitiliste toormete 2023. aasta graafiku (lisa 3). Lisamaterjalide eesmärk on lihtsustada arusaamist Eesti geoloogiast, siin leiduvate kivimite lasuvusest ja geoloogilistest ajast. Kriitiliste toormete graafik näitab toormete kriitilisust, lähtudes nende varustuskindluse riskist ja majanduslikust tähtsusest. Õpilased võivad mängudes kasutada lisamaterjale.



Joonis 2. RISBRIEFCASE'i projektis valminud „Maapõue seljakott“



4. MÄNGUREEGLID

Õpilased jagunevad meeskondadesse. Esimese ja teise mängu meeskondi on maksimaalselt kuus, kolmanda omi neli. Kui on soov järjest läbi mängida kõik kolm mängu, siis tasub algusest peale jagada õpilased nelja meeskonda.

Mäng 1. Eesti maavarad

Õpetaja jagab igale meeskonnale vastuskaardid (12 kaarti maavarade nimetustega).

Algab mängu esimene voor. Õpetaja võtab kotist ühe käsipala ehk kivimi, igast meeskonnast tuleb üks mängija seda vaatama ja kirjeldab nähtud kivimit teistele oma meeskonna mängijatele.

Meeskonnad saavad võimaluse arvata, mis maavaraga võiks tegemist olla, tõstes üles ühe maavara nimetusega kaardi. Vastuskaarti tuleb näidata nii, et teised meeskonnad seda ei näe. Kui mõni meeskond käsipala ära ei tunne ja arvata ei soovi, siis ütleb õpetaja maavara kohta esimese vihje. Kui endiselt on meeskondi, kes arvata ei soovi või ei oska, ütleb õpetaja veel ka teise ja kolmanda vihje, pärast mida peavad kõik meeskonnad oma arvamuse avaldama.

Algab mängu teine voor. Õpetaja võtab kotist uue käsipala, igast meeskonnast tuleb järgmine mängija seda vaatama ja kirjeldab nähtud kivimit teistele oma meeskonna mängijatele.

Kokku on mängus 10 vooru ehk ära tuleb arvata 10 maavara. Vastuskaarte on kahe võrra rohkem (12), et ka viimases voorus oleks võimalik mitme maavara vahel valida.

Meeskonnad oma vastust muuta ei saa, tuleb kas rohkemate punktide nimel riskida ja võib-olla kaotada või minna kindla peale välja ja oodata (uusi) vihjeid.

Õpetaja võib meeskondadele jagada punkte oma äranägemise järgi. Punktide jagamise üks võimalik variant: kõige rohkem saab punkte siis, kui maavara arvatakse ära käsipala järgi, ning iga järgnevat vihjet kasutades saadavad punktid vähenevad. Näiteks: käsipala – 5 punkti, vihje 1 – 3 punkti, vihje 2 – 2 punkti, vihje 3 – 1 punkt, vale vastus – 0 punkti.



Mäng 2. Kriitilised toormed meie igapäevaelus

Õpetaja jagab igale meeskonnale kaardipaki (pakis 10 kaarti) ja vastuskaardid (kolm kaarti – A, B, C).

Algab mängu esimene voor. Meeskonnad võtavad kaardipakist esimese kaardi, mille peal on kaks pilti ning kolm väidet. Ühe pildi peal on kriitiline toore ja teise peal selle toorme kasutusvaldkond. Meeskonnad peavad arvama, milline väide kolmest on tõene, tõstes ühel ajal üles kas kaardi A, B või C.

Algab mängu teine voor. Meeskonnad võtavad kaardipakist järgmise kaardi.

Kokku on mängus 10 vooru ehk 10 kaarti.

Õpetaja võib meeskondadele jagada punkte oma äranägemise järgi. Punktide jagamise üks võimalik variant: õige vastus – 1 punkt, vale vastus – 0 punkti.

Mäng 3. Kriitiliste toormete pusle

Õpetaja jagab igale meeskonnale kaardipaki (pakis 20 kaarti) ja vastuskaardid (kaks kaarti – jah, ei).

Mängukaardid on jagatud nelja kategooriasse (igas kategoorias 5 kaarti):

- 1) toormete kasutus (sinise servaga kaardid);
- 2) kriitilised toormed (kollase servaga kaardid);
- 3) Eesti maavarad (punase servaga kaardid);
- 4) geoloogia ja keskkond (roheline servaga kaardid).

Kaartidest on võimalik kokku panna neli komplekti ehk 4 × 4 puslet, mis koosnevad iga kategooria ühest kaardist. Igat kaarti tohib kasutada vaid ühe korra. Igasse kategooriasse on lisatud üks kaart, mis ühegi komplekti juurde ei kuulu ja mis on mõeldud mängijate eksitamiseks.

Meeskondadele antakse aega kaartidega tutvumiseks ja nende komplekteerimiseks.

Iga meeskond valib enda kokkupandud pusledest ühe, mida teistele tutvustada. Peale tutvustust võivad teised meeskonnad arvata, kas pusle on kokku pandud õigesti („Jah“) või valesti („Ei“). Need meeskonnad, kes arvavad, et pusle on valesti kokku pandud, võivad välja pakkuda omapoolse lahenduse.



Iga meeskond peab tutvustama erinevat komplekti.

Järjekorra puslede tutvustamiseks seab õpetaja oma äranägemise järgi. Võib näiteks alustada meeskonnast, kes esimesena avaldab selleks soovi või tõmmata järjekord loosiga.

Õpetaja võib meeskondadele jagada punkte oma äranägemise järgi. Punktide jagamise üks võimalik variant: õigesti kokku pandud pusle – maksimaalselt 4 punkti (1 punkt iga õigesti kokku pandud kaardi eest); “Jah” kaardi üles tõstnud meeskonnad – 1 punkt, kui pusle oli kokku pandud õigesti; “Ei” kaardi üles tõstnud meeskonnad – 1 punkt, kui pusle oli kokku pandud valesti ja suudetakse leida õige lahendus.



5. MÄNGUJUHIS JA ÕIGED VASTUSED

Mäng 1. Eesti maavarad

„Maapõue seljakotti“ on pakitud 10 maavara, mis on nummerdatud purkides ja kottides. Mängu eesmärk on kivimi nägemise ja kirjeldamise ning erinevate vihjete abil ära arvata, mis maavaraga on tegu. Esimeses voorus tutvub igast meeskonnast üks õpilane maavara käsipalaga ja kirjeldab nähtut teistele. Järgnevates voorudes toimub arvamine õpetaja antud vihjete abil. Vihjed hõlmavad endas erinevaid fakte kirjeldatava maavara kohta – selle koostis, teke, kasutus, kaevandamine jne.

Allpool on välja toodud mõned vihjeid selgitavad täpsustused.

1. Fosforiit

Vihje 1. Kivim koosneb brahhiopoodide kodadest ja tsementeerunud liivast ehk tegemist on fossiiliderikka liivakiviga.

Fosforiidiks nimetatakse setteid ja sette kivimeid, mis on kõrge fosforisisaldusega.

Eestis on fosforiit tuntud ka kui oobulusliivakivi, mis tekkis Ordoviitsiumi ajastu rannikumeres. Fosforiit koosneb fossiilidest ehk brahhiopoodide kodadest ning tsementeerunud liivast. Brahhiopoodide koad koosnevad peamiselt apatiidist, mis on peamine fosforit sisaldav mineraal fosforiidis. Lisaks fosforile võib fosforiidis leiduda ka haruldasi muldmetalle.

Vihje 2. Mahajäetud kaevanduse käikudes Ülgasel talvituvad nahkhiired.

Endine Ülgase fosforiidikaevandus, mis lõpetas tegevuse 1938. aastal, asub Harjumaal Jõelähtme vallas Ülgasel. Ülgase kaeveõõned on kujunenud koobastikuks, mis on nahkhiirte talvituspaigana võetud kaitse alla [1].

Vihje 3. Maavara kaevandamine lõppes 1990. aastate alguses, kui Eesti rahvas astus ühiselt Nõukogude Liidu vastu. Vastuseisu on nimetatud ka selle maavara nimeliseks sõjaks.

Eestis on neli fosforiidimaardlat, neist üks Harjumaal ja kolm Virumaal. Fosforiidi kaevandamist alustati Eestis 1920. aastatel ja lõpetati 1990. aastate alguses. 1954. aastal alustati fosforiidi kaevandamist avatud karjääris ning tekkisid keskkonnaprobleemid. Selgus, et fosforiidikihi peal lasuv graptoliitargilliit on isesüttiv – sulfiidse mineraali, püriidi oksüdeerumine vabas õhus viis kivimis leiduva orgaanilise



aine süttimise ja tulekollete tekkimiseni. Kaevandamisest veelgi enam mõjutas keskkonda aga väetisetööstus, kui keemilise tehnoloogia gaasilised heitmed lendusid õhku ja vedelad heitmed jõudsid veekogudesse [2].

1987. aastal astus Eesti rahvas ühiselt Nõukogude Liidu vastu, kes plaanis Lääne-Virumaale rajada uusi fosforiidikaevandusi. Vastuseisu on nimetatud ka fosforiidisõjaks [3].

2. Graptoliitargilliit

Vihje 1. Heal lapsel mitu nime. Maailmas tuntud ka kui must kilt, Eesti rahvasuus kui konnatahvel. Oma olemuselt on tegemist aga lihtsalt savirikka orgaanikat sisaldava sette kivimiga.

Põhja-Eesti klindil ehk paekaldal paljandub tume kivim, mida nimetatakse graptoliitargilliidiks. Seda sette kivimit on varem nimetatud ka diktüoneemakildaks, kuid nimest loobuti, sest tegemist ei ole kildaga (kilt on moondekivim, argilliit sette kivim) ning graptoliidi liik, kelle järgi kivim nime sai, oli tegelikult hoopis *Rhabdinopora flabelliforme*, mitte *Dictyonema flabelliforme*. Nimetatud graptoliidi jälgi ehk fossiile võib kivimis sageli ka kohata.

Maailmas tuntakse graptoliitargilliiti ka kui musta kilti ning Eesti rahvasuus kui mudakivi või konnatahvlit. Oma olemuselt on tegemist aga lihtsalt savirikka orgaanikat sisaldava sette kivimiga, mis sarnaneb ühtaegu nii savikivi kui põlevkiviga.

Erinevalt kukersiitpõlevkivist on graptoliitargilliit aga oluliselt madalama kütteväärtusega ning võib sisaldada ohtlikus koguses raskmetalle.

Vihje 2. Teatud atmosfääritingimustes võib see kivim iseenesest süttida.

Atmosfääritingimustes on graptoliitargilliit ebastabiilne — püriidi oksüdeerumine tekitab väävelhapet ja võib viia raskmetallide kandumiseni ümbritsevasse keskkonda. Samuti võib hapniku ligipääs orgaanilisele ainele, koos sulfiidse mineraali püriidi oksüdeerumisel eralduva soojusenergiaga, käivitada graptoliitargilliidi iseenesliku süttimise [4].

Vihje 3. Eestis on seda maavara kaevandatud Sillamäel uraani tootmise eesmärgil. Kaevandas Nõukogude Liit, kes soovis selle abil valmistada tuumapomme.

Praegu Eestis graptoliitargilliiti ei kaevandata, küll aga kaevandati seda 1940. aastate lõpus ja 1950. aastate alguses tollal salajases tehases Sillamäel uraani tootmise eesmärgil. On andmeid, et Sillamäe uraani kasutas Nõukogude Liit oma esimese



tuumapommi valmistamiseks. Maagi vähesuse ja tehnoloogiliste raskuste tõttu aga loobuti kohaliku toorme kasutamisest ning Sillamäe tehas jätkas tööd sisseveetud toormel [5].

Graptoliitargilliiti eraldati ka fosforiidi kaevandamise käigus Maardus, sellest ajast on teada selle maavara kaevandamisega seotud keskkonnaohud [2].

3. Glaukoniitliivakivi

Vihje 1. Kergelt tsementeerunud kivim on oma olemuselt väga pude, mistõttu pankrannikul selle kivimi peal lasuvad paekivimid enamasti eenduvad.

Ordoviitsiumi ladestu Leetse kihistu kivimid koosnevad nõrgalt tsementeerunud glaukoniidirikkast liivast. Glaukoniitliivakivi peal lasub glaukoniitlubjakivi, mis sarnaselt liivakiviga on Põhja-Eesti klindil kergesti eristatav oma rohelise värvuse tõttu.

Glaukoniitliivakivi on oma olemuselt pehme ja kergesti murenev kivim, mistõttu pankrannikul selle kivimi peal lasuvad paekivimid enamasti eenduvad ja võivad lõpuks ka variseda.

Vihje 2. Kaaliumisisalduse tõttu sobiks maavara kasutada väetiste tootmiseks, kuid rohkem on see kasutust leidnud värvipigmenti saamiseks.

Glaukoniitliivakivi sisaldab mineraali glaukoniit, mida on Euroopas väga laialdaselt kasutatud rohelise värvipigmenti saamiseks. Pigmentide tootmine on aga väikese lisandväärtusega ja märksa ambitsioonikam oleks kaaliumirikka glaukoniidi kasutamine K-termoväetise tootmiseks, mis on pikaajalise toimeajaga ja erinevalt tavaväetistest ei põhjusta muldade sooldumist [6].

Glaukoniitliivakivi eraldi Eestis ilmselt kaevandamisväärne ei ole. Ent juhul, kui kasutusele plaanitakse võtta fosforiit ja graptoliitargilliit, siis tuleb nende kaevandamisel väljata ka glaukoniitliivakivi. Selleks et glaukoniitliivakivist ei kujuneks jääde, peab ka sellele leidma maksimaalse lisandväärtusega kasutuse.

Vihje 3. Roheka värvuse annab kivimile vilkude rühma kuuluv savimineraal glaukoniit.

Glaukoniit on mineraal, mis oma kristallstruktuuri poolest kuulub vilkude rühma, kuid oma välimuselt neile ei sarnane (vilkudele kõige iseloomulik omadus on lõhenemine õhukesteks lehtedeks). Samuti ei ole glaukoniit klassikaline savimineraal, kuigi see oma olemuselt neile sarnaneb ja seda sagedasti savimineraalidega ka seostatakse [7].



Roheka värvusega raua- ja kaaliumirikas mineraal glaukoniit esineb glaukoniitliivakivis aleuriidi- kuni liivasarnaste teradena ning selle sisaldus ulatub 50–70%-ni [6].

4. Paekivi

Vihje 1. Põhiliseks kivimit moodustavaks mineraaliks on kas kaltsiit või dolomiit ning selles võib leiduda rohkelt elutegevuse jälgi.

Paekivi ehk paas on karbonaatne settekivim. Lubjakivi on paekivi erim milles domineerib mineraal kaltsiit. Savirikast lubjakivi nimetatakse mergliks. Dolokivi on paekivi erim, milles domineerib mineraal dolomiit. Puhas dolokivi on looduses haruldane, valdavalt on see tekkinud lubjakivi dolomiidistumisel, mille käigus kaltsiit on magneesiumirikka veega kokku puutel asendunud dolomiidiga.

Paekivis võib leiduda rohkelt elutegevuse jälgi ehk fossiile, sest kivim on tekkinud kunagise elutegevuse tagajärjel. Surnud organismid (näiteks trilobiidid, korallid, käsnad) vajasid merepõhja ning nende organismide kaltsiumkarbonaadist lubikodade jäänustest moodustus paekivi.

Vihje 2. Kivim võib olla väga eriilmeline, juba ainuüksi Harjumaal on kirjeldatud enam kui 50 selle kivimi erinevat kihti.

Eesti aladel algas paekivi moodustumine 472 miljonit aastat tagasi Ordoviitsiumis ja kestis läbi Siluri. Noorimad meil säilinud paekivimid on Devoni-aegsed. Paekivilademed kasvasid väga aeglaselt, kuid kuna selle moodustumiseks sobilikud tingimused kestsid meil enam kui 50 miljonit aastat, siis on lademete paksus mõõdetav sadades meetrites.

Paekivi on väga eriilmeline ning juba ainuüksi Harjumaal on kirjeldatud enam kui 50 selle kivimi erinevat kihti. Üks väga omapärase välimusega paekiviliik on näiteks Siluri ladestu Juuru lademe Tamsalu kihistu rõngaspaas ehk karplubjakivi, mis koosneb suures osas käsijalgse *Borealis borealis* lubikodadest. *Borealis*-lubjakivi värvus varieerub beeži ja roosakaslilla vahel, selle sees on valged rõngasmustrid kivistunud karpidest.

Paljud paekivikihid on dekoratiivse välimusega ning kasutusel seetõttu ka viimistluskivina.

Vihje 3. Teada-tuntud ehituskivi, mida kasutati juba Muinas-Eestis. Seda maavara on kasutatud näiteks ka Rakvere linnuse ja Toompea lossi ehitamiseks.



Paekivi ehk paasi on ammustest aegadest saadik kasutatud näiteks kalmete ja kindlustuste rajamisel. Tänapäeval on paekivi tuntud eelkõige kui ehitusmaavara, mida on vaja teedehituses ehituskillustiku tootmiseks. Kõige kvaliteetsemaks peetakse Lasnamäe lademe Vão kihistu lubjakivi, mille avamus kulgeb kitsa vööndina Põhja-Eestis. Kuigi kihistu levib ka mujal, teiste nooremate kihistute all, siis kaevandamise seisukohast on oluline justnimelt avamusala, kust seda on pinnakatte alt kõige kergem kätte saada. Ehituslubjakivi tuntud maardlad Harjumaal on Vão, Harku ja Maardu ning Virumaal Kunda.

5. Sinisavi

Vihje 1. Peamisteks mineraalideks selle kivimi koostises on illiit ja segakihiline illiit-smektiit. Need on mineraalid, mis tekivad näiteks päevakivide ja vilkude murenemisel.

Savikivim on savidest koosnev settekivim. Savid on väga peeneteralised setted, mis koosnevad savimineraalidest. Savimineraalide teke on peamiselt seotud keemilise murenemisega, mille käigus kivimit moodustavad mineraalid (näiteks päevakivid) asenduvad savimineraalidega. Savimineraalide keemiline ja mineraloogiline koostis on väga varieeruv, sõltudes samal ajal nii lähtekivimi koostisest kui ka murenemisaegsetest keskkonnatingimustest. Tuntuimad savimineraalid on näiteks kaoliniit, smektiit, illiit ja kloriit. Savimineraalid moodustavad tihti ka erinevaid segakihilisi mineraale, näiteks illiit-smektiit.

Kambriumi sinisavi koosneb peamiselt illiidist ja segakihilisest illiit-smektiidist, vähesemal määral ka kloriidist ja kaoliniidist. Lisaks võib kivimis esineda (kvarts)liiva ja glaukoniiti [8].

Vihje 2. Üle poole miljardi aasta on see maavara suutnud säilitada oma plastilisuse, mis nii vanade samataoliste hulgas on pigem erand.

Savimineraalide omapärane tunnus on pundumine ehk võime siduda kihtidevahelisse ruumi vett. Savidel on aga palju teisigi iseloomulikke omadusi — näiteks plastilisuse ehk võime kokkupuutel veega muutuda vormitavaks, ning tulekindlus ehk võime säilitada kõrgel temperatuuril oma vorm.

Plastilisus on see eriline omadus, mis on iseloomulik Eesti Kambriumi sinisavile. Ligi 500 miljoni aasta jooksul on sinisavi säilitanud oma pehmuse ja vormitavuse. Mujal maailmas on nii vanad savid plastilisuse kaotanud ja tihti ka kildastunud. Plastilisuse säilimise põhjuseks on Eesti paiknemine Fennoskandia kilbi jalamil, mistõttu ei ole



sinisavi mattunud suurtesse sügavustesse ega saanud tunda ei kõrgeid temperatuure ega rõhkusid [9].

Vihje 3. Merelise tekkega maavara on sageli ka merele omaselt sinakasrohelist värvi.

Kuigi Kambriumi savi on tuntud ka kui „sinisavi“, siis tegelikkuses on see pigem rohekashalli või lillakashalli värvi. Savide värvus oleneb eelkõige nende mineraloogilisest koostisest. Näiteks kaoliniidirikkad savid on valged, kloriidirikkad savid rohekad ja illiidirikkad savid sinakad. Sinaka või roheka värvuse võib savile anda ka mineraal glaukoniit. Hallika värvusega savid koosnevad tavaliselt erinevate savide segudest.

6. Liiv

Vihje 1. Purdsete, mis koosneb peamiselt kvartsist ja päevakividest, kuid lisaks võib selles esineda näiteks vilku ja glaukoniiti.

Liiv on purdsete (pude sete, tekkinud kivimi kulutuse käigus), mis koosneb peamiselt kvartsist ja päevakividest, kuid lisaks võib selles esineda näiteks vilku ja glaukoniiti, rannikualadel ka karbikesi. Liiva leidub kõigis Eesti pealiskorra geoloogilistes ladestutes Kambriumist Kvaternaarini. Liivaterad on väiksemad kui kruusaterad, ent suuremad kui saviosakesed, jäädes vahemikku 0,063–2mm.

Vihje 2. Väga levinud ehitusmaavara, mille maardlad paiknevad lisaks maismaale ka meres.

Liiv (ja kruus) on Eestis laialdaselt kasutatavad ehitusmaavarad, mille maardlad paiknevad enam-vähem ühtlaselt üle terve riigi. Liivamaardlaid võib sealjuures leida isegi merest (näiteks Naissaare maardla). Kui rajatavatel sadamaehitistel oli suur nõudlus täitematerjali järele, siis hakati liiva kaevandama rannalähedasest merest. Meres on kaevandamisega tekitatud keskkonnamõju reeglina väike ja kaevandamiseelne olukord taastub paari aastaga [10].

Vihje 3. Kui sete on piisavalt peeneteraline ja kvartsirikas, siis saab sellest valmistada klaasi. Seda oskas inimkond juba Vana-Egiptuse aegadel.

Klaasi toodetakse kvartsliaavast (SiO_2), mida kuumutatakse väga kõrgete temperatuurideni (1700 °C), kuni see sulab. Lisanditena võib kasutada näiteks soodat või lupja, mis toob sulamistemperatuuri allapoole, või koobaltit ja seleeni klaasile värvitooni andmiseks [11].



Väga peeneteralist ja kvartsirikast liiva (tehnoloogiline liiv) leidub Lõuna-Eestis, kus aluspõhja kivimites esinevad nõrgalt tsementeerunud Kesk-Devoni Gauja lademe merelise tekkega liivakivid. Klaasliiva on proovitud toota ka Tallinna läheduses Alam-Kambriumi liivakivist ja kuigi see näeb välja valge ja puhas, ei võimalda selle ebaühtlane savi- ja püriidisisaldus sobivaid erimeid tööstuslikus koguses kaevandada [12].

7. Kruus

Vihje 1. Purdsete, mis koosneb peamiselt tard-, moonde- ja settekivimite tükkidest.

Kruus on purdsete, mis koosneb peamiselt kulutatud tard-, moonde ja settekivimite tükkidest ja veeristest, munakatest. Samuti võib kruusas esineda mineraalide ümardunud osakesi. Kruusa levik on peamiselt seotud Kvaternaari-aegsete liustikujõesetete levikuga. Kruusaterad on suuremad kui liivaterad, jäädes vahemikku 2–64 mm.

Vihje 2. Endised karjäärid korrastatakse sageli puhkealadeks, näiteks Seli karjäär Raplamaal, kus saab suvel ujuda ja kettagolfi mängida ning talvel suusatada.

Iga karjääri rajamisega maastik muutub, kuid see ei ole tingimata halb. Kui karjääride kaevandamisjärgne korrastamine on hoolikalt läbi mõeldud, siis võib tulemus piirkonda ka rikastata, näiteks uue järve näol. Vanad liiva- ja kruusakarjäärid korrastatakse ja rekultiveeritakse sageli veekogudeks.

Vanast Seli kruusakarjäärist Raplamaal on tänaseks saanud Pirgu puhkeala, kuhu on rajatud rand, seiklusrada ja kettagolfi park. Talvel saab puhkealal suusatada.

Rahva seas populaarne on ka Aidu karjäär, vana põlevkivikarjäär, mis pärast sulgemist on oma eripärase maastiku ning kaunite loodusvaadete tõttu kujunenud populaarseks matkasihtkohaks. Samuti on sinna rajatud sõudekanal.

Vihje 3. Ehitusmaavara, millega kaetud teed on maapiirkondades väga levinud ja väga tolmuavad.

Eestis on umbes 16 900 km riigiteid, millest umbes 2600 km on pinnatud kruusaga teid ja 4000 km kruusa- ja pinnasteid [13]. Kruusatee on tee, mille pealiskiht on ehitatud looduslikust või purustatud kruusast, need on maapiirkondades väga levinud ja üheks nendega kaasnevaks suuremaks probleemiks on tolm. Riigil on eesmärk ehitada tolmuvabad katted 2030. aastaks kõikidele riigi omanduses kruusateedele, mille liiklussagedus ületab 50 autot ööpäevas [14].



8. Põlevkivi

Vihje 1. Merelises keskkonnas tekkinud kivim koosneb sinivetikate jäänustest ja iidsete mereloomade lubikodadest.

Eesti põlevkivi tekkis Ordoviitsiumi ajastu rannikumeres. Põlevkivi esindab meie maapõues Uhaku ja Kukruse lademe kihistute kivimeid, kus on kokku on üle 50 põlevkivikihi vaheldumisi paekivikihtidega.

Põlevkivi on settekivim, mis koosneb kahest olulisest komponendist: kerogeenist ehk põlevast orgaanilisest ainest, mille moodustavad peamiselt vetikate ja bakterite jäänused, ning mineraalsest ainest, mille moodustavad peamiselt mereloomade lubikojad. Lisaks on põlevkivis esindatud erinevad karbonaatsed mineraalid (näiteks kaltsiit) ning terrigeensed setted (näiteks liiv ja savi). Kerogeeni osakaalust põlevkivis sõltub maavara kvaliteet.

Vihje 2. Eesti ainuke maardla paikneb Ida- ja Lääne-Virumaal. Maavara kaevandatakse nii avatud karjäärides kui ka maa-alustes kaevandustes – viimastest tuntuim on Estonia kaevandus.

Eestis on üks põlevkivimaardla, mis asub Ida- ja Lääne-Virumaal. Maardla pindala on enam kui 1600 km² ning see on jagatud 23 kaeve- ja uuringuväljaks. Põlevkivi kaevandatakse nii avatud karjäärides (näiteks Narva ja Ubja karjäär) kui ka maa-alustes kaevandustes (näiteks Estonia ja Ojamaa kaevandus).

Estonia kaevandus alustas tegevust 1972. aastal ja see on üks maailma suurimaid põlevkivi tootvaid allmaakaevandusi. Põlevkivi kaevandatakse Estonia kaevanduses 40–70 m sügavuselt [5].

Vihje 3. See maavara, rahva seas tuntud eelkõige kui kukersiit, on Eestis tööstuslikult kasutusel olnud enam kui 100 aastat ning sellest toodetakse peamiselt elektri- ja soojusenergiat ning õli.

Eesti põlevkivimaardlas kaevandatavat põlevkivi kutsutakse ka kukersiidiks. Kukersiit koosneb seitsmest põlevkivikihist, mis lasuvad vaheldumisi kuue lubjakivikihiga.

Põlevkivi leidub ka mujal maailmas, näiteks Jordaania, Ameerika Ühendriikides, Venemaal ja Austraalias. Eesti põlevkivitööstus on üks maailma suurimaid ning ka põlevkivi kvaliteet on siin väga kõrge [5].

Eestis on kukersiiti tööstuses kasutatud enam kui 100 aastat ja majanduslikult on see maavara meile väga oluline. Kasutades põlevkivi elektri- ja soojusenergia tootmiseks,



oleme suutnud säilitada oma energiasõltumatuse. Lisaks saab põlevkivi kasutada aga mujalgi, näiteks õli tootmises, ja seda tehakse põlevkivitööstuses aina enam.

9. Turvas

Vihje 1. Lagunenud taimejäänustest ja huumusest koosnev sete, mis tekib veerohkes ning hapnikuvaeses keskkonnas.

Turvas on sete, mis koosneb lagunenenud taimejäänustest ning huumusest ja mis Eesti aladel hakkas tekkima umbes 10 000 aastat tagasi, kui tekkisid esimesed sood ja rabad. Turba tekkimiseks on vajalik keskkond, mis on hapniku- ja toitainetevaene ning liigniiske. Looduslikus soos sisaldab turvas keskmiselt 90% vett, õhkuiv turvas sisaldab vett umbes 30–40%. Turvas jaotub põhjaveest toitunud hästilagunenud madalsooturbaks ja sademeveest toitunud vähelagunenud kõrgsoo- ehk rabaturbaks.

Vihje 2. Kuivendatud tootmisalad võivad olla tuleohtlikud ja eraldada kasvuhoonegaase.

Turbamaardlaid on Eestis ligi 300 ning kõige enam leidub neid Pärnu-, Järva-, Jõgeva- ja Harjumaal ja Ida-Virumaal.

Turbatootmisalad on suured ning nendega kaasneb oluline keskkonnaoht. Kuivendatud soodes võivad kergesti tekkida tulekahjud – kuivendatud turbapinnas on kuivades ilmastikuoludes väga hea süttimis- ja põlemisvõimega, pinnas võib põleda mitme meetri sügavuselt ning hävitada aastatuhandete jooksul turbasse akumulunud süsinikuvaru. Kuivendamise tagajärjel hakkab turvas ka lagunema ning selles peituv süsinik paiskub õhku põhiliselt süsihappegaasina. Turba lagunemisel tekkivate kasvuhoonegaaside (CO₂, CH₄, N₂O) emissioon on piisavalt suur, et olla võrreldav fossiilkütuste põletamisega [15].

Vihje 3. Kuigi selle soodes ja rabades kujuneva maavara aastane juurdekasv on umbes 1 mm, peetakse seda siiski taastumatuks maavaraks.

Põhimõtteliselt on turvas võimeline ise taastuma. Kuid kuna turba aastane juurdekasv on ainult umbes 1 mm, siis seda on liiga vähe selleks, et pidada turvast taastuvaks maavaraks. Turbakihi tegelik taastumine võtab aega ligi 5000 aastat ning seetõttu on majanduslikus mõttes tegemist siiski taastumatu maavaraga.

Turba juurdekasv soodes ja rabades on suurim aasta jahedal ja niiskel perioodil.



10. Graniit

Vihje 1. Koosneb peamiselt kvartsist ja päevakivist, kuid lisaks võib selles kivimis leiduda ka näiteks liitiumi ja koobaltit ning kulda ja hõbedat.

Graniit on tardkivim – üks paljudest Eesti kristalse aluskorra kivimitest – ja teda teatakse rahva seas ka kui raudkivi või maakivi. Graniit on tavaliselt hele halli-roosakirju kivim, mis koosneb peamiselt kvartsist ja päevakivist, kuid lisaks võib selles kivimis leiduda ka näiteks liitiumi ja koobaltit ning kulda ja hõbedat.

Vihje 2. Väga tugev maavara, mida Eestis võib leida mitmesaja meetri sügavuselt.

Eestis graniit maapinnal ei paljandu, seda võib leida hoopis mitmesaja meetri sügavuselt maapõuest – mida rohkem lõuna poole, seda sügavamale aluskorra kivimid jäävad. Põhja-Eestis on aluskorra sügavus maapinnast umbes 100 meetrit, Lõuna-Eestis võib see ulatuda aga 600 meetrini. Aluskorra kivimite peale jäävad sette kivimid (näiteks Devoni liivakivi, Siluri ja Ordoviitsiumi paekivi) ning erinevad setted (näiteks liiv, kruus, turvas).

Graniiti iseloomustab kõvadus, mistõttu graniidist valmistatud killustik on väga hinnatud teedehituses. Tänapäeval Eestis aluskorrakivimeid, sh graniiti, ei kaevandata.

Vihje 3. Kui Soomes ja Rootsis on see kivim looduses väga tavapärane, siis Eestis võib seda maapinnal näha vaid liustikest siia kantud rändrahnudena.

Graniit on Soome rahvuskivi ning seales looduses väga tavapärane. Eestis võib graniiti looduses näha vaid rändrahnudena, mille on meile põhjast (Soomest, Rootsist) kandnud liustikud. Rändrahnne esineb ka mujal Euroopas ning Põhja-Ameerikas, kuid Eestis on neid märkimisväärselt rohkem ja nad on ka tunduvalt suuremad. Ilmselt on põhjuseks Eesti paiknemine tollase jäätumiskeskme läheduses. Eesti rändrahnud hakkavad looduses ka erakordselt hästi silma, sest need asuvad hoopis teistlaadi aluspinnasel või maastikul kui näiteks Soomes, kus graniit ise moodustabki rändrahnude aluspinnase.

Rändrahnne esineb meil kõige rohkem põhjarannikul ning lõuna pool nende arvukus väheneb. Suurim Eesti rändrahn on Letipeal asuv Ehalkivi kõrgusega 7,6 m [16].

Vastuskaartide hulgas on kaks eksitavat kaarti: järvelubi ja tuff.



Järvelubi ehk järvekriit on Eesti maavara – värvuselt kollakasvalge või helebeež sete, mis koosneb peamiselt kaltsiidist. Järvelubi kujunes Eesti aladel umbes 10 000 aastat tagasi, kui liustikud olid taandunud ja kliima soojenes. Tänapäeval settib järvelubi näiteks Äntu järvedes, kus järvede põhjas avanevad allikad toidavad veekogusid paelõhede kaudu üles kerkiva lubjarikka veega. „Maapõue seljakotis“ järvelupja ei ole.

Tuff on vulkaaniline kivim, mis tekib vulkaanipurske käigus vulkaanist väljapaisatud püroklastilise materjali kivistumisel. Eestis on vulkaaniline tuff esindatud Ordoviitsiumi ja Siluri ajastu kivimites bentoniidikihtidena, kus püroklastiline materjal on kristalliseerunud ümber savimineraalideks. „Maapõue seljakotis“ tuffi ei ole.



Mäng 2. Kriitilised toormed meie igapäevaelus

Kriitilised toormed on loodusressursid, mis Euroopa Liidu majanduse jaoks on strateegilise tähtsuse ning kõrge varustuskindluseriskiga. Kriitiliste toormete nimekiri on tehnoloogia arengu ja maailmapoliitika mõjutustel ajas pidevalt muutuv ning Euroopa Komisjon hindab regulaarselt toormete kriitilisust nende majandusliku tähtsuse ning varustusriski põhjal [17].

Kriitiliste toormete kasutusala on väga laialatuslikud, eelkõige on neid vaja aga erinevateks kõrgtehnoloogilisteks lahendusteks. Näiteks mängivad haruldased muldmetallid olulist rolli rohepöördes, sest ilma nendeta ei saa ehitada tuulikute turbiine ega päikesepaneele. Haruldasi muldmetalle on vaja ka meie kõige igapäevasemates asjades – nutitelefoniid. Kriitilistel toormetel on väga spetsiifilised omadused, mistõttu kasutatakse neid laialdaselt näiteks lennu-, auto- ja elektroonikatööstuses, samuti erinevates meditsiiniseadmetes. Üheks suuremaks kriitiliste toormete nõudluse põhjuseks on aga hoopis akurevolutsioon, mille eesmärgiks on vähendada kasvuhoonegaase ning suurendada taastuvenergia salvestamise võimalusi. Erinevate kriitiliste toormete ja nimekirja kandideerinud toormete ja nende kasutusalaodega saab lähemalt tutvuda siin: <https://screen.eu/crms-2023/>.

Teine mäng tutvustab kümne kriitilise toorme ühte kasutusala. Õpilastel tuleb kolme väite hulgast välja valida õige.

Kaart 1. Fosforiit ja põllumajandus

- A. 5% fosforiidist kasutatakse maailmas mineraalväetiseks.
- B. 86% fosforiidist kasutatakse Euroopa Liidus mineraalväetiseks.**
- C. Maailma suurimad teadaolevad fosforiidivarud ja maisipõllud asuvad Saksamaal.



Joonis 3. Fosforiit ja põllumajandus (pixabay.com)



Õige vastus on B. Euroopa Liidus kasutatakse 86% fosforiidist mineraalväetiseks, kogu maailmas aga samal otstarbel 91% fosforiidist [18].

Maailma suurimad teadaolevad fosforiidivarud asuvad Marokos ja Lääne-Saharas, kus leidub üle 75% maailma fosforiidivarudest [19]. Fosforiiti on endise Nõukogude Liidu ajal uuritud ja tollaste aruannete põhjal võib järeldada, et Euroopa ühed suurimad teadaolevad fosforiidivarud paiknevad Eestis [20].

Kaart 2. Vanaadium ja päikesepaneelid

- A.** Vanaadiumil põhinevad akud on väikesed ja seetõttu kasutatakse neid kaasaskantavates päikesepaneelidega laetavates akupankades.
- B.** Vanaadiumi kasutatakse päikesepaneelide valmistamisel, sest sellel on erakordselt hea võime päikeseenergiat salvestada.
- C.** Vanaadiumil põhinevaid akusid on tehnoloogia arenedes hakatud kasutama päikeseenergia salvestamiseks ka kodustes tingimustes.



Joonis 4. Vanaadium (periodictable.com) ja päikesepaneelid (pixabay.com)

Õige vastus on C. Vanaadiumil põhinevatel akudel on pikk eluiga ning suur salvestusmaht (energia salvestatakse paakidesse), kuid nende suuruse tõttu kasutatakse selliseid akusid peamiselt elektrijaamade või elektrivõrkude külge kinnitatult. Tehnoloogia arenedes on tekkinud võimalus toota väiksemaid akusid, mida on võimalik kasutada näiteks ka elektrisõidukite laadimiseks või päikeseenergia salvestamiseks kodustes tingimustes [21].

Kuigi vanaadiumi üks kasutusala on energiasalvestus, siis aastatel 2012–2016 kasutati vanaadiumi selleks Euroopa Liidus vaid 1% ulatuses. Kõige rohkem kasutatakse vanaadiumi hoopis terase tootmisel (90%). Vanaadiumi ei kasutata päikesepaneelides.

Kaart 3. Haruldased muldmetallid ja nutitefonid

- A.** Haruldastest muldmetallidest lantaani ja ütriumi kasutatakse nutitefonide kaamerate valmistamiseks.
- B.** Haruldastest muldmetallidest lantaani ja neodüümi kasutatakse nutitefonide ekraanides erksate värvide saamiseks.
- C.** Nutitefonides kasutatakse kõige sagedamini järgmisi haruldasi muldmetalle: lantaan, ütrium ja argoon.



Joonis 5. Haruldased muldmetallid (periodictable.com) ja nutitefon (pixabay.com)

Õige vastus on A. Haruldased muldmetallid on 15 keemiliselt sarnast elementi, mis paiknevad perioodilisuse tabelis üksteise järel lantanoidide rühmas. Need metallid leiavad kasutust mitmesuguste kõrgtehnoloogiliste seadmete ja nende komponentide valmistamisel. Väga palju haruldasi muldmetalle leidub näiteks nutitefonides, kus kaamerate valmistamisel kasutatakse lantaani ja ütriumi; ekraanide valmistamisel euroopiumi, ütriumi, gadoliiniumi ja terbiumi; kõlarites parseodüümi, neodüümi ja gadoliiniumi; akudes on vaja lantaani ja parseodüümi; vibratsiooni ja vooluringi tarbeks aga neodüümi [22]. Argoon ei ole muldmetall, vaid gaasiline element.

Kaart 4. Liitium ja elektrisõidukid

- A.** Liitium-ioonakusid kasutatakse erinevates elektrisõidukites ainult Euroopa Liidus.
- B.** Liitium-ioonakud on juba 50 aastat leidnud kasutust ainult elektriratastes ja -tõukeratastes.
- C.** Liitium-ioonakusid kasutatakse paljudes erinevates elektroonikaseadmetes, kuid alles viimasel ajal on neid hakatud kasutama ka elektriratastes ja -tõukeratastes.



Joonis 6. Liitium (periodictable.com) ja elektritõukerattad (pixabay.com)

Õige vastus on C. Liitium-ioonakud on kallimad kui enamik ühekordseid patareisiid, kuid need on väikesed, pika elueaga ning väga vastupidavad. Kui aastani 2015 oli liitium-ioonakude suurim nõudlus elektroonikas (mobiiltelefonid, tahvelarvutid, fotokaamerad), siis hilisematel aastatel on nõudlus olnud suurim elektrisõidukites ja seda nii Euroopas kui mujal maailmas [23].

Kaart 5. Magneesium ja fotokaamerad

- A.** Magneesiumisulamit kasutatakse fotokate korpuses, sest see on raske, kuid väga õhuke metall, mis sobib hästi kompaktsed disaini loomiseks.
- B.** Magneesiumisulamit kasutatakse fotokate korpuses, sest see on kerge, kuid väga vastupidav metall ning kaitseb hästi kaamerat nii tolmu kui ka niiskuse eest.
- C.** Magneesiumisulamit kasutatakse peegelkaamerate tolmuemaldussüsteemis, sest see aitab vähendada tolmu ligitõmbavat staatilist elektrit.



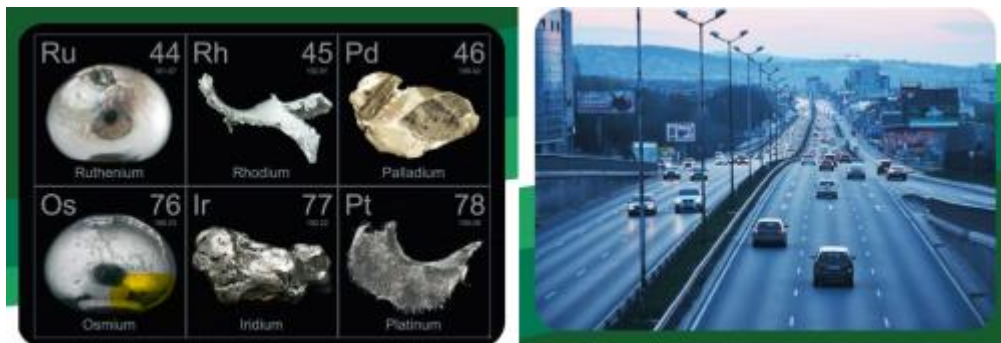
Joonis 7. Magneesium (periodictable.com) ja fotokaamera (pixabay.com)

Õige vastus on B. Magneesium on kerge, kuid vastupidav metall, mida kasutatakse eelkõige auto- ja lennutööstuses eesmärgiga vähendada erinevate sõidukite kaalu. Magneesiumisulamit kasutatakse aga ka elektroonikaseadmete valmistamisel, näiteks

fotokaamerate või sülearvutite korpuses [24]. Peegelkaamerate tolmuemaldus-süsteem põhineb peamiselt sensorilt tolmu lahti raputamisel ning sellel ei ole seost magneesiumisulami olemasoluga fotokaameras.

Kaart 6. Plaatina grupi metallid ja autotööstus

- A.** Plaatina grupi metallidest katalüsaatorid suudavad kõrvaldada 5% kahjulikke heitgaase, sh fossiilsete kütuste põlemisel tekkivat süsihappegaasi.
- B.** Plaatina grupi metalle, eelkõige pallaadiumi, kasutatakse autotööstuses heitgaaside toksilisuse vähendamiseks nii bensiini- kui ka diiselahtedel.
- C.** Plaatina grupi metalle kasutatakse elektriautode tööstuses akude valmistamisel, kuna neil on võime salvestada väike kogus energiat.



Joonis 8. Plaatina grupi metallid (periodictable.com) ja autod (pixabay.com)

Õige vastus on B. Plaatina grupi metalle, pallaadiumi, plaatina ja roodiumi, kasutatakse autotööstuses heitgaaside toksilisuse vähendamiseks nii bensiini- kui ka diiselahtedel. Autokatalüsaatorid moodustavad 63% plaatina grupi metallide kasutusalaadest ning need suudavad kõrvaldada arvestataval hulgal kahjulikke heitgaase, nagu süsivesinikud (HC), lämmastik-oksiidid (NOx), süsinik-monooksiid (CO) ja tahked osakesed, kuid ei suuda kõrvaldada kütuse põlemisel tekkivat süsihappegaasi (CO₂). Plaatina grupi metalle ei kasutata akudes [25].

Kaart 7. Fosfor ja karastusjoojid

- A.** Fosforhape annab Coca-Colale hapuka maitse.
- B.** Fosforhape annab Coca-Colale kibeda maitse.
- C.** Fosforhapet kasutatakse karastusjookide plekkpurkide valmistamisel, sest see parandab nende vastupidavust mõlkimisele.



Joonis 9. Fosfor (periodictable.com) ja Coca-Cola (pixabay.com)

Õige vastus on A. Fosforhape annab Coca-Colale hapuka maitse ja kofeiin kibeda maitse [26]. Fosforit ei kasutata plekkpurkide valmistamisel.

Kaart 8. Koobalt ja terasesulamid

- A.** Koobalt suurendab terasesulami elastsust ning seda kasutatakse tööriistade valmistamiseks.
- B.** Koobalt suurendab terasesulami läiget ning seda kasutatakse tööriistade viimistlusdetailide valmistamiseks.
- C.** Koobalti abil toodetakse kõrge sulamistemperatuuri ja vastupidavusega terast, millest valmistatakse tööriistu.



Joonis 10. Koobalt (periodictable.com) ja tööriistad (pixabay.com)

Õige vastus on C. Koobaltisandiga terasest valmistatakse spetsiaalseid lõikeriistu, nagu puurid ning saekettad ja -terad, mida kasutatakse näiteks metalli lõikamisel. Koobalti peamiseks kasutusalaaks tänapäeval on tõusnud aga liitium-ioonakud, kus kasutatakse tänaseks üle poole maailmas toodetud koobaltist [27]. Koobaltit üldjuhul ei lisata terasele elastsuse suurendamiseks ning see võib teatud tingimustel muuta



terase hoopis hapramaks. Lääkivate ja roostekindlate terasest viimistlusdetailide valmistamiseks kasutatakse eelkõige kroomi [28].

Kaart 9. Heelium ja kontrollitud atmosfäärid

- A.** Harrastussukeldumisel kasutatakse balloonides gaasisegu, mis sisaldab 70% hapnikku, 20% lämmastikku ja 10% radooni.
- B.** Heeliumi kasutatakse sukeldumisballooni gaaside segus alati koos nioobiumiga.
- C.** Heeliumi lisamine sukeldumisballooni gaaside segusse vähendab terviseriske ja aitab eriolukordades sukelduda ekstreemsetesse sügavustesse.



Joonis 11. Heelium (periodictable.com) ja sukelduja (pixabay.com)

Õige vastus on C. Heeliumi lisamine sukeldumisballooni gaaside segusse vähendab terviseriske ja aitab eriolukordades sukelduda ekstreemsetesse sügavustesse. Olenevalt planeeritud sukeldumissügavusest asendatakse sukeldumisballoonis hapnik ja lämmastik osaliselt heeliumiga, sest hapnik on sügaval vees kõrge rõhu all toksiline ja lämmastikul on narkootiline toime. Lisaks on heelium madala viskoossusega kerge gaas, mida on lihtne sisse hingata ning mis parandab sukeldumise ajal keskendumisvõimet [29]. Radooni ja nioobiumi sukeldumisballooni gaaside segus ei kasutata, sest neist esimene on radioaktiivne ja teine on metall.

Kaart 10. Strontsium ja pürotehnika

- A.** Strontsiumi kasutamine pürotehnikas annab signaalarakettidele erksa punase värvuse.
- B.** Strontsiumi kasutatakse koos vasega raketimootori valmistamisel ning selle kogusest sõltub raketi plahvatusvõime.
- C.** Strontsiumi kasutatakse koos magneesiumiga raketimootori valmistamisel ning selle kogusest sõltub raketi lennukõrgus.



Joonis 12. Strontsium (periodictable.com) ja ilutulestik (pixabay.com)

Õige vastus on A. Strontsiumi kasutamine pürotehnikas annab signaalarakettidele erksa punase värvuse. Koos vasega annab strontsium rakettidele lilla värvuse, vask üksinda sinise värvuse [30]. Raketi plahvatus- ja lennuvõime sõltuvad eelkõige püssirohust, mis sisaldab kaaliumnitraati (KNO_3), väävlit (S) ja sütt.



Mäng 3. Kriitiliste toormete pusle

Kolmandas mängus tuleb õpilastel kahekümnest kaardist kokku panna 4 × 4 puslet. Mängu eesmärk on näidata õpilastele seost maavarade ja kriitiliste toormete, nende kasutamise ning erinevate keskkonna- ja ühiskonnaprobleemide vahel.

Iga kokkupandud komplekt sisaldab ühte kaarti järgnevatest teemadest:

- **toormete kasutus** – tooted, mille valmistamine eeldab vähemalt ühe kriitilise toorme olemasolu;
- **kriitilised toormed** – toormed, mis on lisatud kriitiliste toormete nimekirja;
- **Eesti maavarad** – kivimid Eesti maapõues, millest võib kriitilisi toormeid leida;
- **geoloogia ja keskkond** – toorme või maavara kaevandamisega seotud keskkonna- ja ühiskonnaprobleemid.

Kaarte komplekteerides tuleb arvestada, et kokku sobitatud kaardid peavad moodustama ühe tervikliku loo ning ühte kaarti mitu korda kasutada ei tohi, kuigi teoreetiliselt sobib nii mõnigi neist mitmesse komplekti.

Ühes kivimis/maavaras võib leiduda palju erinevaid (kriitilisi) toormeid. Näiteks graniidist võib leida nii kulda kui ka haruldasi muldmetalle ja neid mõlemaid kasutatakse nutitelefoni valmistamisel, kuid kuld antud komplekti ei sobi, sest esiteks ei ole tegemist kriitilise toormega (saab kontrollida kriitiliste toormete graafikult) ja teiseks keskendub nutitelefoni kaart justnimelt haruldaste muldmetallide, mitte kulla vajalikkusele nutitelefoni tootmisel.

Ka enamik geoloogia- ja keskkonnateemasid sobib pea iga maavara juurde – kõiki maavarasid (või toormeid) kaevandades võivad tekkida jäätmed, mida tasuks väärindada (ringmajandus), kõiki maavarasid tuleb kaevandada keskkonda võimalikult säästval viisil (vältida negatiivseid keskkonnamõjusid), kõiki majanduslikult huvipakkuvaid maavarasid uuritakse (geoloogilised uuringud) ja oma tagaäda ei taha me mitte ühegi maavara karjääri („mitte minu tagaäda“). Maavarateemalist kaarti õige keskkonnateemalise kaardiga kokku sobitades tasub jällegi jälgida, et kaartidel olev sisu moodustaks terviku. Näiteks paekivi kaardil on öeldud, et Harjumaal on karjäärid ammendumas, kuid uute avamine keeruline kohalike vastuseisu tõttu, ja kaart sobib seega hästi kokku „mitte minu tagaäda“-kaardiga. Fosforiidi kaardil on öeldud, et selle maavaraga on seotud mitu teist meile potentsiaalselt huvipakkuvat maavara, ja see sobib hästi kokku ringmajanduse kaardiga, kus on öeldud, et maavarasid tasub võimalusel kaevandada komplekselt.



Mängu kontekstis õigesti komplekteeritud kaardid on järgmised:

Komplekt 1

- **Tuulikud ja päikesepaneelid** toodavad taastuvat energiat, mida pole võimalik toota vastavalt tarbimisvajadusele ning mida on vaja salvestada perioodideks, mil päikest või tuult ei ole.
- **Vanaadiumi** kasutatakse suuremahuliseks energiasalvestuseks mõeldud akude koostises.
- Eesti maapõues võime vanaadiumi leida **graptoliitargilliidist**, mille kaevandamisega võib kaasneeda probleeme, kuna kivim võib iseenesest süttida.
- Maavarade kaevandamisega võivad sageli kaasneeda **negatiivsed keskkonnamõjud**.

TOORMETE KASUTUS

Tuulikud maastikel ja **päikesepaneelid** katustel on muutunud väga tavapäraseks.

2015. aastal Pariisis kirjutasid 195 riiki alla kokkuleppele hoida maailma keskmise temperatuuri tõus kontrolli all.

Kliimamuutuste vastu võitlemiseks tuleb välja vahetada fossiilkütusepõhine energiasüsteem ning selle asemel kasutusele võtta erinevaid taastavaid energiaallikaid, näiteks päikese- või tuuleenergia. Viimaseid pole aga võimalik vastavalt tarbimisvajadusele pidevalt toota, mistõttu on vaja leida võimalusi energia salvestamiseks perioodideks, mil päikest või tuult ei ole.



KRIITILISED TOORMED

Vanaadium on metalliline keemiline element aatomnumbriga 23 ning see on lisatud Euroopa kriitiliste toormete nimekirja.

Puhas vanaadium on looduses haruldane, kuid erinevaid vanaadiumühendeid leidub enam kui kuuekümnes mineraalis.

Vanaadiumi on varem kasutatud peamiselt kõvasulamateraste tootmisel, kuid viimaste aastate teadusuuringud näitavad vanaadiumi olulisust ka rohepöördes, eelkõige suuremahuliseks energiasalvestuseks mõeldud akude koostises.



GEOLOOGIA JA KESKKOND

Maavarade kaevandamisega kaasnevad sageli **negatiivsed keskkonnamõjud**.

Mõne maavara kaevandamisega on negatiivsed keskkonnamõjud võrdlemisi väikesed. Näiteks savi puhul on kaevandamistehtoloogiad lihtsad, kaevandamismahud väikesed ning enamasti puudub ka mõju põhjaveele.

Mõne teise maavara puhul on negatiivsed keskkonnamõjud aga võrdlemisi suured. Näiteks põlevkivi kasutamine mõjutab suurel alal maakasutust, kuna tekivad aheraline-, tuha- ja poolkoksimeed, samuti mõjutab see arvestataval määral piirkonna põhjavett ning õhu kvaliteeti. Kaevandada tuleb alati keskkonda võimalikult säästval viisil.



EESTI MAAVARAD

Graptoliitargilliit tekkis ligikaudu 480 miljonit aastat tagasi Ordoviitsiumi ajastu merelises keskkonnas.

Graptoliitargilliit on oma olemuselt metalliderikas põlevkivi, mis koosneb orgaanikast ja sulfiidsetest mineraalidest. Selles sisalduvatest metallidest on suurima majandusliku potentsiaaliga vanaadium.

Graptoliitargilliiti iseloomustab ka keskmisest kõrgem uraanisisaldus, mistõttu 1940.–1950. aastatel Nõukogude Liit seda tuumapommide valmistamise eesmärgil ka kaevandas. Kaevandamisega kaasnesid probleemid, kuna sulfiidse mineraali, püriidi, oksüdeerumine viis kivimis leiduva orgaanilise aine isesüttimise ja keskkonna saastumiseni.



Joonis 13. Komplekt 1: tuulikud ja päikesepaneelid (foto: pixabay.com) – vanaadium (foto: periodictable.com) – graptoliitargilliit – negatiivsed keskkonnamõjud (foto: Wikimedia Commons [31])

Komplekt 2

- Kasvava inimkonna toitmiseks on vaja suurendada põldude saagikust **väetiste** abil.
- Taimede hea saagikuse ja kasvu tagab **fosfor**, mida leidub näiteks apatiidis.
- Eesti maapõues võime apatiiti leida **fosforiidist**. Fosforiidi lasundi peal lasuvad graptoliitargilliit ja glaukoniitliivakivi, mis kõik peidavad endas erinevaid toormeid.
- Kohakuti lasuvaid maavarasid tasub võimalusel kaevandada komplekselt, nii ei teki üleliigseid jäätmeid, mis on üks **ringmajanduse** põhimõtteid.

TOORMETE KASUTUS



Väetis on taimedele sama oluline kui meile toit.

Aastaks 2050 kasvab maailma rahvastik üheksa miljardi inimeseni ning nõudlus toidu järgi kasvab 70%. Üheks võimaluseks kasvavat inimkonda ära toita on suurendada põldude saagikust väetiste abil.

Põllud vajavad tänapäeval väetamist ka seetõttu, et aina enam liigub põllumajandus lähemale tootmisele ja tarbijale ning kaugemale looduslikult sobilikest ja toitainerikastest kasvukohtadest.

KRIITILISED TOORMED



Fosfor on mitmetalliline keemiline element aatomnumbriga 15 ning see on lisatud Euroopa kriitiliste toormete nimekirja.

Fosforit leidub mitmes mineraalides, enim tuntud neist on apatiit.

Fosfor on eluks väga vajalik. Fosfor osaleb näiteks organismi energiavahetuses, aju ja kesknärvisüsteemi töös, hammaste ja luude moodustumisel.

Fosfor varustab taimi fosfaatidega, mis tagab nende hea kasvu ja saagikuse.

GEOLOGIA JA KESKKOND



Ringmajandus on tõhus alternatiiv valitsevale „tooda-tarbi-viska minema“ majandusmudelile, mis vajab alati uut tooret ning tekitab palju jäätmeid.

Ringmajandus seab esikohale ressurside jätkusuutliku kasutuse, sh eesmärgi, et jäätmeid tekiks väga vähe või ei tekiks üldse.

Ka maavara kaevandades võivad jäätmeid tekkida, põlevkivi puhul näiteks aheraine. Ringmajanduse põhimõttel ei tohiks jäätmeid „minema visata“, vaid nendest peab proovima väärtust luua. Samuti tasub kohakuti lasuvaid maavarasid kaevandada võimalusel komplekselt ehk mitu maavara ühe korraga.

EESTI MAAVARAD



Fosforiit tekkis ligikaudu 490 miljonit aastat tagasi Kambriumi ja Ordoviitsiumi ajastu merelises keskkonnas.

Fosforiit on fossiiliderikas liivakivi, mis koosneb brahhiopoodide kodadest ja tsementeerunud liivast. Fosforiidi mineraalses koostises võib leida apatiiti, kvartsi, dolomiiti ja püriiti.

Looduses lasub fosforiidikihi peal must kilt ehk graptoliitargilliit ja sellel omakorda glaukoniitliivakivi, mis kõik peidavad endas erinevaid toormeid, mis võivad meile majanduslikult huvi pakkuda.

Joonis 14. Komplekt 2: väetis (foto: pixabay.com) – fosfor (foto: periodictable.com) – fosforiit – ringmajandus

Komplekt 3

- Oluline roll säästlikus autotööstuses on **autode** kaalu vähendamisel, sest kerged sõidukid vajavad liikumiseks vähem energiat.
- **Magneesium** on oma olemuselt väga kerge metall, mida saab kasutada erinevates tööstusharudes konstruktsioonide kergemaks muutmisel.



- Magneesiumi võime Eesti maapõues leida näiteks dolokivist, mis on **paekivi** üks erimitest. Paekivi on ehitusmaavara, mille karjäärid Harjumaal on ammendumas ja uute avamine kohalike vastuseisu tõttu keeruline.
- „Mitte minu tagaaias“ suhtumine, kus keegi enda kodu lähedale karjääri ei soovi, on üks maavarade kaevandamisega kaasnevaid sotsiaalseid probleeme.

TOORMETE KASUTUS

Autode tootmine on maailmas pidevas kasvutrendis, kuid üha suuremaid pingutusi tehakse selle sektori keskkonnasäästlikumaks muutmiseks.

Näiteks populariseeritakse üleminekut elektri-autodele ning samuti ühistranspordi kasutamist.

Oluline roll säästlikus autotööstuses on aga ka autode kaalu vähendamisel – kerged sõidukid vajavad liikumiseks vähem energiat, mistõttu tarbivad sise põlemismootoriga autod vähem kütust ning elektriautodel pikeneb aku ühe laadimiskorra sõiduulatus.

KRIITILISED TOORMED

Magneesium on metalliline keemiline element aatomnumbriga 12 ning see on lisatud Euroopa kriitiliste toormete nimekirja.

Magneesium on maakooses väga tavaline ning seda leidub enam kui kaheksa mineraali koostises. Magneesiumi leidub ka maailmameres, soolajärvedes ning see on oluline komponent nii taimsetes kui loomsetes organismides.

Oma olemuselt on magneesium väga kerge metall, mida saab kasutada paljudes erinevates tööstusharudes konstruktsioonide kergemaks muutmiseks.



GEOLOOGIA JA KESKKOND

Maavarade kaevandamisega kaasnevad sageli erinevad sotsiaalsed probleemid.

Levinud on suhtumine „mitte minu tagaaias“ – karjääri keegi oma õuele ei taha, küll aga soovitakse kasutada kaevandamise tulemusena saadud hüvesid, näiteks korras teed, nutiseadmed ja elekter.

Maavarade kaevandamine ei ole kohustus, see on võimalus. Võimalus, kus tuleb endale aru anda, et teedeehituseks vajalikke ehitusmaavarasid ei ole mõistlik importida sadade kilomeetrite kauguselt, kui need on meil siin endal olemas. Ja energiasõltumatu oleme saavutanud justnimelt tänu oma pika ajalooga põlevkivitööstusele.



EESTI MAAVARAD

Paekivi tekkis ligikaudu 470–370 miljonit aastat tagasi Ordoviitsiumi, Siluri ja Devoni ajastu merelises keskkonnas ning selles leidub rohkesti fossiile.

Dolokivi ja lubjakivi on paekivi erimid. Dolokivi karbonaatses osas domineerib magneesiumirikas mineraal dolomiit, lubjakivis aga kaltsiumirikas kaltsiit.

Paekivi on tuntud ehitusmaavara, mida on vaja eelkõige teedeehituses. Kõige kvaliteetsemat paekivi saab Põhja-Eestist Vao kihistu avamusalt. Täna on Vao kihistu paekivi varud Harjumaal karjäärides ammendumas, kuid uute karjääride avamine on looduskaitsealade ja kohalike vastuseisu tõttu tihti keeruline.



Joonis 15. Komplekt 3: autod (foto: unsplash.com) – magneesium (foto: periodictable.com) – paekivi – „mitte minu tagaaias“

Komplekt 4

- **Nutitelefoniidid** on palju erilisi omadusi, näiteks suured erksate värvidega ekraanid ja kaamerad, mis eeldavad nende tootmisel haruldaste metallide kasutamist.
- **Haruldasi muldmetalle** leidub maakooses madalates kontsentratsioonides.
- **Graaniit** on üks Eesti aluskorra kivimitest, milles võib leiduda haruldasi muldmetalle ja mida on sealt nüüd ka otsima asunud.
- **Geoloogilisi uuringuid** tehakse maavara arvele võtmise eesmärgil, kuid alati uuringutele kaevandamist ei järgne.



TOORMETE KASUTUS

Esimesed **nutitefonid** loodi juba 1990. aastatel, kuid populaarsuse saavutasid need alles aastal 2007, kui müügile tuli esimene iPhone.

Erinevalt tavalistest mobiiltelefonidest, mille kasutus põhineb eelkõige kõnedel ja tekst-sõnumitel, on nutitefonid väga mitmekülgsete võimalustega. Nutitefone iseloomustavad näiteks suured erksate värvidega ekraanid, kvaliteetsed kõlarid ja kaamerad, sisseehitatud navigeerimisrakendused, virtuaalsed assistendid ja multimeediarakendused. Varasemate mobiiltelefonidega võrreldes eeldavad kõik need nutitefonide omadused rohkem ja enamate haruldaste metallide kasutamist tootmisel.



KRIITILISED TOORMED

Haruldased muldmetallid on ühine nimetus 15 keemilisele elemendile. Hoolimata oma nimest ei ole muldmetallid tegelikult haruldased, küll aga esinevad need maakoos madalates kontsentratsioonides.

Haruldasi muldmetalle võib nimetada ka XXI sajandi kullaks. Alates 1990. aastate algusest on nõudlus nende järele järsult suurenenud. Üheks põhjuseks on erinevate nutiseadmete võidukäik ja interneti jõudmine tavakasutajani.



GEOLOOGIA JA KESKKOND

Viimastel aastakümnetel on kõlama jäänud väide, et riik on oma maapõue uurimise unarusse jättnud. Nüüd, kui Eesti riik on taas oma maapõue uurima asunud, on kõlama hakanud uus väide – kui juba uuritakse, siis kindlasti ka kaevandatakse.

Tööpolest, maapõueseaduse järgi on **geoloogiline uuring** maavara arvele võtmise ja kaevandamise eesmärgil tehtav geoloogiline töö, kuid sellegipoolest ei järgne uurimisele alati kaevandamine. Otsus maavara kaevandada põhineb palju enamal – olulisel on maavara kvaliteet, geoloogiline olukord, kaevandamis- ja töötlemistehnoloogiad, nõudlus ning sotsiaalmajanduslik mõju.



EESTI MAAVARAD

Graaniit on Eestis aluskorra kivim ning see paikneb maapõues mitmesaja meetri sügavusel. Looduses võime neid kivimeid näha rändrahnudena, mille on siia toonud põhjast (Soomest, Rootsist) mandriliustikud.

Graaniit koosneb peamiselt kvartsist ja päevakividest, kuid lisaks võib selles leiduda näiteks haruldasi muldmetalle. Samuti kulda ja hõbedat.

Aluskorra kivimeid uuriti Eestis möödunud sajandi teises pooles, kui toimus Põhja-Eesti kristalse aluskorra geoloogiline kaardistamine. Nüüd, 30 aastat hiljem, on taas alustatud aluskorra geoloogilisi uuringuid, et selgitada välja selle majanduslik potentsiaal.



Joonis 16. Komplekt 4: nutitefonid (foto: pixabay.com) – haruldased muldmetallid (foto: periodictable.com) – graniit – geoloogiline uuring

Kahekümne kaardi hulgas on ka neli eksitavat kaarti, mis ei sobi kokku omavahel ega sobitu hästi ka teiste komplektide juurde.

- Erinevalt teistest toormete kasutusala kaartidel välja toodud saadustest ei ole **mineraalvesi** toode, mille valmistamiseks on vaja kriitilisi toormeid. Mineraalvesi ise võib sisaldada erinevaid keemilisi elemente, sh kriitilisi toormeid (näiteks magneesiumi).
- **Kuld** on keemiline element ja hinnatud lihtaine, mida võib ka Eesti maapõuest leida (näiteks graniidist), kuid mis 2023. aasta seisuga ei ole kriitiliste toormete nimekirjas.
- **Põlevkivi** on majanduslikult Eestile väga oluline maavara, kuid selles ei leidu kaevandamisväärses koguses kriitilisi toormeid.
- Kuigi maa värisemine võib olla seotud ka maavarade kaevandamisega (näiteks lõhkamine), siis sellel kaardil on juttu **maavärinast** kui geoloogilisest sündmusest, mis kajastab sügaval maapõues toimuvat laamade liikumist.



TOORMETE KASUTUS

Looduslik **mineraalvesi** erineb joogiveest eelkõige iseloomulike mineraalainete poolest.

Näiteks Värskla mineraalvesi sisaldab olulisi maapõuest pärit mineraalaineid, nagu kaltsium, magneesium, naatrium ja kaalium. Kõik need elemendid on meile vajalikud, kaalium näiteks aitab hoida vererõhku normaal-tasemel, magneesiumi aga on vaja lihaste töö jaoks.

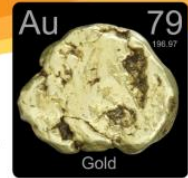
Kuigi looduslikul mineraalveel on palju tervisele kasulikke omadusi, siis selle liigtarbimine võib mõjuda hoopis negatiivselt – mitmete mikrobioelementide üleküllus organismis võib põhjustada tervisehäireid.



KRIITILISED TOORMED

Kuld on keemiline element aatomnumbriga 79, mis ühtlasi on ka lihtaine, mida tuhandeid aastaid on kasutatud kauplemisvahendina. Tänapäeval kasutatakse kuld peamiselt ehte valmistamiseks ja elektroonikas, kuid näiteks ka hambaravis.

Kuld on läikiv ja pehme väärismetall, mida maakoores leidub pigem harva. Eestis on kuld leitud näiteks Jõhvi puursüdamiku aluskorra kivimitest.



GEOLOGIA JA KESKKOND

Üldiselt arvatakse, et Eestis maa ei värise. Tegelikult on Eestis **maavärinad** täiesti olemas, kuid meie seisjoaamade võrk on liiga hõre, et neid kõiki tuvastada.

Teadaolev suurim maavärin Eestis on 1976. aastal toimunud Osmussaare maavärin magnituudiga 4,5, mida said tunda inimesed üle kogu Eesti.

Ehkki meie maavärinad on pigem väikesed, kõnelevad nad siiski aktiivsete maakoore rikete olemasolust ning võivad kajastada sügavas maapõues toimuvat laamade liikumist.



EESTI MAAVARAD

Põlevkivi tekkis ligikaudu 460 miljonit aastat tagasi Ordoviitsiumi ajastu merelises keskkonnas.

Põlevkivi koosneb kerogeenist ehk põlevast orgaanilisest aineist, mereloomade lubikodadest ja terrigeensest materjalist.

Eesti põlevkivitööstus on enam kui 100 aastat vana ning majanduslikult on põlevkivi Eestile väga oluline maavara. Selle üheks kasutusala on elektri- ja soojusenergia tootmine, millega oleme suutnud säilitada oma energiasõltumatuse.



Joonis 17. Eksitavad kaardid: mineraalvesi – kuld (foto: periodictable.com) – põlevkivi – maavärinad

Kui õpilased oma valiku ära põhjendavad, siis võib õigeks lugeda ka teistmoodi komplekteeritud kaarte.



VIITED

1. Ülgase looduskaitseala kaitsekorralduskava 2016–2025, Keskkonnaamet.
2. <https://eestifosforiit.ee/ajalugu>. 23.08.2023.
3. Raudsepp, R., 1997. Kümme aastat fosforiidisõjast, Eesti Loodus, 316–318.
4. Graptoliitargilliidi käitlemise juhend, 2020, Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere.
5. Aaloe, A., Bauert, H., Soesoo, A., 2006. Kukersiit – Eesti põlevkivi. MTÜ GEOGuide Baltoscandia, Tallinn.
6. Liira, M., Puhke, M.H., Paiste, P., Paaver, P., Külaviir, M., Mänd, K., Gaškov, M., Kiil, E., Kirsimäe, K., 2018. Eesti glaukoniitliivakivi K-termoväetise toormena I: glaukoniidi omadused ja töödeldavus, uuringuaruanne, Tartu Ülikool.
7. <https://www.mindat.org/min-1710.html>. 23.08.2023.
8. Suuroja, K., 2006. Põhja-Eesti klint. Eesti looduse sümbol, Keskkonnaministeerium.
9. Pirrus, E., Nestor, H., Soesoo, A., Linna, A., 2006. Vend ja Kambrium Eestis ning Lõuna-Soomes. MTÜ GEOGuide Baltoscandia, Tallinn.
10. Kask, A., 2006. Naissaare liivamaardla mäeeraldistest Naissaare 1 ja 2 kaevandamise keskkonnamõju hindamine, Tallinna Tehnikaülikool.
11. https://kodu.ut.ee/~jaakk/oppetoo/LOFY_02_018/Loeng%201.pdf. 23.08.2023.
12. Tamm, J., Liivamägi, S., Bauert, H., Hade, S., Kaasik, T., Kattai, V., 2018. Ehitusmaavarade levik, kaevandamine ja kasutamine Harju maakonnas. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere.
13. <https://www.transpordiamet.ee/eesti-teedevork>. 23.08.2023.
14. Transpordi ja liikuvuse arengukava 2021–2035, Transpordiamet.
15. Truus, L., Ilomets, M., Pajula, R., Purre, A-H., Sepp, K., 2018. Sood kliima võtmes. Tallinna Ülikool.
16. Pirrus, E., 2009. Eestimaa suured kivid. Suurte rändrahnude lugu, Tallinna Tehnikaülikool.
17. Study on the Critical Raw Materials for the EU, 2023 - Final Report.
18. https://screen.eu/wp-content/uploads/2023/03/SCREEN2_factsheets_PHOSPHATE.pdf. 23.08.2023.
19. Puura, I., 2012. Fosforiidi kaevandamise perspektiivid ja riskid Kingissepa maardla näitel, Eesti Loodus.
20. Pukkonen, E., 2017. Fosforiidiuuringud ehk mida selle all mõista. Eesti Geoloog.
21. https://screen.eu/wp-content/uploads/2023/03/SCREEN2_factsheets_VANADIUM.pdf. 23.08.2023.
22. Aosaar H., 2017. Sinu nutitelefoni räpane saladus, Eesti Geoloog.
23. https://screen.eu/wp-content/uploads/2023/03/SCREEN2_factsheets_LITHIUM.pdf. 23.08.2023.



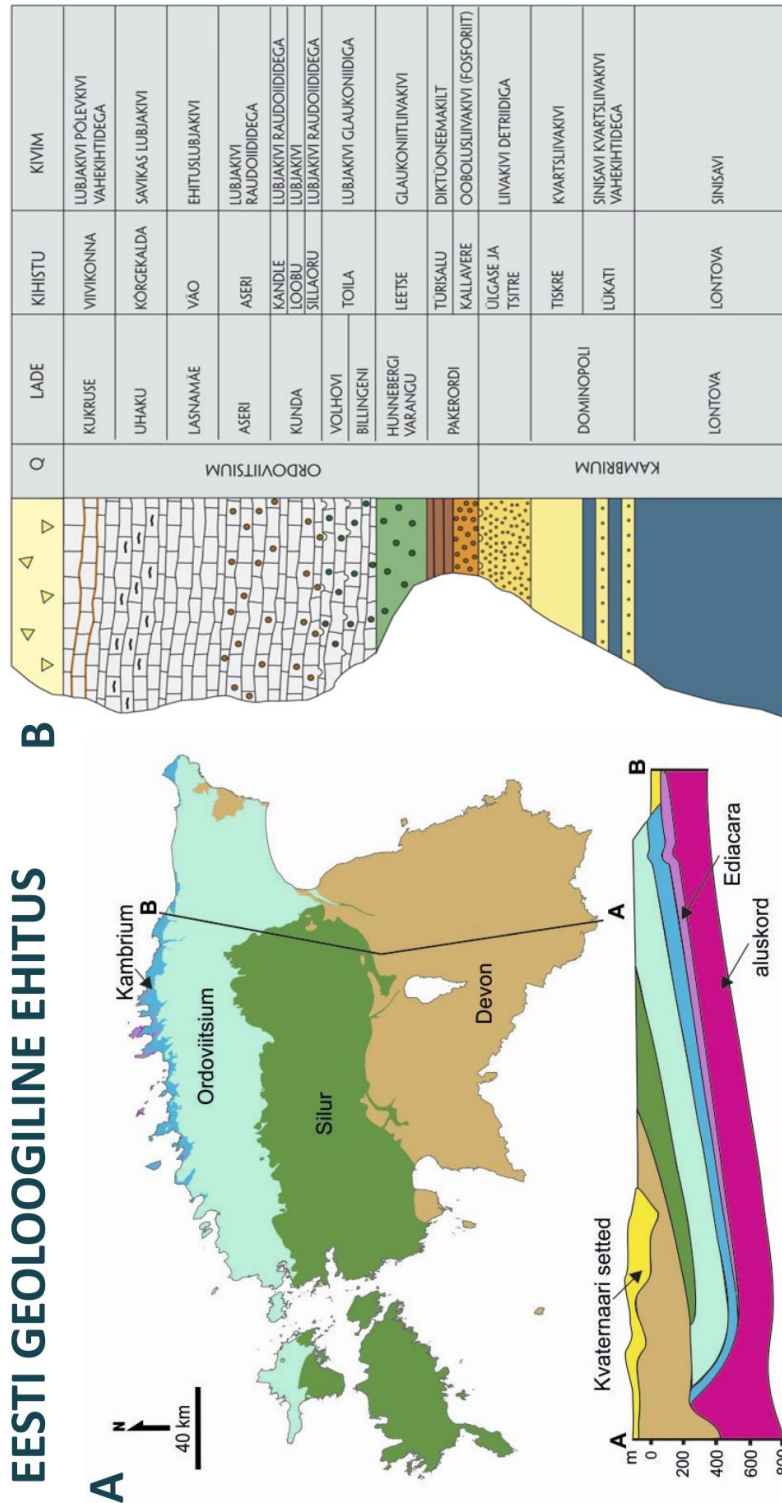
24. https://screen.eu/wp-content/uploads/2023/03/SCREEN2_factsheets_MAGNESIUM.pdf. 23.08.2023.
25. https://screen.eu/wp-content/uploads/2023/03/SCREEN2_factsheets_PGM.pdf. 23.08.2023.
26. www.Coca-cola.ee. 23.08.2023.
27. https://screen.eu/wp-content/uploads/2023/05/SCREEN2_factsheets_COBALT.pdf. 23.08.2023.
28. <https://www.rsc.org/periodic-table/element/24/chromium>. 23.08.2023.
29. https://screen.eu/wp-content/uploads/2023/03/SCREEN2_factsheets_HELIUM.pdf. 23.08.2023.
30. https://screen.eu/wp-content/uploads/2023/03/SCREEN2_factsheets_STRONTIUM.pdf. 23.08.2023.
31. Tammes, K., 2011. Kiviõli tuhamägi2. Wikimedia Commons. 23.08.2023.



LISAD



Lisa 1. Eesti geoloogiline ehitus ja läbilõige (A), Põhja-Eesti klindi geoloogiline läbilõige ning seal paljanduvad kivimid ja geoloogilised üksused (B)



<https://www.looduskalender.ee/klint/est/6.html>

EESTI GEOLOOGILINE EHITUS



Lisa 3. Euroopa Liidu kriitiliste toormete nimekiri 2023. aasta majandusliku tähtsuse ja varustusrisiki graafikul

