

6. Põlevkiviõli tootmisjäätmete käitlemisest

Enno Reinsalu, Ain Anepaio, Maris Leiaru

Eestis leidub kahte liiki põlevkivi: diktüoneemaargilliiti ja kukersiitpõlevkivi. Diktüoneemaargilliidi kasuliku aine, (orgaanika, kerogeeni) sisaldus on madal, alla 20% [1], mistõttu teda ei kasutata, kuid probleeme, millest edasises juttu on temaga. Kaevandatava kaeviselise peamisi parameetreid on energiaväärtus GJ m^{-2} , mis sõltub kihindi paksusest, kütteväärtusest ja põlevkivi ja lubjakivi kihtide tihedusest [2]. Eestis alustati põlevkivi kaevandamist 1916. aastal. Alguses kaevandati karjäärides, 1922. aastal alustati allmaakaevandamisega. Kamberkaevandamisega alustati 1960. aastatel [22].

Põlevkivi kaevandamisel ja töötlemisel on tekkinud suures koguses mitmesuguseid jäätmeid. Kaevandamisjääk, vähesel määral põlevkivi sisaldav lubjakivi on neutraalne, kuid mõningatel juhtudel on kuumenenud põlemiseni. Elektri tootmisjääd – mitut liiki tuhad on mõõdukalt ohtlikud. Põlevkiviõli tootmisjääk, peamiselt poolkoks on osutunud ohtlikuks.

Rikastusjäädide puistangud on aidanud kaasa Kirde – Eesti maastiku muutumisele, on tekkinud tehismäed, uued mikroreljeefid loodusliku ja tehniliku struktuuriga [11].

Põlevkivi utmisel õliks ja gaasiks tekib tahke jääk üldnimetusega poolkoks. Alates 1921. aastast, kui alustati õli tootmist, on poolkoksi kogunenud mitmetesse puistangutesse ligikaudu 90 mln t [15]. Kohtla-Järve (nüüd VKG) põlevkivitööstuse tahkete jäätmete puistangus, mille maht üle 70 mln t, tekkis korrastamise käigus tehniline probleem – ühe puistangu materjali teisaldamisel avanes kuumenemiskolle ja selles avanes kõrge temperatuuriga tühemik (Joonis 6-2 Avanenud kuumenemiskolle). Situatsiooni hindas ja mõõtis IPT Projektijuhtimine OÜ. Seejuures määrati kõrge temperatuuriga tsooni umbkaudesed mõõtmed ja maht. Hinnanguliselt tuleb korrastatud ala lõpp-profiili saavutamiseks teisaldada suurem osa kuumast materjalist. Kuid osa kriitilisest materjalist jääks tasandatud ala profiili sisse, mis, kui seda ei eemaldata, tuleks katta korrastusprojektis ette nähtud materjalidega. Kõikide eelduste kohaselt ei oleks see mõistlik ja edasiseks tegevuseks tuleb otsida erilahendusi.

Käesoleva aasta 8. mail toimus situatsiooni hinnang kohapeal. Vaatluse kaart, (vt Joonis 6-3 2012. 8. 05 vaatluse kaart. Punane joon – marsruut, punased täpid – objektid, sinised täpid – geotehnilise uuringu puuraukugud, kus oli mõõdetud temperatuuri.). Nähtud kuumenemiskolde ava kujutas endast võlvja laega koobast (Joonis 6-2 Avanenud kuumenemiskolle). Võlvi moodustas tsementeerunud sõmer materjal, mille päritolu pole teada. Nähtust võib nimetada tehnogeense lasundi pseudokarstiks (termokarstiks). Olukorra visuaalne hinnang annab aluse hinnata töö selles piirkonnas ohtlikuks, sest:

- astangu nõlvad ei ole stabiilsed, nende püsivust mõjutab erisugune struktuur ja peatumatu termiline protsess
- astangu lagi ei ole püsiv, võimalik on masinate vajumine põlengualasse

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

- kuumenemiskolde avamine aktiveeris protsesse: tõusis temperatuur ja kasvas gaasieritumus

Termilised protsessid põlevat ainet sisaldavates puistangutes on teadaolev nähtus. Eelmise sajandi kaheksakümnendatel aastatel põles Maardu fosforiidikarjääri katendikivimite vaaludes orgaanikarikas püriiti sisaldav savikivi (teaduslik nimetus graptoliitargilliit, kõnekeeles diktüoneema(kilt)) [6]. Orgaanilise aine sisaldus Maardu savikivis on ligikaudu 15% ja kütvus kuni 7 MJ/kg. Kivim süttis, sest seda oli puistatud suurtesse õhule avatud kuhilasse. Katsed summutada põlemist kuunenud kivimi ekskaveerimisega ainult ergutas põlemist. Protsess aeglustus pärast puistangute moodustamise tehnoloogia muutmist. Käesolevaks ajaks on Maardu lahtised kuhilad läbi põlenud ja sügavamad on uppunud karjääris vee all.

Kohtla-Järve poolkoksipuistangute materjalis on põlevat ainet kohati rohkem kui Maardu savikivis. Eesti põlevkivi sisaldab kolme koostisosa: kergestisüttiv, tuhk ja karbondioksiid [4]. Üldiselt võetakse selle hindamisel aluseks püstgeneraatorites (nn Kiviter-protsess) tekkinud poolkoksi keskmine orgaanikasisaldus, mis on kuni 8% [15]. Sellisele orgaanikasisaldusele vastab kütvus 2,8 MJ/kg. Kuid on teada, et 1947...87 töötanud kamberahjude koksis oli orgaanikat keskmiselt 16%, 5,6 MJ/kg [6]. Millisesse puistangusse ja millisesse puistetsooni läks kamberahjude poolkoks, pole olnud võimalik teada saada. Eeltoodud on keskmised arvud. Tegelikult võib poolkoksipuistangutes leida osiseid, mille orgaanikasisaldus küündib üle 30% (Joonis 6-4 Põlevkivi näidised Kohtla-Järve poolkoksimaelt [13]., [3]). See on sama suur kui töötlemata toormel, kõrge kütvusega tükilisel põlevkivil. Kõrge orgaanikasisaldusega jäägid jõudsid puistangusse, kui utmis- ja/või gaasistamisprotsess oli ebastabiilne, kui oli tõrkeid, avariilisi seisakuid. Ebastabiilsust ja tõrkeid võis esile kutsuda ebaühtlane materjali tükisus [7]. Töötlemata või pooltöödeldud põlevkivi sattus puistangusse ka generaatorite käivitamisel ja seiskamisel (erialainimeste suuline teave). Kõigele lisaks ei ole välistatud, et jäätmete hulka on puistatud muid põlevaid tahkeid osiseid, näiteks õlikoksi praaki jmt. See kõik tähendab, et poolkoksi puistangutes võib esineda suure termilise potentsiaaliga materjali kogumeid. Sellised ekstremaalsed materjalikogumid on lokaalsed ja nende paiknemise ennustamine on raske.

Puistamisel ja sellele järgnenud veega uhtmisel toimus materjali sorteerimine. Põlevkivi ja fosforiidi karjääride korrastamise praktikast on teada, et vaalude vahele moodustuvad kõrge veejuhtivusega mattunud kanalid. Kindlasti on see nii ka poolkoksipuistangute alal. Kui sellised kanalid ulatuvad põhjavee tasemest kõrgemale, toimivad nad õhukanalitena. Sellised lineaarsed moodustised võivad olla tekkinud puistangu telgede suunas. Samas, kui pikendati puistangumoodustajat (estakaadi, kõisteed), võisid suuretükilisest materjalist moodustuda puistangu teljega risti paiknevad lokaalsed moodustised. Puistangute moodustamine on toimunud seitsmekümne aasta jooksul. Hetkel ei ole ilma põhjaliku andmekaeveta [8] võimalik tuvastada põhjusi ega isegi loogikat, miks korrastatavate puistangute struktuur on just selline, nagu ta on. Ainukene, mida võib kaardimaterjali alusel väita, on et poolkoksi

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

puistangud lasuvad mineraalpinnasel ja põlevkivilasundit nende all ei ole. Välistatud ei ole oletusliku Kohtla-Järve rikkevööndile kaasnev karst.

Suure määramatuse tõttu ei ole termilise potentsiaaliga materjalikogumite paiknemine ega maht tuvastatavad ega ennustatavad. Põlevkivijääkide termilisele stabiilsusele ei tule kasuks ka orgaanilise aine (kerogeeni) ja utmisel tekkiva õli (tõrva) kõrge hapnikusisaldus. Võib oletada, et pikaajalisel lagunemisel võib see asjaolu pikendada termilist protsessi ilma välise hapnikuta.

Esialgne järeldus – kuna pole teada, kui mahukas on materjali siirdamisel avastatud kuumenemiskolle ja milline on tema soojuslik potentsiaal ning on teada, et selle avamine ergutab protsessi, siis tuleb edasises kasutada erimeetmeid.

Kivisöe kaevanduse tulekahjud on tekkinud looduslikes kivisöe kihtides ja paljandunud kihtides, samuti söe ladustamise ja jäätmete ladestamise paikades [5]. Suurimad ja vanimad kaevanduse tulekahjud on aset leidnud Hiinas, USA-s ja Indias [10]. Söepõlengud viivad väärtusliku kivisöeressurssi kadumiseni, põlengud emiteerivad kasvuhoone- ja mürgised gaase, halveneb taimestiku seisundi ja kogu elukeskkond [5]. Meetodid, millega saab võidelda söekaevanduse tulekahjude vastu on pulbi ja tuha injektatsioon, pinna ja tunneli katmine, vee ja vahutehnoloogia [10].

Mäenduse praktikas esineb puistematerjali maa-alust põlemist kui ka allmaapõlenguid kõige sagedamini pruunsöe, aga ka kivisöe ning sulfiidse maagi kaevandamisel. Kuumenevad ja süttivad nii karjäärid kui ka laod ja puistangud. Kõige tõhusam vahend allmaa- ja maa- aluse tulekahjuga võitlemisel on kollete isoleerimine ja täitmine inertse tarduva materjaliga. Antud juhul, VKG vanades jäätmepuistangutes, võiks võitlus maa-aluse põlenguga toimude tarduva täitematerjali kasutamisega, tehes seda kolmes etapis:

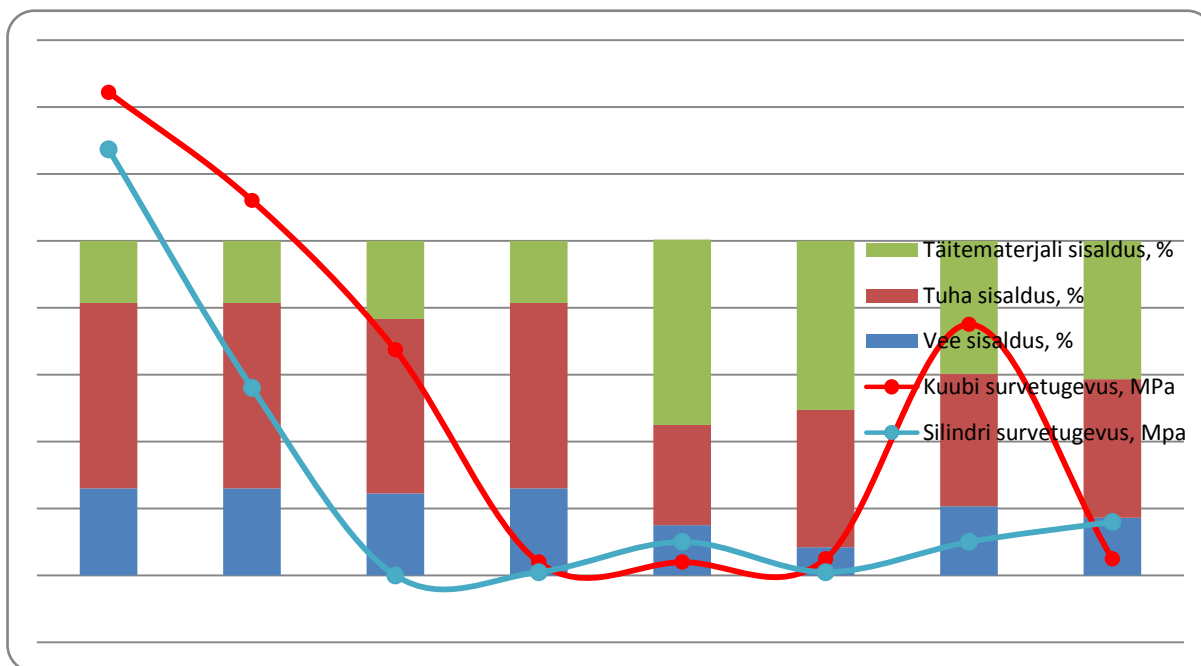
- 1) kolde piiritlemine järjest läheneva geotehnilise puurimisega
- 2) täitesegu süstimine (injekteerimine) võimalikesse õhukanalitesse ja lõhelisse tsooni õhu juurdepääsu tõkestamiseks
- 3) kuumade tühemike täitmine tarduva seguga protsessi jahutamiseks ja ala stabiliseerimiseks.

Selle töö tulemusel peaks protsess häabuma nii õhu juurdevoolu vähenemise kui ka kuumenemiskolde jahutamise toimet. Teised võimalikud meetmed, nagu kolde jahutamine veega, tühemike varistamine õhkimisega või isegi sulundseina rammimine puistangusse soovitamiseks ei ole piisavat alust. Teatavasti ei andnud tulemusi 1988. a süttinud Kukruse aherainemäe veega jahutamine. Õhkimine, isegi kui saadaks luba lõhketöö teostamiseks töötava tehase vahetus läheduses paikneva kuuma ja teadmata koostisega gaase eritavas materjalis, ainul suurendab hapniku juurdepääsu hõõgumiskolletele ja võib tekitada uusi. Sulundseina rammimine kuiva, kivistunud poolkoksi ei tundu olevat võimalik.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Tarduvaks seguks oleks meie arvates kõige käepärasema materjali – VKG tahke soojuskandjaga utteseadme tahke jäägi pulp. Seejuures parima tulemuse annab tardudes paisuv segu. TTÜ mäeinstituudis tehtud laboratoorsete katsete alusel leiti, et suure tuhasisaldusega katsekehad paisusid kuivades tingimustes 2-3% ja märgades oludes 10-12%. Katsetatud segude koostis ja saadud katsekehade survetugevused on näidatud Joonis 6-1 Segude koostis ja katsekehade survetugevus. Katsekehade survetugevus leiti pärast seitse ööpäeva kestnud tardumist. Katsesegud, mille veesisaldus üle 20% mahumassist olid väga voolavad, mis hõlbustab nende süstimist tulekoldesse ja jahutab ka põlengu kaugemaid tsoone. Joonis 6-1 Segude koostis ja katsekehade survetugevustoodud segu 7 on tehtud 1990. aasta katsetulemuste põhjal, 50% täitematerjali, 50% tuhka ja 17% vett Tabel 6-1. Segu on voolav ning sobib põlemiskollete täitmiseks [1].

Uuringud on näidanud et Eestis sobib kaevanduste täitmiseks segu, mis koosneb põlevkivituhast ja liivast (flotoliiv, paekiviiliiv) [2].



Joonis 6-1 Segude koostis ja katsekehade survetugevus

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: AR12007 – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine ja projektiga, AR10127 – Tuhk - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusala alused, VIR491 - MINNOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas ja DAR8130 – Energia ja geotehnika doktorikool II.

Viited:

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

1. Adamson, A. (1990) Отчет исследование вариантов управления горным давлением с закладкой выработанного пространства отходами промышленности. АМ – 8017/2. Tallinn (lk 18)
2. Adamson, A, Reinsalu E., Juuse, L., Valgma, I. (2007). Sustainable phosphate rock mining
3. Eesti Keskkonnauuringute Keskus (EKK), 2003. Poolkoksi keskkonnaohtlikkuse määramine. Aruanne, 85 lk.
4. K Koitmets, E Reinsalu, I Valgma. (2003) Precision of oil shale energy rating and oil shale resources.
5. Kuenzer, C., Stracher, GB. (2012) Geomorphology of coal seam fires. GEOMORPHOLOGY. Germany
6. Puura, E., Neretnieks, I., Kirismäe, K. (1999) Atmospheric oxidation of the pyritic waste rock in Maardu, Estonia. 1 field study and modelling. Environmental Geology, Vol 39, No. 1
7. Põlevkivist nostalgiliselt 7. (22.04.2012).
http://maavara.blogspot.com/2011/11/polevkivist-nostalgiliselt_27.html
8. Reinsalu, E. (2005). Oil Shale industry in Estonia at a crossroads
9. Reinsalu, E. Valgma, I. 2007. Oil shale resources for oil production, Oil shale, Vol. 24, No. 1 pp. 9–14
10. Stracher, GB., Taylor TP., (2004). Coal fires burning out of control around the world: thermodynamic recipe for environmental catastrophe. International Journal of Coal Geology. USA
11. Toomik, A., Liblik V., (2008). Oil shale mining and processing impact on landscapes in north-east Estonia. Landscape and Urban Planning
12. Valgma, I. (2003). Estonian oilshale resources calculated by GIS method.
13. Valgma, I., Karu V., Viil, A., Lohk, M.,(2007). Oil Shale Mining Developments in Estonia as the bases for sustainable power industry. Doctoral school of energy- and geo-technology. Estonian Academy Publishers
14. Vali, E. Valgma, I. Reinsalu, E. (2008). Usage of Estonian oil shale
15. Veski. R. 2005. The volumes of spent oil shale from Estonian oil-shale processing units in 1921–2002 Oil Shale, 2005, Vol. 22, No. 3.Pp. 345-357.

Lisa. Illustratsioonid



X 683157; Y 6587606

Joonis 6-2 Avanenud kuumenemiskolle



Joonis 6-3 2012. 8. 05 vaatluse kaart. Punane joon – marsruut, punased täpid – objektid, sinised täpid – geotehnilise uuringu puuraukugud, kus oli mõõdetud temperatuuri.



Joonis 6-4 Põlevkivi näidised Kohtla-Järve poolkoksimaelt [13].

Tabel 6-1 Segude koostised.

Segud	Vee sisaldus, %	Tuha sisaldus, %	Täitematerjali sisaldus, %	Kuubi survetugevus, MPa	Silindri survetugevus, MPa
segu 1	26%	55%	19%	1,444	1,27
segu 2	26%	55%	19%	1,121	0,5605
segu 3	24%	52%	23%	0,6745	0
segu 4	26%	55%	19%	0	0
segu 5	9%	45%	55%	0	0,4
segu 6	8%	41%	51%	0,13	0,0001
segu 7	21%	40%	40%	0,7505	0,52
segu 8	17%	41%	41%	0,05	0,16