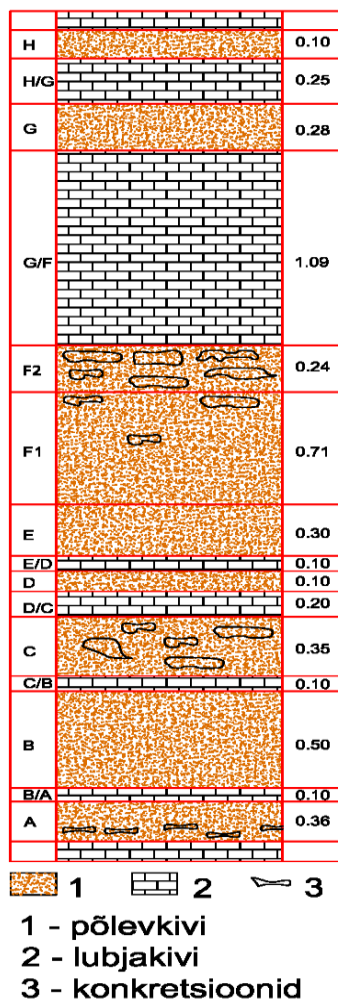


10. Põlevkivi kaod

Lembit Uibopuu, Martin Saarnak, Ingo Valgma

Maavara on maakoos leiduv looduslik orgaaniline või anorgaaniline (mineraalne) aine, mida on võimalik majanduslikult kasutada [23, 1, 15]. Üks maavaradest Eestis on põlevkivi, mille varu hinnatakse ligikaudu 4,8 miljardit tonni [8, 25]. Maavara väärtus, sealhulgas ka põlevkivil, sõltub selle nõudlusest. Geoloogiliste uuringutega määratakse maavara kaevandamisväärsus ja võetakse varuna arvele. Maavara varu registri hoidmise, varu arvele võtmise ja arvelt mahakandmisega tegelevad seadusega ettenähtud riigiametid.



Joonis 10-1 Eesti põlevkivi kihindi läbilõige [2]

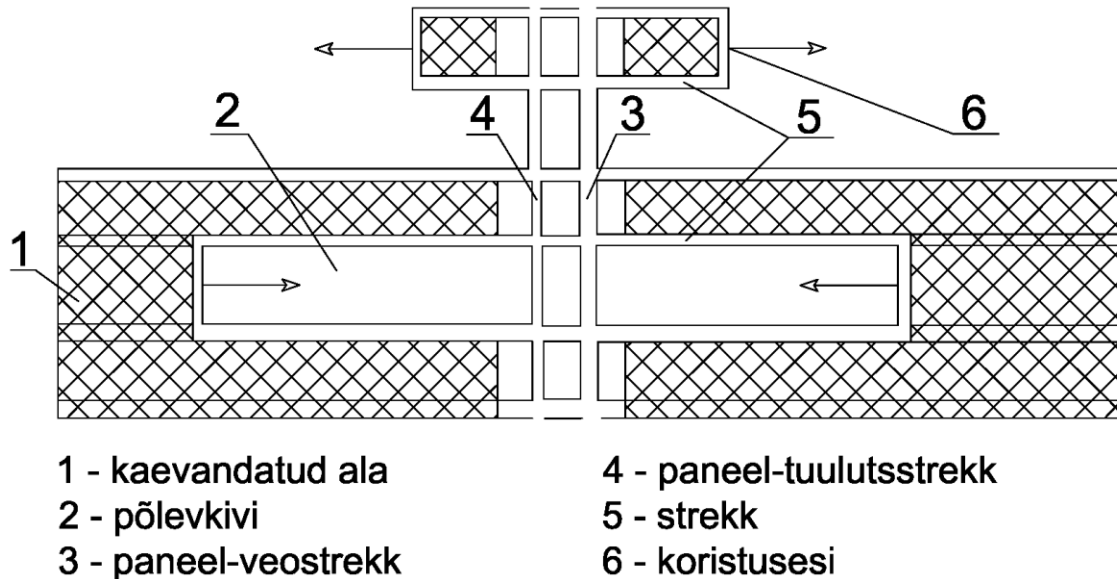
Põlevkivi võeti Eestis kasutusele I Maailmasõja ajal kütusena majapidamises, tsemenditööstuses, elektrijaamas ja tehaste katlamajades. Hiljem hakati põlevkivi kasutama gaasivabrikus valgustusgaasi tootmiseks ja auruvedurite kütusena. Peale I Maailmasõda arendati välja põlevkivi õlitööstus nii riigiettevõttena kui ka rahvusvaheliste erafirmade poolt, mis kasutasid õli utmiseks erinevaid meetodeid. Esimestel aastatel osutusid kaevandamisvääreks kihind A-E (Joonis 10-1), mille põlevkivikihtide kütteväärtus oli 10-15 MJ/kg kohta.

Esimese põlevkivikaevanduse rajamist alustati 1917. aastal, kuid revolutsiooni segaduste ja sõja tõttu sai pidev tootmine alata alles 1919. aastal avakaevandamisega [6]. Majapidamises ahjude kütmiseks kasutatava põlevkivi tükid pidid olema küllalt suured ja aherkivimi vabad. Tööstuses katelde kütteks kasutatavale põlevkivile olid nõuded tagasihoidlikumad ja elektrijaamades võis vastava katla korral kasutada peenpõlevkivi.

Põlevkivi kaevandamiskaod 1919-1960

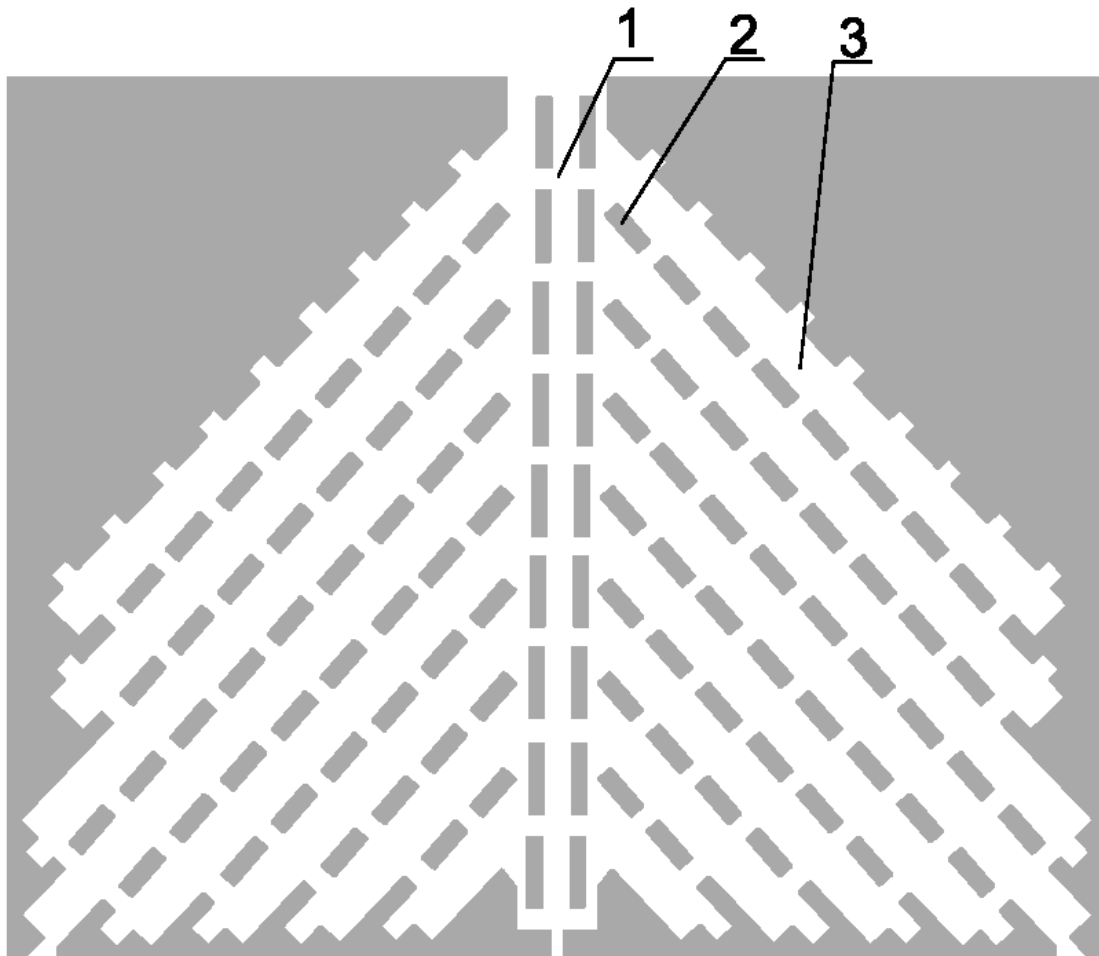
Maavara kadu on kasutuskõlbmatuks muutunud arvel olnud maavara. Avakaevandamisel käsitsi põlevkivi väljamisel praktiliselt kadusid ei olnud. Allmaakaevandamisel tekkisid kaod talude majandamisala (ehitised, aed ja õueala) alla jäetavatest hoidetervikutest. Allmaakaevandamisel väljati ainult kihindit A-E, kusjuures F kiht jäeti lakke kahel põhjusel (1919 – 1944):

- 1) F kihis oli palju lubjakivikonkretsioone ja madal kütteväärtus (9 MJ/kg), mis õli tootmiseks ei kõlba.
- 2) Paarisstrekkidega kaevandamisel (Joonis 10-2) kasutati maapinna säilitamiseks kaevandatud ala täielikku aherainega täitmist. Juhul, kui oleks väljatud F kiht, oleks tulnud samas mahus täitematerjali maa pealt kaevandusse viia.



Joonis 10-2 Paarisstrekidega kaevandamisviis [4]

Katsetööde käigus arendati välja minimaalsete pindalakadudega paarisstrekidega, päri- ja vastukaevandamise (lank- ja umb-, advancing-and-retreating) kaevandamisviisi. Pärast paneelivälja väljatöötamist likvideeriti ka paneelstrekide hoidetervikud. Niisugust kaevandamisviisi kasutasid nii riiklikud kui ka erafirmadele kuuluvad kaevandused kuni kamberkaevandamise kasutuselevõtmiseni (Joonis 10-3). Paarislaavadega pikaae kaevandamisviisi (Joonis 10-4) kasutuselevõtmisega allmaatöödel, kus kasutati soonimismasinat ja kraapkonveierit, kadude hulk oluliselt ei suurenenud.

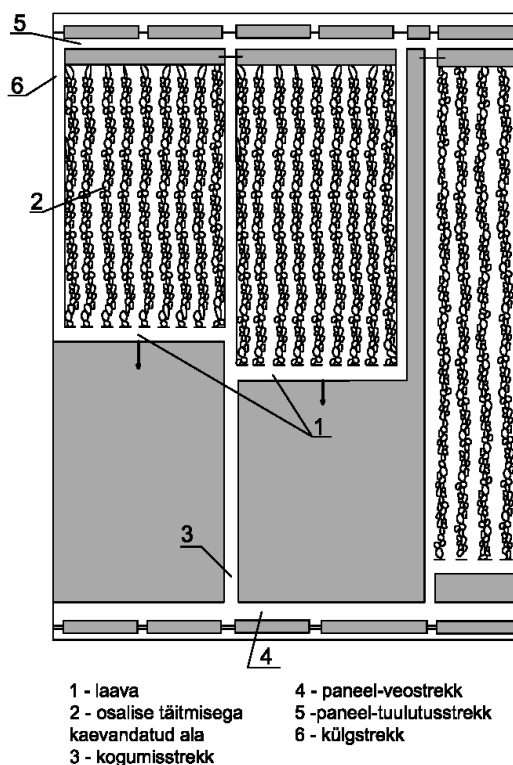


1 -kogumisstrekk

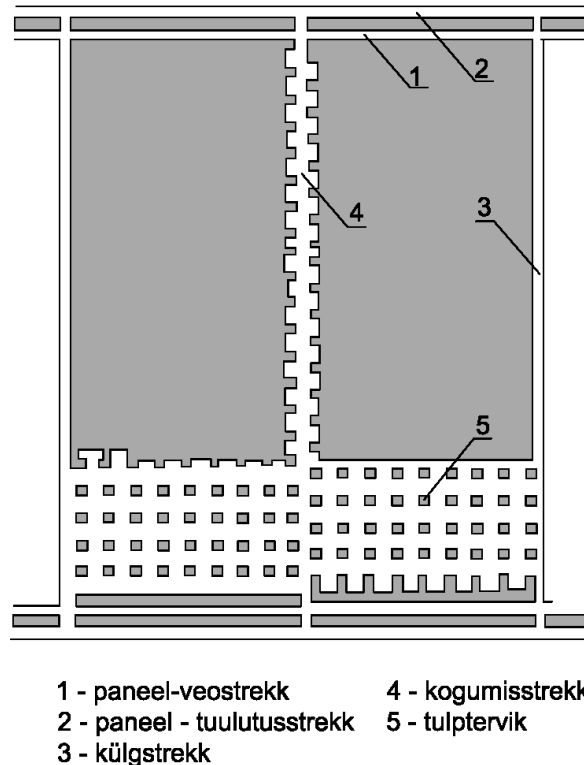
2 - tervik

3 - kamber

Joonis 10-3 Linttervikutega kamberkaevandamisviis [18]



Joonis 10-4 Paarislaavadega pikkesi kaevandamisviis [18]



Joonis 10-5 Tulptervikutega kamberkaevandamisviis [18]

1957. aastal alustati kaevanduses nr-2 kamberkaevandamise katsetustega, kus väljati kihind A-F, kus kasutati laadimismasinaid ja toestamiseks ankurtoestikku. Kogu väljatud kaevis sorteeriti maa peal. Kui varem F kihti ei peetud kaevandamisväärseks, siis uute soojuselektrijaamade kasutuselevõtuga võis kasutada ka madala kütteväärtusega (9MJ/kg) ja lubjakivikonkretsioonide rikast F kihti elektrienergia tootmiseks. Nii loetigi F kiht kaevandamisväärseks ja selle väljamata jätmine loeti kadude hulka. 1965. aastal hakkas tööle 1400 MW Balti Soojuselektrijaam (SEJ) ja 1973. aastal 1600 MW Eesti SEJ. Nende varustamiseks põlevkiviga mindi ka teistes kaevandustes üle kamberkaevandamisele, samuti rajati uued kaevandused - Viru kaevandus 1965. a. ja Estonia kaevandus 1975, kus kasutati kamberkaevandamist ja kaevis rikastamist maapealsetes rikastusvabrikutes. Samuti rajati karjäärid Sirgala 1963., Narva 1970. ja Aidu 1974. aastal.

Kui karjäärides käsitsi kaevandamisega põlevkivi kadusid ei esinenud, siis mehhanismide kasutuselevõttuga olukord muutus. Uutes suurtes karjäärides väljati kihind B-F kolmes järgus:

- I all-aste (alaastang) E-F põlevkivikihid paksusega 1,1-1,2 m (kütteväärtus 9,0-9,1MJ/kg)
- II all-aste 0,45 m paksune lubjakivi koos D põlevkivikihiga tõsteti puistangusse ja läks kadudesse.
- III all-aste B-C põlevkivikihid paksusega 1,0-1,2 m (kütteväärtus 12,8-13,1MJ/kg). Väljamata jäi ka A põlevkivikiht.

Põlevkivi kaevandamise järelvalvet ja kaevandamisväärse põlevkivi arvestamist on teostanud erinevad ametiasutused. 1919-1944 oli selleks Kaubandus ja Tööstusministeeriumi (Majandusministeeriumi) juures olev Mäeamet. ENSV-s olid selleks Ministrite Nõukogu juures olev Riikliku Tehnilise ja Mäejärelvalve Valitsus ja Geoloogia Valitsus. Kuni geoloogi ametikoha loomiseni markšneideriosakondades 1965. aastal kuulus markšneideriteenistuse ülesannete hulka ka maavara varu sihtotstarbelise kasutamise arvestus, kontroll ja aruandlus. Kuni 1965. aastani oli varuna arvel kogu A-E kihindi põlevkivikihtide varu. 1965. aastal arvutati põlevkivi varud ümber puhta, ehk suletistevaba varuna (iga kukersiidikihi paksusest lahutati lubjakivimugulate paksuse osa), mis kanti Üleliidulise Varude komisjoni (ÜVK) bilanssi. 1966. aastal tuli trustil Eesti Põlevkivi koostada kaevanduste jaoks ekspluatatsiooniliste põlevkivikadude normatiivid. Need olid: paarislaavade pindalakaod 5,9%, paksusekaod 33,6%, kokku 39,5%; tulptervikutega kamberkaevandamise (Joonis 10-5) pindalakaod 27,4%, paksusekaod 5,9%, kokku 33,3%; linttervikutega kamberkaevandamise pindalakaod 23,8%, paksusekaod 6,1%, kokku 29,9%. Kadude normatiiv avakaevandamisel kihindi osaliselt selektiivsel väljamisel kolmes astmes oli 24,4% [4].

Tabel 10-1 Mitmesugused kaevandamise kaod aastal 1982 [17]

Näitajad	Koristustööde tehnoloogiad			
	Kamberkaevandamine		Kombainkaevandamine	
	Tulptervikutega	Kamberlaavad	Lausväljamine	Kahe kihiline väljamine
Väljatavad kihid	A - F _H	B - F _H	B - F _H	A - C + D - F _B
Energiakadu %	31	33	26	18
Kaubapõlevkivi kütvus Q _p ^H MJ/kg	9,39	9,72	8,88	9,26

Kadude vähendamiseks kamberkaevandamisel korraldas TPI mäekateeder katsetöid Ahtme, Viru ja Estonia kaevandustes [22, 13, 19].

Piiritingimusena limiteeriti kihindi minimaalne paksus (üle 1,4 m) ja mäemassi minimaalne kütteväärtus 1450 kcal/kg ehk 6,07 MJ/kg (Tabel 10-1). Majandusministeeriumi 8. jaanuari 1988a. määrusega oli kaevanduse geoloogide ülesandeks järgmised tööd: rikketsoonide (karsti, tektoonilised rikked) fikseerimine, kaevandatud kihindi paksuse ja põlevkivikihindi tootlikkuse (tootluse) määramine. Geoloogiliste tööde ja uuringute kohta oli ette nähtud ettevõtja poolt järgmiste dokumentide pidamine: Maavara varu liikumisega seotud arvutusmaterjalid ja aruandlus, maavara kulude arvutus ja aruandlus, kasuliku kihindi tootlikkuse arvestus, kihi ja karstisoonide joonised, mahukaalude arvestus jne. Geoloogiateenistuse esmaülesannete hulka on kuulunud meetmete väljatöötamine ja rakendamine vältimaks maavara põhjendamatu kadu [5], kaeveväljade valikulist kaevandamist, maavara põhjendamatu, samuti maavara mahakandmise põhjenduste ja statistiliste aruannete koostamine ja esitamine [16]. 1990.a. loodi Eesti Maavarade Komisjon, kes tegeles maavarade arvelevõtmise, mahakandmise ja muude talle otsustada antud ülesannetega.

2001. aastal otsustati Sompa kaevandus sulgeda ja kaevevälja piires ettevalmistatud ligi 6 miljonit tonni põlevkivi jätta kaevandamata. Samalaadne otsus tehti ka seoses Kohtla kaevanduse sulgemisega. Niisugust teguviisi võib nimetada röövkaevandamiseks, muutes mõttetuks kallid uuringud ja bürokraatlikud nõuded asjaomaste ametiasutuste poolt. 1997. a kinnitati maavara põhikriteeriumiks tootsa kihindi A-F1 energiatootlikkus, mis on kõigi kihtide paksuste kütteväärtuste ja mahumasside korrutiste summa, sisaldades varemkasutatud kriteeriume TTÜ Mäeinstituudi poolt väljatöötatud majanduslike kriteeriumide alusel [4]. 1970ndatel pöörati suurt tähelepanu kadude vähendamisele ja viidi läbi sellesuunalisi teaduslikke uurimistöid. Tänapäeval võtavad põlevkivi elektrijaamad Narva karjääri toodangu vastu ilma sorteerimata reapõlevkivina.

Põlevkivi kadude suurus sõltub riigi poolt kehtestatud seadustest ja määrustest, kasutatavatest kaevandamisviisidest, mäemasinatest [27] ning põlevkivi tarbijatest [26]. Maavarakadude optimeerimine on aktuaalne paljudes maailma piirkondades [3, 11]. Põhilised meetodid, millega praegu soovitakse kadu optimeerida, on kaevanduste täitmine ja kõrgselektiivne väljamine [7, 14, 20, 21]. Kadu soovitakse vähendada maksusüsteemi karmistamisega, samas suurendab kadu keskkonnanõuete karmistamine [10, 12, 24, 27].

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp ja B36 Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine KIK14033 Põlevkivi altkaevandatud alade stabiilsuse hindamine [8].

Viited

1. Adamson, A.; Reinsalu, E.; Uibopuu, L.. About the outset of mining in Estonia. *Oil Shale*, 12(1), 79 - 86. 1995
2. Allik, A. „Štangovaja krep na slantsevõh šahta“ *Nedra*, lk 6, 1964
3. Diering, DH; Andersen, DC; Langwieder, G; Smith, G. L. The basic resource equations (BRE and BR2RE)- a new approach to the definition and reconciliation of mineral resources and reserves at Anglo American Platinum Ltd. *Journal of the southern african institute of mining and metallurgy*. Volume: 113 Issue: 3 Pages: 171-179. 2013
4. Gacicov, M.; Allik, A. „Slantsedobõvajuštšaja promõšlennost Estonskoi SSR“ *Ugletehucdat*, Moskva lk. 75 1959
5. Jürgenfeldt, G. Geoloogia-markšeideriteenistus Eesti Põlevkivis aastatel 1944-2000. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis. *GeoTrail KS*. 2008
6. Kaevandused. <http://mi.ttu.ee/kaevandus/> Mäeinstituut. 2014
7. Karu, V.; Rahe, T.; Närep, E.; Väizene, V.; Costa, J. (2013). Pilot Unit for Mining Waste Reduction Methods. *Environmental and Climate Technologies*, 39 - 44.
8. [Maavarade koondbilanss 2013](#) . Maaamet. 15.10.2014
9. Mäeinstituudi projektid. <http://mi.ttu.ee/projektid/> Mäeinstituut 2014
10. Orru, M.; Väizene, V.; Pastarus, J.-R.; Sõstra, Y.; Valgma, I. (2013). Possibilities of oil shale mining under the Selisoo mire of the Estonia oil shale deposit. *Environmental Earth Sciences*, 1 - 11.
11. Owen, JR ; Kemp, D. Social licence and mining: A critical perspective. *Resources policy*. Volume: 38 Issue: 1 Pages: 29-35. 2013
12. Pastarus, J.-R.; Systra, Y.; Valgma, I.; Kolotogina, L.; Anepaio, A.; Vannus, A.; Nurme, M. (2013). Surface mining technology in the zones of tectonic disturbances, Estonian oil shale deposit. *Oil Shale*, 30(2S), 326 - 335.
13. Pastarus, JR. Analysis of the roof and pillar design in Estonia's oil shale mines. *Oil Shale*, 15(2), 147 - 156. 1998
14. Pototski, A.; Pastarus, J.-R. (2011). Вторичное использование сланцевой золы. Проблемы недропользования. Санкт-Петербургский Государственный Горный Институт, 191, 180 - 182.
15. Reinsalu, E. „Mäemajandus“. TTÜ Mäeinstituut. 1998.
16. Reinsalu, E. „Poteri gorjutšego slantsa pri dobõtše ekonomitšeskie metodõ ih sniženia“ (Põlevkivi tootmiskaod ja majanduslikud meetodid nende vähendamisks) *Ajakiri Gorutšie slantsõ Oil Shale*, 5/3, 1988. a.
17. Reinsalu, E. 1982 Tehniko-ekonomitšeskie aspekt sniženija potjer gorjutšego slantsa pri dobõtše. *Kogumikust „Puti sniženija poter slantsa pri dobõtše“ (Põlevkivi tootmiskadude vähendamise teed) Teadusasutuste artiklite kogumik vene keeles*
18. Reinsalu, E. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis. *Teadus –ja arendustegevus põlevkivi kaevandamisel*. Lk 548,550
19. Reinsalu, E.; Toomik, A.; Valgma, I. „Kaevandatud maa“, TTÜ Mäeinstituut, 2002.
20. Sabanov, S.; Pastarus, J.-R.; Šestakova, J. (2009). Закладка выработанного пространства в условиях Эстонских сланцевых шахт. *Проблемы Недропользования. Записки Горного Института.*, 60 - 63.

21. Sabanov, S.; Tohver, T.; Väli, E.; Nikitin, O.; Pastarus, J.-R. (2008). Geological aspects of risk management in oil shale mining. *Oil Shale*, 25(2S), 145 - 152.
22. Talve, L.; Tärno, E.; Uibopuu, L. Tehnologitšeskie shemõ otrabotki kamernogo bloka, vozrast i potrebnõi srok podderžanija tselikov pri kamernõi võjemke s obrušeniem. TPI Toimetised nr. 401. 1976
23. Uibopuu, L.. The story of oil shale mining research. *Oil Shale*, 15(2SI), 206 - 209. 1998
24. Väizene, V.; Valgma, I.; Iskül, R.; Kolats, M.; Nurme, M.; Karu, V. (2013). High selective oil shale mining. *Oil Shale*, 30(2S), 305 - 325.
25. Väizene, V.; Valgma, I.; Reinsalu, E.; Roots, R. (2014). Analyses of Estonian oil shale resources. . In: *Resources and energy saving: (Toim.) I. Valgma*. Tallinn: Mäeinstituut, 2014.
26. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. *Oil Shale*, 26(4), 445 - 150.
27. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Saarnak, M. (2013). Technologies for Decreasing Mining Losses. *Environmental and Climate Technologies*, 11(1), 41 - 47.