

Taaniel Kaasma

**KILDAGAASI VARUDE JA
KASUTAMISEGA SEOTUD
PROBLEEMID AVALDATUD
MATERJALIDE PÕHJAL**

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2014

Taaniel Kaasma

**KILDAGAASI VARUDE JA
KASUTAMISEGA SEOTUD
PROBLEEMID AVALDATUD
MATERJALIDE PÕHJAL**

LÕPUTÖÖ

Arhitektuuri ja keskkonnatehnika teaduskond
Tehnoökoloogia eriala

Tallinn 2014

SISUKORD

Sissejuhatus.....	5
1. Kildagaas kui uus perspektiivikas energiaallikas	7
1.1. Kildagaasi mõiste	8
1.2. Kildagaasi varud.....	9
1.2.1. Üldiselt varude jaotusest.....	9
1.2.2. Kildagaasi potentsiaal Eestis	13
1.3. Kildagaasi ammutamise tehnoloogia.....	17
1.3.1. Kildagaasi ammutamise ajalugu	17
1.3.2. Kildagaasi ammutamise ettevalmistamine ja uuringud.....	19
1.3.3. Kildagaasi ammutamine	20
2. Kildagaasi tootmise mõjud keskkonnale.....	25
2.1. Mõju keskkonnale	26
2.1.1. Üldised seisukohad.....	26
2.1.2. Suur veekogus.....	28
2.1.3. Atmosfääri saastamine ja kasvuhooneefekt.....	29
2.1.4. Kemikaalid ja kemikaalidega saastunud vesi	30
2.1.5. Kemikaalide leke transpordil ja ümberlaadimisel.....	31
2.2. Mõju inimese tervisele.....	31
2.2.1. Põhjavesi.....	31
2.2.2. Müras ja vibratsioon	32
2.2.3. Radioaktiivsus.....	32
2.3. Majandus-poliitiline mõju.....	33

2.3.1.	USA tõus.....	33
2.3.2.	Gaasi hind	35
2.3.3.	Üldine mõju majandusele	36
2.3.4.	Eesti oma kildagaas:.....	36
2.3.5.	Poliitiline mõju.....	37
	Kokkuvõte.....	39
	Summary	41
	Lisa 1. Kildagaasi ammutamisel kasutatavad kemikaalid	47

SISSEJUHATUS

Üha sagedamini viidatakse nii Eesti kui välismaa meedias viimastel aastatel kildagaasile. Tegu on suhteliselt uue energiaallikaga, mis teatud inimeste arvates võib olla ka Eesti tulevik, kui meie maapõu seda endas peidab. Igal juhul omab selle kaevandamine maailmas ka Eestile vähemalt gaasi hinna ja gaasi varude pikendajana olulist mõju. [1, p. 34]

Maailm vajab taskukohaseid, säästvaid, turvalisi ja CO₂-neutraalseid energiaallikaid. See on innustanud riike otsima erinevaid alternatiive praeguse energiamajanduse rikastamiseks ning tärganud on suur huvi kildagaasi kui ühe sellise alternatiivi vastu. [2]

Euroopa Liit on seadnud eesmärgiks vähendada aastaks 2050 süsinikdioksiidi heitmeid 80% võrra. USAs on Kalifornia osariik seadnud sama eesmärgi ning käesoleva aasta veebruarikuisel teadusnädalal Chicagos, USAs, arutleti viise selleni jõudmiseks. [3]

Berkely ülikooli energeetikateadlane Jeffery Greenblatt avaldas arvamust, et energiatoodangus võib eesmärk õnnestuda täita, kui tõstetakse energiaefektiivsust, lisatakse tuumaenergia ja taastuvenergia kasutust ja parandatakse süsiniku taaskasutamist, aga transpordiga läheb asi keeruliseks. [3]

Greenblatti sõnul võib eraautod elektrifitseerida, aga lennukid ja raske maantetransport vajavad siiski praegusel hetkel fossiilseid kütuseid. Nende tootmiseks aga ei jätku tooraineid. [3]

Maaailmas kulutatakse 2050. aastal hinnanguliselt 3 miljardit kuupmeetrit kütust. Isegi kui kasutusele võetaks kõik põllu- ja metsamajandusjäätmel, olmejäätmel, energiataimed ja vetikad, saadakse optimistlikumagi hinnangu kohaselt vaid kolmandik, umbes 1 miljard kuupmeetrit. [3]

Greenblatti arvates on puudujääk liialt suur, et seda korvata energiataimede kasvatamise lisamisega, sest rahvaarvu kasvades vajatakse maad üha enam toidutaimede kasvatamiseks ja elumajade ehitamiseks. Ainus tõeline alternatiiv oleks vesinik – kui vaid selle tootmine suudetaks lahendada. [3]

Kuid võib-olla peitub liikumapanev jõud hoopis kildagaasis. [3]

Argilliidi ja kiltkivi pooridesse akumulunud maagaasi varud on osutunud tähelepanuväärseks. Kuigi gaas on fossiilne energiaallikas, saab sellest bensiinist ja diiselmootoriteks puhtamat kütust, kui selles sisalduvad süsivesinikud nagu metaan ja etaan veeldada ja muuta alkoholiks. [3]

Senini on süsivesinike keemilisi sidemeid lõhutud plaatina, kulla ja muude kallite katalüsaatoritega. Nüüd räägitakse aga, et sidemete lõhkumiseks sobivad ka üldlevinud elemendid tina ja tallium. Neid kasutades säästetakse ka märkimisväärselt energiat. Need katalüüsivad süsivesinikke juba 180 kraadisel temperatuuril, samas kui väärismetallist katalüsaatorid vajavad kuumutamist ligi 1000 kraadini. Ja mis peamine, veeldamisprotsessis jääb üks etapp hoopis ära. Gaasi koostisosi ei ole vaja praegusel viisil eelnevalt eraldada, vaid segu võib kasutada sel kujul eri alkoholide, nagu metanooli ja etanooli valmistamiseks. [3]

Ülalöeldust lähtuvalt on töö eesmärgiks:

- anda ülevaade kildagaasi olemusest ja selle kasutamise ajaloost;
- anda ülevaade kildagaasi varudest maailmas ja selle potentsiaalid Eestis;
- anda ülevaade kildagaasi ammutamisest ja sellega kaasnevatest keskkonnaprobleemidest ning majanduslikest ja poliitilistest mõjudest, mida selle ammutamine endaga kaasa võib tuua.

Töö koosneb kahest peatükist, milleks on „Kildagaas kui uus perspektiivikas energiaallikas“ ja „Kildagaasi tootmise mõjud keskkonnale“, ning kuuest alapeatükist. Esimeses peatükis antakse ülevaade kildagaasi olemusest, potentsiaali kohta Eesti maapõues ning kildagaasi ammutamise tehnoloogiast. Töö teises peatükis antakse aga ülevaade kildagaasi kaevandamise mõjust keskkonnale, inimese tervisele ning kuidas võib kildagaasi ammutamine mõjutada majandust ja poliitilisi suhteid.

1. KILDAGAAS KUI UUS PERSPEKTIIVIKAS ENERGIAALLIKAS

Kuigi eesmärk energiamajanduses on saavutada 100% energia tootmine taastuenergiast, peetakse gaasi, tänu oma keskkonnasõbralikkusele, oluliseks üleminekukütuseks fossiilselt energialt taastuenergiALE [2]. Tabelist 1 on selgesti näha, et võrreldes mitmete teiste kütuseliikidega on maagaas üsna keskkonnasõbralik ja puhas kütus. Saasteainete poolest on maagaasi parim näitaja selle SO₂ sisaldus, mis on võrreldes masuudiga üle poole miljoni korra väiksem. Kõik esitatud maagaasi näitajad on teistest kütuseliikidest paremad.

Tabel 1

Erinevate kütuseliikide põletamisel tekkivad saasteainete kogused [4]

	Maagaas	Kivisüsi	Masuut	Hakkepuu	Põlevkivi
SO ₂ (g/MWh)	0,004	900	2610	100	2500
NO ₂ (g/MWh)	250	610	770	370	362
Tahm, tuhk (g/MWh)	0,007	270	108	270	Mittevõrreldavalt suur
CO ₂ (kg/MWh)	202	354	279	395	384

Maagaasi nõudlusele nähakse pikaajalises perspektiivis stabiilset kasvu. Kasvutempoks arvatakse olema 1,5% aastas. 2007. aasta teadaolev maagaasi nõudlus oli ca 3 triljonit m³ ning aastaks 2030 arvatakse selle nõudluseks olevat juba 4,3 triljonit m³. [5, p. 6]

Viimastel aastatel on eriti esile tõusnud kildagaas, mis omab olulist rolli fossiilsete kütuste defitsiidi leevendamisel [6]. Sajad kildagaasi tootjad Ühendriikides usuvad, et energiakriis on just tänu kildagaasi ammutamisele lükkunud vähemalt 100 aasta võrra edasi [7, p. 24].

Kildagaasi võib lugeda üsna uueks energiaallikaks, mida leidub enamasti 2–3 km sügavusel maapõues [6]. See asendab Ühendriikides juba praegu arvestataval määral senist maagaasi tarbimist ning selle tehniliselt kättesaadavad varud suurenevad tehnoloogia arenedes ja uute leiukohtade avastamisega [7, p. 24].

Ajakirjas „Postimees“ 2012. aastal ilmunud artiklis on prognoositud, et maagaas võib aastaks 2025 katta kuni 30% kogu maailma energiavajadusest ning kildagaasil saab olema selles kindlasti oluline roll. [8]

Nagu ka tabelist 1 näha võib, on põlevkivi väga saastav kütuseliik ning seetõttu oleks Eestil vaja vähendada põlevkivi osakaalu elektri tootmisel [9, p. 10]. 2002. aastal toodeti Eestis 97% õhusaastest, 86% jäätmetest ning 23% veesaastest elektri tootmisel, mis kasutab põhilise kütusena põlevkivi [10]. Üheks alternatiivseks kütuseks võiks ka Eestis elektri tootmisel olla kildagaas, seda eriti siis, kui ka meil endil seda gaasi maapõues leidub.

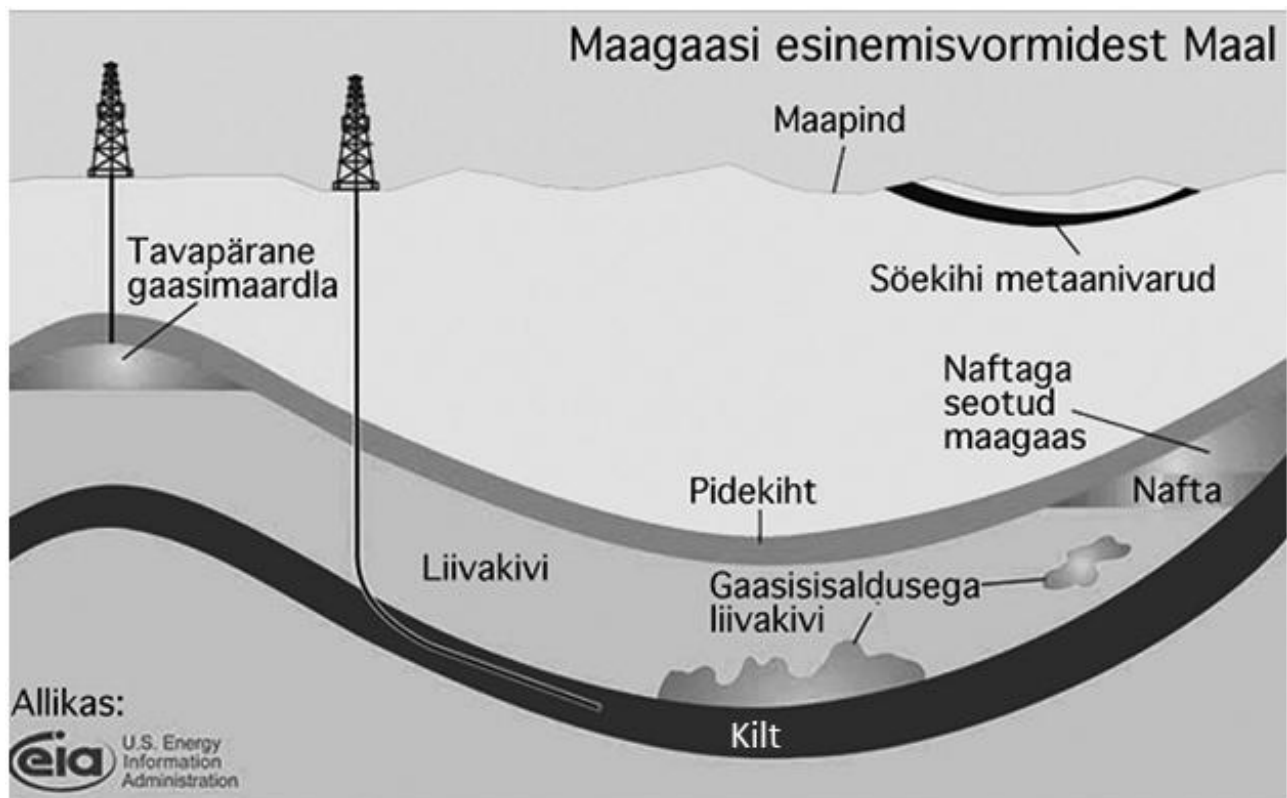
New Yorgis avati möödunud aasta 1. novembril traditsioonilise masuudi kõrvale üle 40 aasta esimene gaasijuhe ning alates 2016. aastast keelustatakse seal masuudi kasutamine täielikult. Gaasijuhe hakkab transportima New Yorki kildagaasi, mis pärineb New Yorgist paarisaja miili kaugusel asuvast Ühendriikide suurimast kildagaasiga varustavast gaasimaardlast Marcellus. New Yorgi linnapea Michael Bloombergi arvates on gaas õhu kvaliteedi parandamisel väga tähtsal kohal. Lisaks puhtusele on gaas ka odavam. [11]

1.1. Kildagaasi mõiste

Kildagaasiks, mille korrektne termin on argilliidigaas, nimetatakse kiltade ja argilliitide vahekihtides ja poorides leiduvat süsivesinikühendite segu, mille põhikomponentideks võib olla metaan, etaan, propaan, butaan ja teised gaasid [9, p. 10, 12, 6, 13]. Etaani sisaldus kildagaasis võib olla ca 6% ning seda kasutatakse etüleenini kui keemiatööstusele väga kasuliku tooraine tootmiseks [14].

Kildagaas on tekkinud sarnaselt teistele gaasidele maapõues – orgaanilise aine e kerogeeni biokeemilisel lagunemisel ning seejärel selle muundumisel geokeemiliste tegurite mõjul [13]. Orgaanilisest ainest gaasi tekkimiseks läheb vaja kõrget rõhku ja temperatuuri ning palju aega [9, p. 10]. Kerogeenist eraldub aja jooksul metaan või mõni muu gaas, mis võib kivimi pooridesse ja lõhedesse püsima jääda [7, p. 25].

Kiltkivi on peeneteraline moondekivim, mis ilma hüdraulilise purustamiseta on väga madala vee- ja gaasijuhtivusega kivim [7, p. 24]. Kilt võib olla ka gaasi ja nafta lähtekivim [15]. Täielikult muundumisprotsessi läbi teinud kiltkivimi kihid paiknevad enamasti 2–3 km sügavusel [7, p. 24]. Joonisel 1 on näha erinevaid maagaasi esinemisvorme ning kujutatud on ka horisontaalset puurauku kildagaasi ammutamiseks kiltkivimi kihist.



Joonis 1. Maagaasi esinemisvormidest Maal [16]

Kuna kildagaasi ei suudetud veel mõnda aega tagasi tööstuslikus koguses ammutada, loetakse seda mittekonventsionaalseks ehk ebatavaliseks maavaraks. [9, p. 10]

Kildagaasi, nii nagu muu maagaasigi, puhul on tegu kõrge kütteväärtusega gaasilise kütusega, mille põletamine on võrreldes vedel- ja tahkekütustega madalama keskkonna saasteastmega [13]. Kõige rohkem on seni kildagaasi hakatud ammutama Ühendriikides [16].

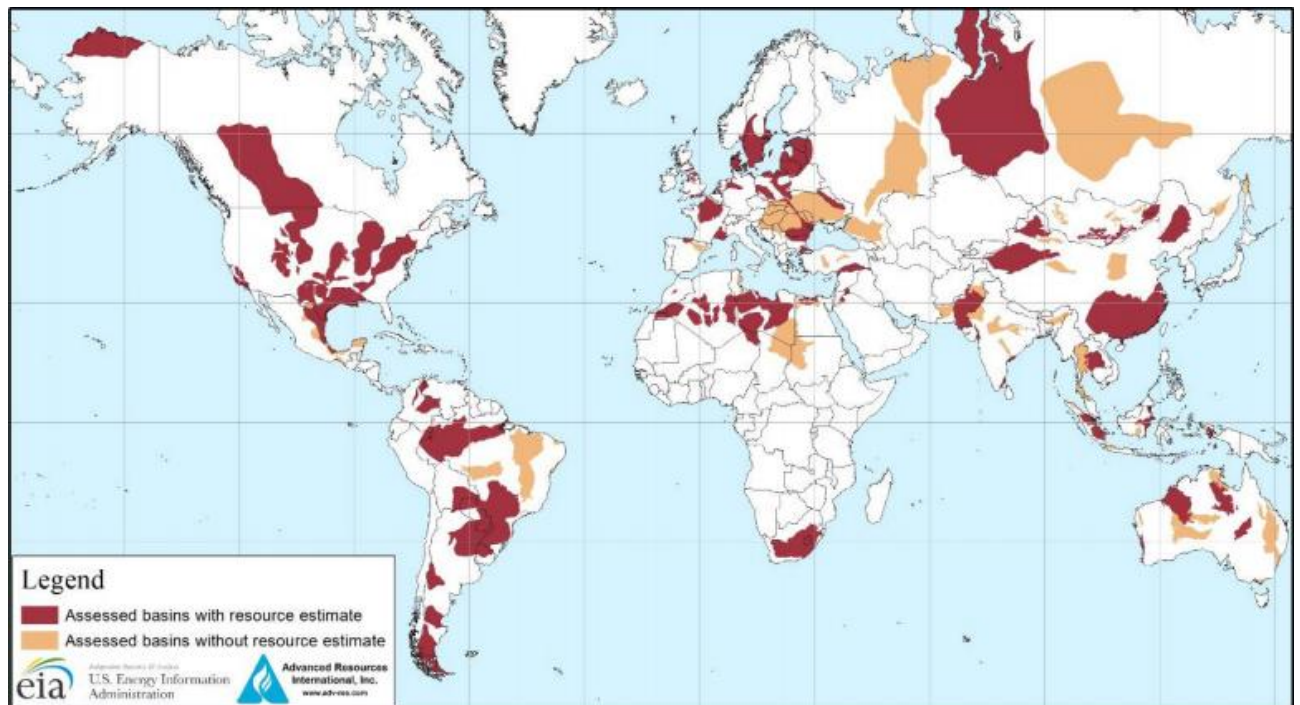
1.2. Kildagaasi varud

Orgaanilist ainet sisaldavad kildad ja argilliidid on maailmas üsna levinud ja seetõttu on ka kildagaasi varud hiiglaslikud. Kildagaasi varusid hinnatakse jätkuvat vähemalt sajaks aastaks, kuid tehnoloogia arenedes võib seda jätkuda ka kauemaks. [12, pp. 34-35]

1.2.1. Üldiselt varude jaotusest

2008. aastal hinnati kogu maailma konventsionaalse ja mittekonventsionaalse gaasi tehniliselt kättesaadavaks varuks üle 180 triljoni m^3 ning kogu teadaolev gaasi ressurss antud andmete põhjal on üle 850 triljoni m^3 . Konventsionaalsed ja mittekonventsionaalsed gaasid jagunevad pea pooleks. 45% üldisest gaasivarust moodustavad mittekonventsionaalsed gaasid. Praeguse kasutustempo ja

tehnoloogia juures jätkuks gaasi 60 aastaks. Kui kasutustempo jääks samaks, aga tehnoloogia arenedes oleks võimalik kasutusele võtta kogu gaasi ressurss, jätkuks gaasi pea 300 aastaks. Enam kui pool kogu maailma gaasi varudest on kolmes riigis: Venemaal, Iraanis ja Kataris. [5, p. 6]



Joonis 2. Kildagaasi leiukohad maailmas [17]

Joonisel 2 on kujutatud kildagaasi leiukohti maailmas. Punase ja oranži värviga on tähistatud suuremad kildagaasi leiukohad. Punane tähistab leiukohti, kus on antud ka gaasi varude kohta hinnang ning oranž tähistab vastavalt neid leiukohti, mille varude kohta hinnang puudub. Ühendriikides ja Kanadas on kildagaasi leiukohti põhjalikumalt uuritud ja nende kohta ka hinnangud tehtud, kuid Venemaal ja mõnel pool Euroopas on näha suuri hindamata kildagaasi leiukohti. Eesti alla ulatub antud U.S. Energy Information Administration (EIA) raporti kohaselt Balti kildagaasi ladestu [17].

Ühendriikide idaosariigid on kildagaasiga küllaltki tihedalt varustatud ning sealseid kildagaasi ladestuid on hästi uuritud ja neis peitub märkimisväärne kogus gaasi. Viimaste aastatega on Ühendriikides kildagaasi tootmine ülikiiressti kasvanud, mis on võimaldanud Ühendriikidel saada suurimaks gaasitootjaks maailmas. [12, p. 35]

Ka Euroopa kildagaasi potentsiaal on suur [12, p. 35]. Kuigi uuringuid kildagaasi kohta ei ole Euroopas nii põhjalikult veel tehtud, on siiski ka Euroopas asuvad kildagaasi leiukohad üsna hästi teada ja mõnes riigis kildagaasi varusid juba ammutatakse [12, p. 35]. Euroopa Liidus paikneva

kildagaasi koguvaru suurust on hinnatud 56 triljoni kuupmeetrit [18]. Sellest 14 triljonit kuupmeetrit arvatakse olevat tehniliselt kättesaadav [18]. Euroopa Liidu senine aastane konventsionaalse gaasi tarbimine on umbes 0,522 triljonit kuupmeetrit [18]. Kui Euroopa Liit võtaks kasutusele ainult oma territooriumi kildagaasi varud ja asendaks sellega täielikult kogu gaasi tarbimist, siis praeguse tehnoloogia ja võimaluste juures ning senise koguse gaasi tarbimise juures, jätkuks Euroopa Liidule oma kildagaasist pea 27 aastaks [18]. Suurimad kildagaasi varud Euroopas paiknevad EIA analüüsi põhjal Poolas ja Prantsusmaal [19]. Poola kildagaasi varusid on EIA andmete järgi hinnanguliselt kuni 4,1 triljonit kuupmeetrit ning Poola seda varu ka juba ammutab [20]. Aastas toodab Poola umbes neli miljardit kuupmeetrit kildagaasi [12, p. 35].

Tabelis 2 on välja toodud seniste uuringute kohaselt kümme suurima kildagaasi varuga riiki koos vastava kildagaasi hinnangulise potentsiaaliga. Tabelis on ära märgitud ka vastavate riikide tavalise maagaasi varu suurus. Tabelist selgub, et seni teadaoleva informatsiooni põhjal on kõige suurema kildagaasi potentsiaaliga riik kas Ameerika Ühendriigid või Hiina. Kui ARI (Advanced Resources International) paigutab Ameerika Ühendriigid esikohale, siis EIA uuringu põhjal oleks esikohal Hiina ning USA paikneks kildagaasi varude edetabelis alles neljandal kohal. Samas kui suurimad kildagaasi varud paiknevad kas Hiinas või Ameerika Ühendriikides, on suurima konventsionaalse maagaasi varuga riik hoopis Venemaa. Venemaa kildagaasi varud on samuti arvestatavad.

Tabel 2

Suurimad kildagaasi varudega riigid (ühikud on teisendatud kuupjalgadest kuupmeetritesse) [17]

Riik	Hinnanguline tehniliselt kättesaadav kildagaas (triljonit kuupmeetrit)	Tõestatud konventsionaalse maagaasi varud (triljonit kuupmeetrit)
Ameerika Ühendriigid	32,88/18,83*	9,00
Hiina	31,573	3,51
Argentiina	22,71	0,34
Alžeeria	20,02	4,50
Kanada	16,23	1,93
Mehhiko	15,43	0,48
Austraalia	12,37	1,22
Lõuna-Aafrika Vabariik	11,04	-
Venemaa	8,07	47,80
Brasiilia	6,94	0,40

*ARI / EIA uuringu andmed.

Ajakirjas „Tiede“ on EIA raporti andmete põhjal koostatud ka üldine kaart suuremate kildagaasi varudega riikide kohta maailmas (Joonis 3).



Joonis 3. Suuremad kildagaasi varud maailmas (miljardit kuupmeetrit) [3]

Ühendriikides on teada 15 kildagaasi leiukohta (Tabel 3) ning neis toimub kaevandamine 70 gaasimaardlas. Suurim kildagaasi maardla on Marcellus, mis peidab endas hinnanguliselt 369 triljonit kuupjalga kildagaasi, mis on umbes 10,4 triljonit kuupmeetrit. See moodustab kolmandiku kogu Ühendriikide kildagaasi varudest ja seda on näiteks 2,5 korda enam, kui teadaolevad kogu Poola kildagaasi hinnangulised varud.

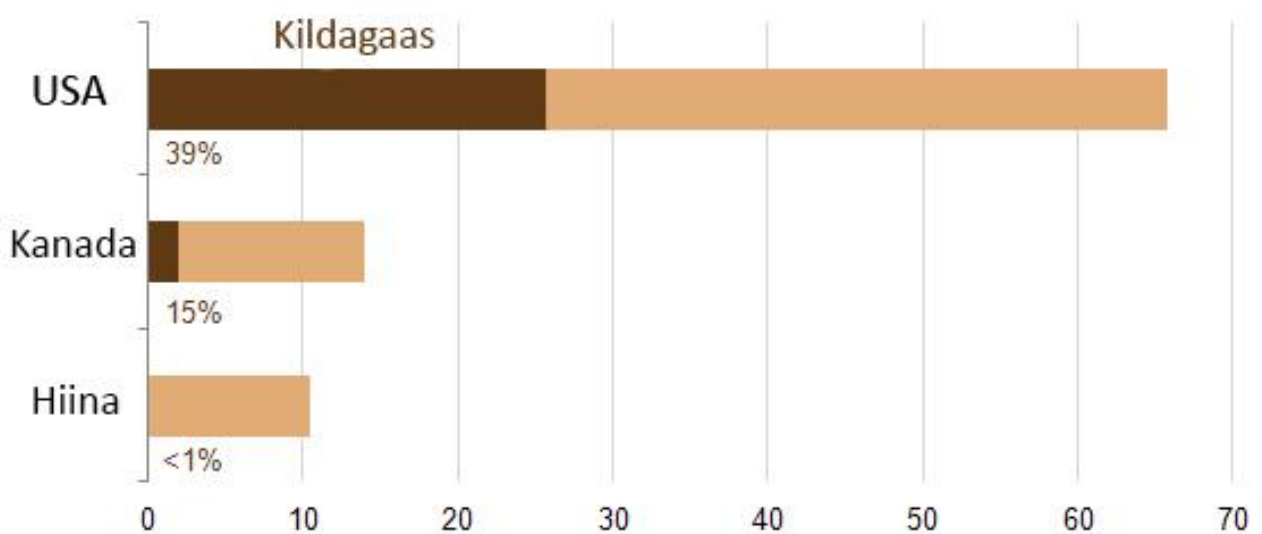
Tabel 3

Ameerika Ühendriikide kildagaasi maardlad (autori poolt tõlgitud tabel) [17]

	Kildagaasi allikad		Põlevkiviõli allikad	
	Ammutamiskohad	Allesolevad varud ja kasutusele võtmata ressursid	Ammutamiskohad	Allesolevad varud ja kasutusele võtmata ressursid
1. Kirde regioon:				
• Marcellus	8	369	2	0,8
• Utica	3	111	2	2,5
• Muud	3	29	-	-
2. Kagu regioon:				
• Haynesville	4	161	-	-
• Bossier	2	57	-	-
• Fayetteville	4	48	-	-

	Kildagaasi allikad		Põlevkiviõli allikad	
	Ammutamiskohad	Allesolevad varud ja kasutusele võtmata ressursid	Ammutamiskohad	Allesolevad varud ja kasutusele võtmata ressursid
3. Mandri keskkosa:				
• Woodford	9	77	5	1,9
• Antrim	1	5	-	-
• New Albany	1	2	-	-
4. Texas:				
• Eagle Ford	6	119	4	13,6
• Barnett	5	72	2	0,4
• Permian	9	34	9	9,7
5. Kaljumäestik/Suur tasandik:				
• Niobrara	8	57	6	4,1
• Lewis	1	1	-	-
• Bakken/Three Forks	6	19	5	14,7
Kokku:	70	1161	35	47,7

2012. aasta andmete põhjal olid Ühendriigid, Kanada ja Hiina ainsad riigid, mis tootsid kildagaasi kaubanduslikus koguses ja samuti olid need riigid ainsad, kus kildagaas moodustas märkimisväärse osa riigi gaasi tarnest (Joonis 4). [21]



Joonis 4. Kildagaasi osakaal kuiva maagaasi tootmisel 2012. aastal (miljardit kuupjalga päevas, joonise tekst tõlgitud autori poolt) [21]

1.2.2. Kildagaasi potentsiaal Eestis

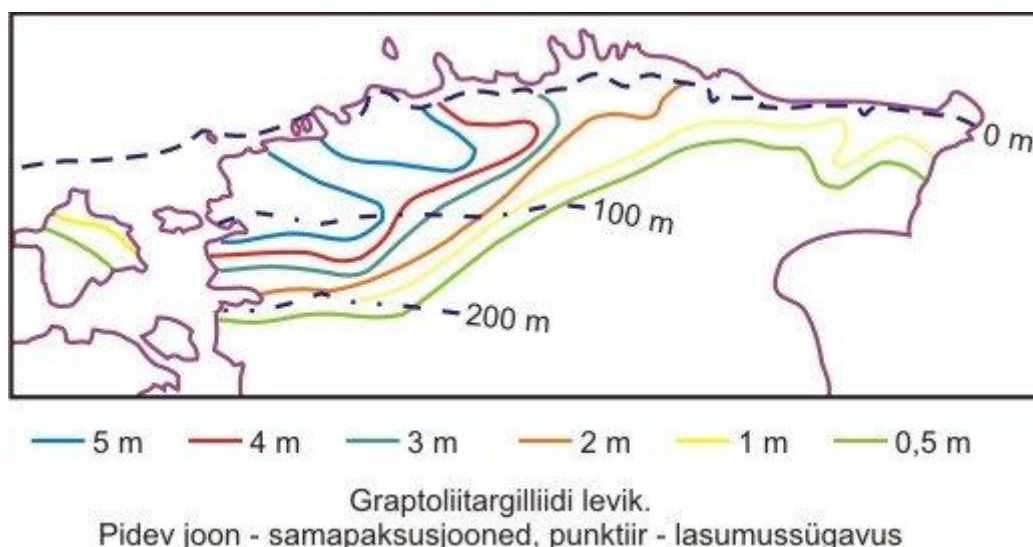
Eestis arvatakse kildagaasi leiduvat graptoliitargilliidi kihis, mis jääb kukersiidi- ehk põlevkivikihi ja fosforiidi- või püriidikihi vahele [16]. Graptoliidikiht on moodustunud vanaaegkonna meredes

kinnistunud või planktiliste kolooniatena elanud poolkeelikloomade hulka kuuluvatest graptoliitidest [9, p. 10].

Graptoliitargilliiti on vahel ekslikult nimetatud ka diktüoneemakildaks või diktüoneema-argilliidiks, kuid need nimetused on ebatäpsed. Graptoliitargilliit ei ole ehtne moondekivimite hulka kuuluv savikilt, kuna kivim on läbinud vaid moondumiseelse diageneesi ning rõhu ja temperatuuri poolt avaldatud mõju pole olnud piisav. Lisaks eelnevale, ei sisalda kivim mitte graptoliitide *Dictyonema*, vaid hoopis graptoliitide *Rhabdinopora* kivistisi. [9, pp. 10-11]

Graptoliitargilliidi orgaanilise aine sisalduseks on enamasti 10–20%. [9, p. 11]

Joonisel 5 on kujutatud graptoliitargilliidi levikut Eestis ning sealt on näha ka, kuidas kihi paksus ja kihi sügavus muutub. Kõige paksem on argilliidikiht Lääne-Eestis, kus selle paksus küündib kaheksa meetrini [9, p. 11]. Lääne-Eestist saarte või Ida-Eesti poole liikudes lasundi paksus aga taas õheneb. Argilliidi lasund paikneb Eestis 10–300 m sügavusel, Lõuna-Eesti suunas sügavus kasvab [9, p. 11]. Lasund sügavneb keskmiselt kolm meetrit ühe kilomeetri kohta [22].



Joonis 5. Graptoliitargilliidi levik Eestis [23]

Eesti graptoliitargilliit on ühtlasi ka uraani, molübdeeni, vanaadiumi, plii, tsingi ja reenumi maak ning madalakvaliteediline põlevkivi, mille ressurss on hinnanguliselt 60 miljardit tonni [23, 22]. Kuigi Eestis kaevandati teisele maailmasõjale järgnenud aastatel argilliiti uraani tootmiseks, ei olnud see tõelise maagina väga arvestatav [23]. Sillamäe kaevanduses toodeti aastatel 1946–1952 üle 270 000 tonni argilliiti ning sellest saadi vaid 22,5 tonni uraani [23]. Tänapäeval võiks lugeda eelpool loetletud metallide saamist argilliidist vaid selle kompleksel kasutamisel kaasnevate maavaradena [23].

Kuna Eesti graptoliitargilliit ei ole ehtne moondekivim, võib selles leiduda vaid biogeense tekkega gaasi [9, p. 11]. Rootsi on viimastel aastatel hakanud oma gaasi varu hindamiseks tegema geoloogilisi uuringuid ning hakanud arendama biogeense kildagaasi ammutamise tehnoloogiat [9, p. 11]. Kuna Rootsi ja Eesti kilt on sarnased, on sealsed uuringud Eesti jaoks väga olulised [14]. Väga tõsiselt tegeletakse vastavate uuringutega Närke piirkonnas ning tulemused arvatakse olevat lootustandvad [14].

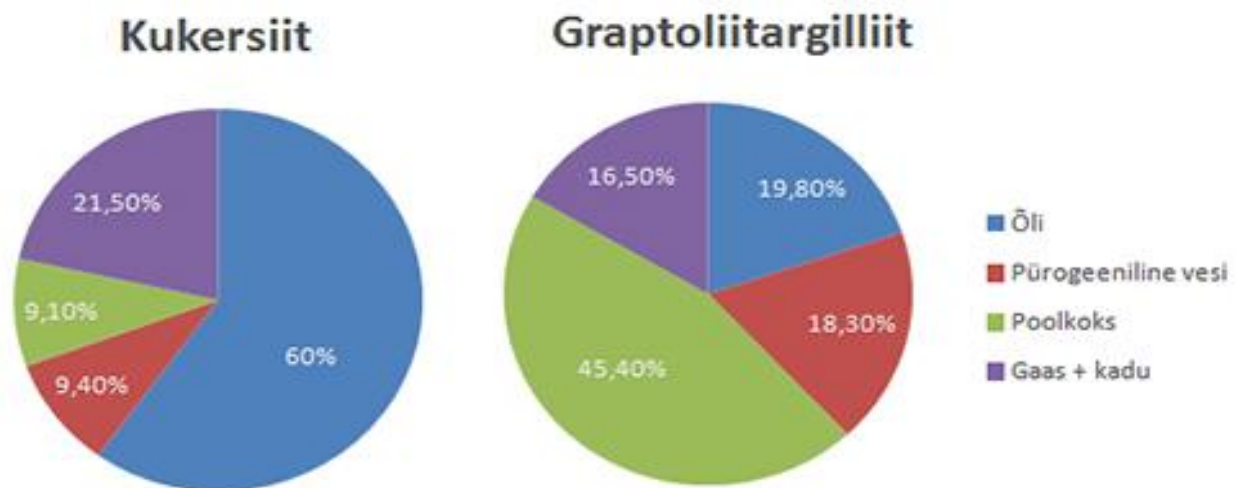
Riiklikul tasandil näidati Eestis kildagaasi vastu huvi üles 2012. aasta aprillis, kui Keskkonnaministeerium tegi ettepaneku uurida kildagaasi ammutamise võimalusi Eestis. [1, p. 36]

Graptoliitargilliiti võib selle orgaanilise aine sisalduse tõttu arenenud põletus- ja utmistehnoloogia kontekstis nimetada ka põlevkiviks. Ülgase fosforiidikaevanduses põletati argilliiti tuulutusšurfi all tõmbe tekitamiseks. [24]

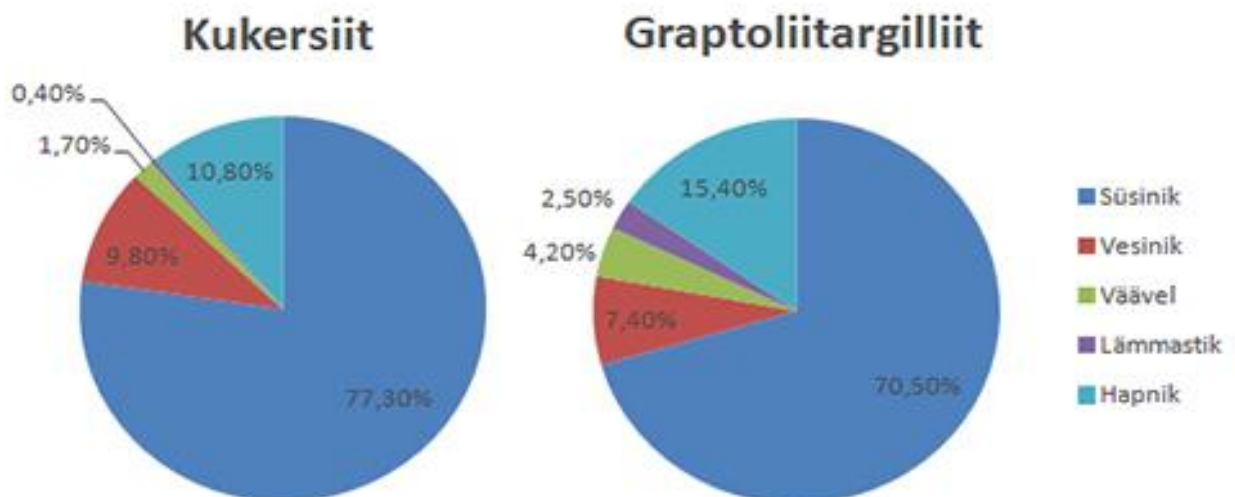
Joonisel 6 on näha fosforiidikihi kohal algavat pruuni graptoliitargilliidi kihti.



Joonis 6. Fosforiit ja graptoliitargilliit [24]



Joonis 7. Põlevkivi orgaanilise aine jagunemine põhiproductideks standardutmisel [25]



Joonis 8. Põlevkivi orgaanilise aine elementkoostis [25]

Argilliidi kasutamisele maavarana on mitu tõket [23]. Tegu on üsna madala orgaanilise aine sisaldusega kivimiga, mistõttu jääb sellest järele suur hulk tuhka [23]. Joonisel 7 ja joonisel 8 on võrreldud Eesti põlevkivi graptoliitargilliidiga. Jooniselt 7 selgub, et argilliidi standardutmisel saadava õli kogus ehk õlisaagis on kolm korda väiksem, kui kukersiidi õlisaagis ning protsessi käigus allesjääva poolkoksi kogus on argilliidi puhul pea viis korda suurem.

Teiseks tõkkeks võib lugeda argilliidi kõrget püriidi (FeS_2) sisaldust, mille sisaldus kivimis võib kohati olla 8–9%, enamasti siiski 2,4–6,0% piires [23]. Püriit laguneb aga põletusprotsessidel vääveloksiidseks gaasiks ning on suureks atmosfäärisaaste allikaks [23]. Joonisel 8 on välja toodud ka kukersiidi ja argilliidi orgaanilise aine elementkoostis. Kuigi pealtnäha on antud joonisel

kujutatud diagrammid üsna sarnased, on siiski argilliidis sisalduva väävli ja lämmastiku protsentuaalne sisaldus kukersiidiga võrreldes kordi suurem.

Argilliidi kaevandamisel võib esineda ka õhuhapniku juurdepääsul isesüttimist, mis raskendab oluliselt selle kaevandamist ning on riskiks inimese tervisele ja keskkonna saastamisele. Argilliidi iseeneslikku süttimist on esinenud näiteks nüüdseks ammendatud Maardu fosforiidialadel. Täna on antud nähtuse tõkestamiseks leitud efektiivseid meetmeid, kuid selle tehnilise esilekutsumine on siiski ebasoovitav. [23]

Lisaks isesüttimisele ja seeläbi atmosfääri saastamisele, peidab argilliidi kaevandamine endas ka ohtu põhjaveele. Kobestatud kivimimassiivi pääsev sademe-, pinna- ja põhjavesi lahustavad kivimis esinevaid lisandelemente, mille enamik oksüdeerunud ühendeid on toksilise toimega. [23]

Lisaks argilliidikihis paiknevale gaasile võib Eestis leiduda maagaasi ka Ida-Virumaa aluskorra grafitgneissides ning alam-siluri merglites. [9, p. 11]

2011. aasta EIA raporti andmetel on hinnatud Balti riikide alla jääva kildagaasi maardla tehniliselt kättesaadavaks varuks 0,65 triljonit kuupmeetrit. [26]

1.3. Kildagaasi ammutamise tehnoloogia

Kuna kiltkivi kihid võivad paikneda erinevatel sügavustel, on nendest gaasi ammutamiseks vaja kasutada erinevaid tehnoloogiaid.

1.3.1. Kildagaasi ammutamise ajalugu

Kildagaasi tootmiseks on kaks peamist tehnoloogiat. Esimene tehnoloogia, mida saaks ka Eestis leiduva graptoliitargilliidi töötlemisel kasutada, on utmine, mis eeldab puurimise asemel argilliidi kaevandamist ja seejärel kuumutamist [27]. Utmise ehk kuivdestillatsioon või poolkoksistamine on lenduvaid komponente sisaldavate tahkete kütuste anaeroobne kuumutamine temperatuurini 500–550 °C [27]. Protsessi käigus tekib tahke poolkoks, tõrv või õli ning uttegaas ja uttevesi [27]. Arendamisel on ka tehnoloogiad, mis võimaldaks utmist teostada ka puuraugu kaudu, kasutades selleks ära maasoojust [7, p. 26].

Maapealset utmistehnoloogiat on kasutatud Eesti põlevkivist põlevkiviõli tootmiseks, mille kõrvalsaadusena saadi nn põlevkivigaasi. [28]

Teiseks ja enamlevinumaks meetodiks on hüdrauliline purustamine (ka lõhestamine, raimamine, frakkimine), mille tulemusel kiltkivi poorid avanevad ja eralduv gaas kogutakse puuraugu kaudu maa peal kokku. [7, pp. 25-26]

Kildagaasi eraldati esmakordselt ressursina 1821. aastal Fredonias, New Yorgis, pealmistes, madala rõhuga murdudes. Horisontaalpuurimisega alustati 1930. aastatel ja esimene hüdrauliline purustamine horisontaalses puurkaevus toimus 1947. aastal Ühendriikides. [21]

Hüdraulilist purustamist on alates 1947. aastast kasutatud juba enam kui 1,2 miljonis puuraugus. Enamik puuraukudest, kus hüdraulilist purustamist on gaasi kättesaamiseks kivimikihist kasutatud, paiknevad USAs ja Kanadas, kuid viimase 30 aasta jooksul on seda tehnoloogiat kasutama hakatud ka mitmel pool Euroopas, näiteks Saksamaal, Rootsis, Poolas, Hispaanias, Taanis ja Ühendkuningriigis. [18]

Saksamaal on Schleswig-Holsteini piirkonnas hüdraulilise purustamise tehnoloogiat arendatud ja kasutatud juba alates 1955. aastast. [9, p. 11]

Kildagaasi tööstusliku tootmise on võimalikuks teinud täpse nurga ja suunaga horisontaalpuurimine. [16]

Teadaolevalt puuriti esimene tööstuslik kildagaasi horisontaalne puurauk juba 1929. aastal Texase osariigis. Esialgu ei olnud horisontaalsest puuraugust ammutatava gaasi tootmine majanduslikult tasuv, kuna puudusid vastavad tehnoloogiad gaasi mõistliku hinnaga ammutamiseks. Majanduslikult tasuvaks hakkas kildagaasi horisontaalse puuraugu kaudu tootmine muutuma 1980. aastatel, tänu telemeetria ehk kaugmõõtmise arengule. [28]

Kuigi kildagaasi on toodetud üle 100 aasta Appalachiani ladestus ja Ühendriikides Illinoisi ladestus, olid puuraugud sageli väheökonoomsed. Edasiarendused hüdraulilises purustamises ja horisontaalses puurimises on muutnud kildagaasi puuraugud kasumlikumaks. Arengud puurimisseadmete liigutamises lähedalolevate aukude vahel ja väikese territooriumi kasutamine hulga puuraukude jaoks on suurendanud puuraukude tegemise produktiivsust. [21]

Kildagaas oli siiski mõnda aega kalli tehnoloogia tõttu tähelepanu alt väljas. Maagaasi hinna viiekordne kerkimine aastatel 2005–2008 ja samuti sellega kaasnenud ülepakkumine puurimisseadmete turul innustasid ettevõtteid uut tehnoloogiat kasutama ning kildagaasi ammutama hakkama [12, p. 34, 28]. Mida rohkem gaasi ammutatakse ja turule paisatakse ilma tarbimise

suurenemiseta, seda madalamaks aga langeb taas gaasi hind ning ühel hetkel võib kildagaasi ammutamine praeguse tehnoloogiaga peatuda, jäädes ootama uut hinnatõusu.

1.3.2. Kildagaasi ammutamise ettevalmistamine ja uuringud

Kildagaasi reaalsele ammutamisele eelnevad mitmed ettevalmistavad toimingud. Esmalt on vaja leida kildagaasi varude asukoht, selleks:

- 1) puuritakse hulk puurauke ning tehakse puursüdamikele mineraloogiline uuring;
- 2) leitud kildagaasi sisaldavas piirkonnas viiakse läbi seismoloogiline uuring;
- 3) hinnatakse logerite ehk salvestavate anduritega kivimite omadusi ja sobivate tulemuste korral tehakse proovifrakkimine, et näha, kas gaasi hakkab eralduma. [7, p. 24]

Puursüdamikus ja puuraugus tehtava mineraloogilise uuringu käigus määratakse savimineraalide ja gaasi sisaldus poorides. Kildagaasi ammutamiseks on hea, kui kildas on võimalikult vähe savimineraale. Suur savimineraalide sisaldus raskendab puurimist ja frakkimist, kuna puurvarras võib auku kinni jääda ning frakkimisel kivimi poorid savi plastuse tõttu sulguda ja sel juhul ei hakka kivimist piisavas koguses gaasi eralduma. [7, p. 25]

Kivimeid uuritakse ka ultraheli abil, et teada saada nende pingeolukorda ja lõhelisust [7, p. 25]. Saadud tulemused aitavad paigutada horisontaalsed puuraugud nii, et kivimisse tekiks võimalikult suur lõhede võrgustik gaasi eraldamiseks [7, p. 25]. Gaasi sisaldavate pooride osakaal kivimis on 4–10% [7, p. 25]. Ühendriikides, Barnetti maardlas, on gaasi sisaldavate pooride osakaal lausa 60% [15].

Mineraloogilise uuringu andmete põhjal koostatakse esialgne geoloogiline mudel, et leida piisavalt kildagaasi sisaldav piirkond. [7, p. 24]

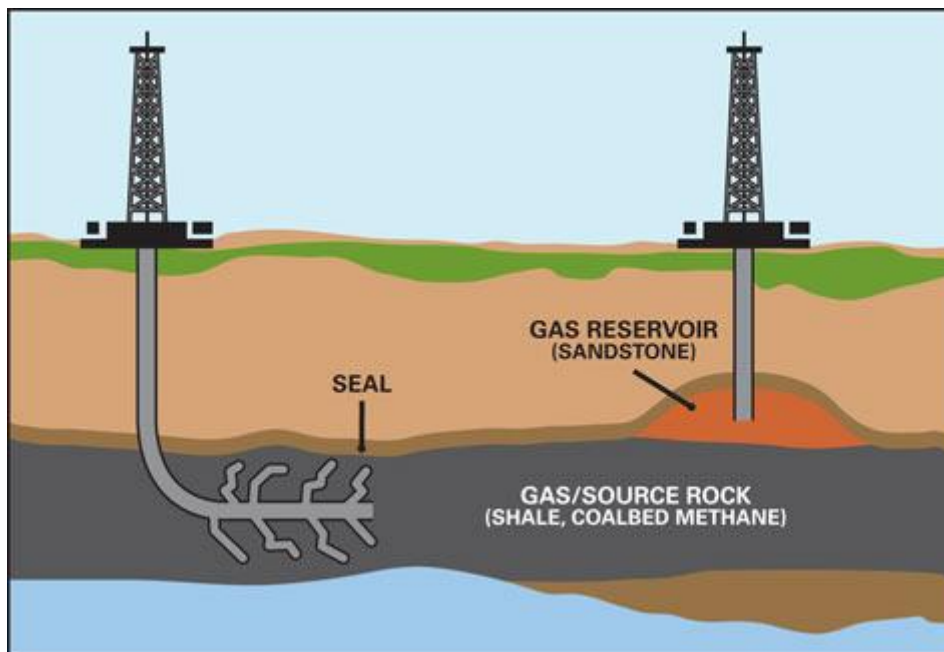
Seismoloogilise uuringu käigus tekitatakse helilööke kas maa peal või puuraugus ning mõõdetakse tekitatud helilöögi laine tagasipeegeldumise kiirust. Helilööke tekitatakse erinevates kohtades, mis annab võimaluse koostada nende põhjal maapõuest ruumiline mudel. Saadud mudeli alusel määratakse kiltkivi paiknemine. [7, p. 25]

Eelneva kahe mudeli alusel tuvastatud kildagaasi leiukohas puuritakse puurauk. Seejärel sondeeritakse logeritega tehtud puurauku ja salvestatakse teatud kõrguste tagant uuritavad näitajad ning kalibreeritakse lõplikud kildamaardla parameetrid. Edasi hakatakse kilta frakkima ja kui frakkimise abil hakkab eralduma kivimist gaasi, on kildagaasi maardla asukoht leitud. [7, p. 24]

Väga heaks indikaatoriks kilda leidmisel ja selle ulatuse määramisel on uraanisisaldust näitav gammakiirguse ulatus. [7, p. 25]

1.3.3. Kildagaasi ammutamine

Kiltkivi esineb enamasti 2–5 km sügavusel maapõues. Nagu jooniselt 9 näha võib, suundub kildagaasi ammutamiseks mõeldud puurauk kiltkivikihini vertikaalselt ning seejärel kilda sees horisontaalselt. Võimalik on see tänu suundpuurimise tehnoloogiale. [7, p. 26]



Joonis 9. Horisontaalne puurauk [29]

Ühest vertikaalsest puuraugust võib lähtuda kuni 10, üksikutel juhtudel ka kuni 20 horisontaalset puurauku, mis võivad ulatuda kiltkivi formatsioonides kuni 7 km kaugusele [7, p. 26]. Sellega tagatakse minimaalne maapinna kasutamine ja samas luuakse lai maa-alune võrgustik, et haarata võimalikult suur osa kildamaardlast ja saada kätte võimalikult palju selles leiduvat gaasi [2].

Põhiline puurimisele kuluv aeg läheb horisontaalsete puuraukude tegemiseks. Püstpuuraugu puurimise kestuseks on umbes üks nädal, samas kui horisontaalse puuraugu puurimine võib kesta 3–4 nädalat. [7, p. 25]

Joonisel 10 on näha puuraugu puurimise ajal platsil kõrguvat puurpingi torni.



Joonis 10. Kildagaasi puurpingi torn [15]

Puuraug on manteldatud seitsme kihiga, et kaitsta pinna- ja põhjavett võimaliku reostuse eest [30]:

- 1) betoon,
- 2) välimine manteltoru (conductor casing),
- 3) betoon,
- 4) keskmine manteltoru (surface casing),
- 5) puurimislahus (drilling mud),
- 6) sisemine manteltoru (production casing),
- 7) nn tootmistoru (production tubing).

Puuraugu välimise manteltoru läbimõõt on 55 cm [7, p. 26]. Välimine manteltoru ulatub vaid 15-24 meetri sügavuseni ja selle peamine eesmärk on kaitsta piirkonna kaevuvett võimaliku reostuse eest [30]. Keskmise manteltoru läbimõõt on 45 cm ning sisemise läbimõõt on 40 cm [7, p. 26]. Sisemise manteltoru sees on 35 cm läbimõõduga nn tootmistoru, mille kaudu juhitakse gaas maapõuest maapinnale [7, p. 26]. See toru ulatub puuraugu algusest kuni horisontaalse osa lõpuni [7, p. 26].

Manteltorude vahele pumbatud betooni kvaliteeti kontrollitakse selle tardumise järel logeritega, tagamaks frakkimisvee ja ammutatava gaasi eraldamine ümbritsevast keskkonnast, eriti just põhjaveekihtidest. [7, p. 26]

Puuraugu manteldamise järel toimub puuraugu puhastamine, mis kestab 1–2 nädalat. Selleks surutakse kompressori abil puurauku õhust toodetud lämmastikku, mis tõstab puuraugust 10–40% sinna pumbatud veest üles. [7, p. 26]

Kui horisontaalne puurauk on valmis, tekitatakse kivimisse lõhkelaengutega esialgsed praod, mida hiljem hüdraulilise purustamisega surutakse suuremaks ja selle käigus tekitatakse uusi lõhesid ka juurde. [31]

Hüdraulilise purustamise käigus surutakse kõrgsurvepumpade abil suure rõhuga (kuni 101 MPa) vesi, kemikaalid ja liivapulp puurauku [7, p. 26]. See lõhub gaasi sisaldavate pooride seinad ning tänu sellele eraldub seni poorides lõksus olnud gaas kivimist [12, p. 34]. Pärast frakkimist ühendatakse puurauk gaasikogumisseadmega ning selle abil kogutakse kilda pooridest vabanev gaas maa peal kokku [32]. Kogutav gaas kas veeldatakse või juhitakse gaasitorustikku [7, p. 26]. Veeldamiseks gaas puhastatakse ja jahutatakse kuni see muutub vedelikuks [15]. Gaasi transporditakse torustikus rõhu all 5,5–12 MPa või veeldatuna temperatuuril alla -162 °C spetsiaalsetes veeldatud gaasi tankerites [13].

Gaasi transpordiks rajatakse surve- ja reguleerimisseadmetega varustatud torustik (Joonis 11).



Joonis 11. Surve- ja reguleerimisseadmetega torustik gaasi transpordiks [15]

Võimalusel viiakse torustik magistraaltoruni kraavi paigutatuna. Juhul, kui kraavi ei ole võimalik mingil põhjusel rajada, tehakse suundpuurimismeetodil horisontaalne auk, millest toru läbi tõmmatakse. [15]

Puurimiseks ja hüdrauliliseks purustamiseks kasutatav vesi tuuakse kohale paakautodega või võetakse võimalusel tuletõrjehüdrantidest [15]. Puuraugust väljapumbatav sooldunud vesi läbib esmalt eraldajat e separaatorit (Joonis 12), mis eraldab väljutatavast veest gaasi ja liiva ning seejärel kogutakse vesi basseini või konteinerisse (Joonis 13) esmaseks puhastamiseks, mille järel see kas taaskasutatakse puuraugus või saadetakse edasiseks puhastamiseks puhastusseadmesse [7, p. 26, 15].



Joonis 12. Gaasi ja liiva eraldaja [15]



Joonis 13. Puuraugust väljutatava vee konteiner [15]

Tänapäevast tehnoloogiat silmas pidades on oluline kasutada hüdrofrakkimisel kemikaale, et tagada tootmise efektiivsus ja seadmete korrashoid [33]. Kemikaalide osa maakoode pumbatavas vees on

kõigest 1–2%, ülejäänud 98% segust on vesi ja liiv [9, p. 10]. Kemikaalid täidavad hüdrofrakkimisel mitmeid funktsioone [9, p. 10]. Kasutatavate kemikaalide seas on näiteks vett geeliks muutvaid, pindaktiivseid, hõõrdumist ja seadmete korrosiooni vähendavaid, pH-d reguleerivaid ja bakteritsiidseid aineid [9, p. 10]. Kuigi lisanditena on võimalik kasutada sadu kemikaale, on neid hüdrofrakkimisel kasutusel siiski piiratud arv. Enamkasutatavad kemikaalid hüdrofrakkimisel on toodud lisas 1 [33]. Kemikaalid on tabelis järjestatud vastavalt oma funktsioonile [33].

Peeneteralist liiva kasutatakse selleks, et veesurve abil tekitatud lõhed püsiks avatuna [7, p. 26]. Liivaterad jäävad lõhedesse pidama ning hoiavad neid avatuna, võimaldades seeläbi gaasil eralduda pikema aja vältel [7, p. 26]. Liivana kasutatakse enamasti looduslikku liiva, kuid vahel ka tehisiiva, mis koosneb näiteks keraamilistest või alumiiniumhelistest või paagutatud boksiidist [9, p. 10].

Keskmiseks kildagaasi puuraugu gaasihaarde ala suuruseks on 24 ha. Gaasi eraldub algul palju, kuid aja pikku eralduva gaasi kogus väheneb. Üldiselt võib ühest puuraugust eralduda gaasi ca 10 aastat. [7, p. 26]

Gaasitootmise soodustamiseks kasutatakse tihti mitmeastmelist frakkimist ehk kõrgsurvevett surutakse kas terve puuraugu ulatuses mitu korda kilda lõhedesse või surutakse seda segmenditi ja tekitatakse nii täiendavad lõhed või suurem vaba pind gaasi eraldumiseks. [7, p. 26]

Kokku saadakse horisontaalse puurimise ja hüdraulilise purustamise tehnoloogia kombinatsioonil kätte 20–40% kildapoorides peituvast gaasist. Nagu eelpool mainitud, on arendamisel ka tehnoloogiad, mille abil võiks täiendava gaasi saamiseks ära kasutada maasoojuse abil utmist. [7, p. 26]

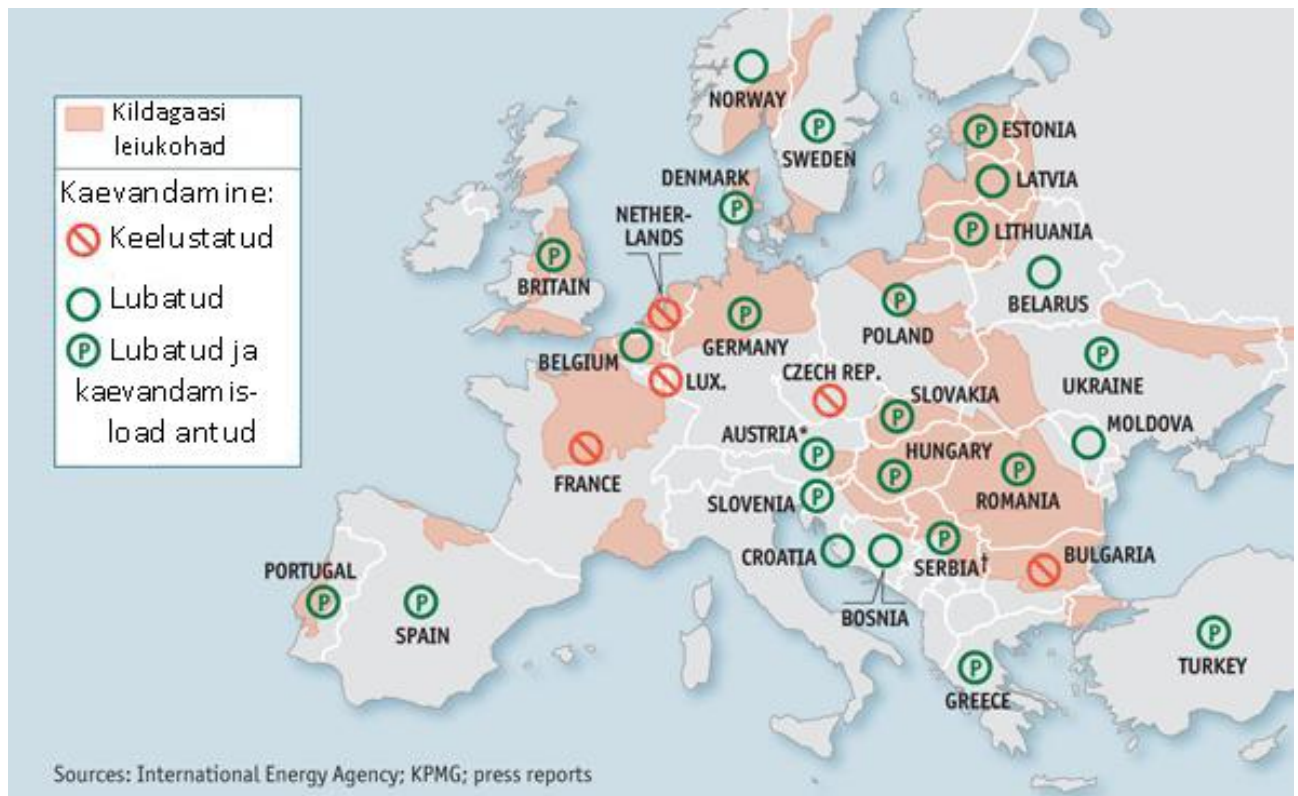
2. KILDAGAASI TOOTMISE MÕJUD KESKKONNALE

Igasuguse kütuse tootmisprotsess ja selle kasutamine omab mingisugust mõju. Ka kildagaasi ammutamisega kaasneb kindlasti mingisugune mõju looduskeskkonnale ja inimese tervisele ning samuti omab uue gaasiliigi kasutuselevõtt ka teatud majanduslikku mõju. Missugused ja kui suured need mõjud niivõrd uue kütuse puhul on, ei ole täielikult veel teada. Ometi on mitmed probleemid ja võimalikud riskid kildagaasi tootmisel juba välja selgitatud erinevate uuringute kaudu ning vastavad uuringud ka jätkuvad.

Kildagaasi tootmise nõrgim lüli on tehnoloogia, mis võib olla ohtlik keskkonnale – see võib kahjustada nii pinna- ja põhjavee kui ka õhu kvaliteeti.

Kuna kildagaasi tootjad teenivad kasumit, siis esineb kindlasti ka teatud võimalike riskide varjamist ja kõik informatsioon inimesteni jõuda ei pruugi. See aga tekitab omakorda inimestes hirmu ning paneb rahvast tegema omi järeldusi ja spekulerima ilma, et asjad tingimata tõele vastaksid.

Joonisel 14 on näha kildagaasi leiukohti Euroopas ning samuti seda, millistes riikides on kildagaasi kaevandamine lubatud, kus keelatud ning kus on kaevandamiseks välja antud ka kaevandamisload. Jooniselt võib näha, et Euroopas on viis riiki, mille territooriumil kildagaasi kaevandamine on seoses kaevandamistehnoloogia ohtlikkusega keskkonnale ajutiselt keelatud. Prantsusmaa oli esimene riik, kes keelas 2011. aasta juuli kuus kildagaasi hüdrokillustamise meetodil otsimise ja ammutamise [28]. Lisaks Prantsusmaale on oma territooriumil kildagaasi ammutamise ajutiselt keelustanud ka Bulgaaria, Holland, Luksemburg ja Tšehhi. On ka riike, kus teatud linn või maakond on otsustanud oma mõjupiirkonnas kildagaasi kaevandamise keelustada. Üheks selliseks on Quebec, kus frakkimine keelustati juba 2011. aasta märtsis [28]. Kildagaasi ammutamine on keelustatud ka Šveitsis Fribourgi kantonis ja Hispaanias Kantaabria piirkonnas [2].



Joonis 14. Kildagaasi leiukohad Euroopas (joonise legend tõlgitud autori poolt) [34]

2.1. Mõju keskkonnale

Fossiilsed kütused ei ole jätkusuutlikud ei kliimamuutusi ega pikaajalist energiavarustust silmas pidades, kuid nende kasutuselevõtt täiendava ressursina või saastavamate kütuste väljavahetajana on väga teretulnud. [2]

2.1.1. Üldised seisukohad

Fossiilsete kütuste, sealhulgas kildagaasi ammutamisel, on vaja kildagaasi maardlate uurimist ja hõlvamist lubavates riikides keskkonnale ja inimtervisele tekkivate võimalike ohtude vastu selget ja õiguslikult siduvat õigusraamistikku. [8, 2]

2012. aastal arutleti Euroopas kildagaasi ammutamisega kaasnevate võimalike keskkonnariskide ärahoidmise ja leevendamise ning vastavate õiguslike regulatsioonide tõhususe üle [9, p. 11]. Ometi otsustas Euroopa Parlament 2013. aastal, et keskkonnamõju hindamised kildagaasi uuringutega seotud tegevuste jaoks ei ole kohustuslikud ja kildagaasi eraldamine läheb samade nõuete alla nagu muude gaaside eraldamise projektid [21].

Tihedalt asustatud piirkondades nagu Ühendriikide idarannik, võivad kildagaasi ammutamisega seotud keskkonnaohud selle ulatuslikumale tootmisele takistuseks saada. [28]

Kõik kildagaasi tootmise negatiivsed mõjud keskkonnale ja inimtervisele ei pruugi veel hästi teada olla, kuid teadaolevatest probleemidest on kindlasti olulised frakkimistehnoloogiat kasutades suur veekulu ja frakkimisvedeliku ohtlikkus. Kasutatavad kemikaalid võivad sattuda läbi kivimite ka veekihtidesse ning reostada joogiveena kasutatavat põhjavett [28, 35]. On esinenud metaani rännet läbi kivimikihtide põhjavette ja atmosfääri, taaskasutatava vee ebapiisavat puhastamist ja korduvpuuritud puuraukudest levinud reostust [21]. Metaani rännet esineb ka loodusliku protsessina, kuid hüdraulilise killustamisega tekitatud lõhed suurendavad siiski selle tõenäosust [36].

Saaste vältimise teeb keeruliseks see, et kildagaasi eraldumine varieerub isegi sama projekti erinevate puuraukude raames ning saastet vähendavad protsessid, mis ühe puuraugu juures on piisavad, ei pruugi teise augu juures sama hästi töötada. [21]

Eestis esineva biogeense tekkega kildagaasi horisontaalse puuraugu kaudu ammutamise keskkonnariskid oleksid termogeense gaasiga võrreldes oluliselt väiksemad, kuna argilliit ei ole täielikult moondunud ning selle looduslik lõhelisus on säilinud, mistõttu ei ole kivimit vaja maa all purustada. Loodusliku lõhelisuse tõttu on samas oluline, et argilliidi kohal oleks tihedam lasund, mis hoiaks ära metaani rände põhjavette läbi poorse liivakivikihi ja lõhelise lubjakivi atmosfääri. [9, p. 11]

Puuraugu puurimise ajal on kildagaasil väga suur ja ruumiliselt intensiivne mõju maakasutusele. Nagu jooniselt 15 näha võib, võtavad puurimisseadmed, varustus ja transpordivahendid ning nende jaoks vajalikud parkimis- ja manööverdamisplatsid enda alla küllaltki suure maa-ala, mis võib häirida linna- või maa-asustust ning looduslikke elupaiku. [2]



Joonis 15. Kildagaasi ammutamine Marcelluse gaasimaardlast Pennsylvania osariigis [37]

Kuigi üldine suund on taastuveneergetikale üleminek, siis ka taastuvate energiaallikate kasutamisega kaasnevad teatud mõjud. Näiteks Ühendriikides hukkub tuulikute tõttu iga aasta hinnanguliselt 888 000 nahkhiirt ja 573 000 lindu. Hukkunud lindudest moodustavad röövlinnud 14%, kes on ka kõik kaitsealused liigid. Suur röövlindude hukkumine võib aga omakorda positiivselt mõjuda näriliste massilisele paljunemisele, mis võib tuua kahju nii viljasaagile kui ka suurendada näriliste kaudu levivate haiguste ohtu. [38]

Kuigi kildagaasi puurimistööde käigus on hõivatud suur maa-ala, mis vähendab põllumajanduslikult kasutatavat maad, võtab hilisem ammutamisperiood enda alla vaid väikese maapealse ala, mistõttu ei oma kildagaasi ammutamine suurt kahju ei viljasaagile ega üldiselt põllumajandusele antud piirkonnas.

2.1.2. Suur veekogus

Kildagaasi ammutamine on küllaltki veenõudlik. Erinevate allikate põhjal võib ühe puuraugu rajamiseks ja gaasi ammutamiseks kuluda 5000 [7, p. 26] -60 000 [1, p. 35] m³ vett. Vajaminev veekogus sõltub puuraugu sügavusest, tsentraalse vertikaalse puurauguga ühendatud horisontaalsete puuraukude hulgast ja nende pikkusest [16]. Puuraugust pumbatakse välja 25–75% kasutatud veest, mis suunatakse puhastusse [9, p. 10].

Ometi kuulub kildagaas kõige veetõhusamate energiaallikate hulka [18]. Kütuse ammutamine maapõuest ei ole ainuke vett tarbiv protsess kütuse tootmistsüklis. Oluline veekulu võib olla ka tsükli lõpus, elektri tootmisel. Näiteks kivisöel töötavad elektrijaamad tarbivad kaks kuni viis korda rohkem vett kui maagaasil põhinevad elektrijaamad [21]. Kui kivisöe abil elektrit tootes kulub 1 MWh elektrienergia tootmiseks 2–4 m³ vett, siis gaasiga töötavas soojuselektrijaamas sama energia tootmiseks kulub ainult 0,5–2 m³ vett [21]. Vee tarbimise keskkonnamõju elektri tootmisel sõltub jõujaama tüübist: jaamad kasutavad kas jahutustorne või lasevad vee lähedal asuvasse jõgedesse [21]. Maagaasi kombineeritud tsükliga soojuselektrijaamasid, kus ka jääsoojus kasutatakse aurugeneraatori abil ära, peetakse kõige efektiivsemateks suureulatuslikeks soojuselektrijaamadeks [21]. Ühe uurimuse põhjal saaks Texases kivisöe-elektri peale kulutatavat veetarbimist vähendada üle poole, minnes üle maagaasi kombineeritud tsükliga soojuselektri tootmisele [21]. Hinnanguliselt kulub 9 miljardi kuupmeetri kildagaasi tootmiseks 1,25–1,65 miljonit kuupmeetrit vett [18]. See gaasikogus moodustab umbes 10% Ühendkuningriigi praegusest aastasest gaasitarbimisest, samas kui tööstuse aastasest veevõtmisest katab kildagaasi tootmiseks kasutatav vesi antud riigis vaid 0,14–0,18% [18]. Samuti kulub Ühendriikides kildagaasi arenduse peale alla poole protsendi kogu kodumaise magevee tarbimisest [21].

Kuigi kildagaasi ammutamine on kokkuvõttes üks veesäästlikumaid tehnoloogiaid, võib kohalikul tasandil suurte veehulkade tarbimine siiski negatiivselt mõjuda. Teatud kuivades piirkondades võib kildagaasi kaevandamise peale kulutatav veehulk moodustada antud piirkonna veetarbimisest kuni 25% [18, 21]. Et tagada ka sellistes piirkondades piisavad veevarud pärast kildagaasile kulutatava vee ammutamist, on tarvis lubatava veekasutuse hulga määramiseks koostada kohalikul hüdroloogial põhinevaid veevarustuskavasid [18].

2.1.3. Atmosfääri saastamine ja kasvuhooneefekt

Kuigi kildagaasi ennast võib lugeda üsna puhtaks kütuseks, siis kildagaasi ammutamine seda ei ole.

Üheks peamiseks ohuks, mida kildagaasi tootmisega seoses nähakse, on hüdraulilise purustamise protsessi käigus süsteemist lekkida võiv metaan, mis on tugev kasvuhoonegaas [35]. Antud probleemi kontrollimiseks ja gaasilekete tuvastamiseks kasutatakse spetsiaalseid infrapunakaameraid [7, p. 26]. Lekkivat gaasi on võimalik kas põletada ja saada selle tulemusel CO₂, mis on vähem ohtlik kasvuhoonegaas (seotakse fotosünteesis), või koguda spetsiaalsete gaasipüüdmisseadmete abil kokku [7, p. 26].

Probleemiks võib olla ka puuraugust välja võetava jäätmevedeliku hoidmine konteineri asemel avatud basseinides, kust võib atmosfääri aurustuda kahjulikke orgaanilisi ühendeid. Need võivad põhjustada saastunud õhku, happevihmu ning maapinnale püsima jäävat osooni. [35]

Samas oleks söejaamade asendamine gaasijaamadega siiski atmosfääri puhtuse tagamiseks igati mõistlik [1]. Barack Obama administratsioon usub, et kasvav kildagaasi areng aitab vähendada kasvuhoonegaaside emissioone (aastal 2012 langes Ühendriikide CO₂ emissioon 20 aasta madalaimale tasemele) [21].

2.1.4. Kemikaalid ja kemikaalidega saastunud vesi

Hüdraulilisel purustamisel kasutatavale veele lisatakse umbes 151 m³ kemikaale, mis protsentuaalselt kogu puurauku pumbatava vee kohta ei ole küll väga suur arv, kuid arvestades, et puuraugust võetakse tagasi kõigest 25–75% frakkimise vedelikust ja ülejäänud vee, liiva ja kemikaalide segu jäetakse maa sisse, on seda siiski üsna palju. See kemikaalidega saastunud vesi ei ole ka biolagunev ning selle ohtlikkus aja jooksul ei vähene. [35]

Frakkimisvette lisatavaid kemikaale võib olla kuni 600 ning nende hulgas leidub tuntud kantserogeene ja toksine nagu metanool, soolhape ja formaldehüüd ehk metanaal ning mitmeid raskmetalle nagu plii, uraan, elavhõbe ja raadium. [35]

Õnneks on hakatud nii vabatahtlikult kui ka ametiasutuste nõudmisel avaldama frakkimisel kasutatavaid kemikaale. Kasutatavaid kemikaale ja lisandeid leidub ka koduses majapidamises ning potentsiaalselt ohtlike lisandite kasutamise lõpetamist on käitajad juba heaks kiitmas. [18]

Probleemseks ühendiks loetakse ka KCl, mis eraldatakse frakkimisveest, kuid mida ei ole väidetavalt kuhugi panna [7, p. 26]. Ometi on KCl levinud väetis ning keemiatööstuses kasutusel kaaliumhüdroksiidi toorainena [39].

Lisaks vette lisatud kemikaalidele on väljapumbatavas vees ka mingil määral muid keemilisi ühendeid, mis on gaasi ümbriskivimist väljalahustunud. [9, p. 10]

Hüdrofrakkimisel tekkiva heitvee uuesti ringlussevõtmisel tuleks tagada lekete riski miinimumini viimine. Selleks võiks olla kasutusel kohapealne suletud ahela põhine vee ringlussevõtmine, kasutades selleks basseinide asemel terasest mahuteid. Mahutite või konteinerite kasutamine kohapealseks vee puhastamiseks on keskkondlikult kõige kindlam viis tagasivooluvee töötlemiseks,

viies seeläbi miinimumini vajamineva veehulga, lekked maapinnale ja atmosfääri ning vee transpordiga puhastusjaama seotud transpordikulud ning liikluse ja teede kahjustused. [2]

Puuraugu sulgemisel tuleb tegeleda reovee ja kemikaalide hoiustamise ja käitlemisega. [8]

2.1.5. Kemikaalide leke transpordil ja ümberlaadimisel

Kildagaasi ammutamiseks kasutatakse väga suures koguses kemikaale, mis paakautode abil puurimiskohale transporditakse. Iga paakauto täitmisel ja tühjendamisel on tõenäosus lekkeks ning mida rohkem paakautosid kasutatakse, seda suurem on tõenäosus lekete tekkeks. Lisaks leketele kemikaalide ümberlaadimisel, kasvab tõenäosus suure hulga paakautode kasutamisel ka õnnetusteks transpordi käigus. Transporditavate kemikaalide hulgas leidub kemikaale, mis näiteks paakauto kraavi sõidul ja kemikaali sealt edasi kohalikku jõkke või järve liikumisel võib antud ökosüsteemi täiesti ära hävitada ning ühe ökosüsteemi rikkumine võib omakorda mõjutada teisi sellega seotud süsteeme ja keskkondi ning ka inimese tervist.

2.2. Mõju inimese tervisele

Inimese tervist mõjutab ka kõik see, mis mõjutab keskkonda meie ümber. Keskkond mõjutab omakorda inimest, kuid on siiski mõned olulised aspektid, mis mõjutavad vahetult inimese tervist ja heaolu.

2.2.1. Põhjavesi

USAs on kildagaasi puuraukude juures esinenud gaasi kogunemist põhja- ja sealt edasi joogivette ning selle teatud juhtudel joogikõlbmatuks muutnud [16]. Dokumenteeritud on üle 1000 juhtumi, kus frakkimise tagajärjel on vesi saastunud ning inimeste hingamis- ja närvisüsteem on saanud selle tõttu kahjustada [35].

Lisaks gaasi sattumisele põhjavette, võib põhjavette imbuda ka defektsetest või kehva manteldusega puuraukudest kõrgsurvevesi ja seda reostada. [8]

Põhjavee saastamise vältimiseks on väga oluline puuraugu terviklikkus ja puuraugu manteldamise kvaliteet. Ühendriikides rajatud kildagaasi puuraukudest väidetavalt 6% lekkisid, mis arvestades seda, kui palju puurauke USAs viimastel aastatel rajatud on, on üsna suur number. [2]

Põhjavee saastamise ennetamiseks on tarvis puurkaevu ehitamisel teha pidevat järelevalvet kehtestatud kõrgeimate standardite ja tavade range järgimise üle ning tagada korrapärane kvaliteedikontroll puuraugu manteldamise ja tsementimise terviklikkuse kohta. [18]

Põhjavee reostumise ärahoidmiseks on uuringute alusel soovitatav jätta lõhustatava kivimi ja põhjaveehorisoni vahele vähemalt 600 meetri laiune tsoon. Üldiselt toodetakse kildagaasi 2–3 km sügavuselt, mis peaks tagama maapinnalähedaste veehorisontide reostuse poolt puutumatus. [1, p. 35]

Eestis ei oleks kildagaasi ammutamiseks hüdraulilise purustamise tehnoloogiat otstarbekas kasutada, kuna see looks maa all võimsa lõhede võrgustiku, mis ühendaks peaaegu kõik põhjaveehorisonid ning sellega looksime lihtsalt hea aluse kogu põhja reostamiseks [1, p. 36]. Siinsetes oludes oleks risk põhjaveele ja inimeste elukvaliteedile enneolematult suur [16]. Kuna aga Eesti graptoliitargilliit ei ole täielikult moondunud ja omab looduslikke lõhesid, ei ole antud tehnoloogiat üleüldse vaja kasutada.

2.2.2. Mära ja vibratsioon

Kildagaasi kaevandamise varajastes etappides võib esineda hulk häirivaid mõjusid [18]. Puurimisseadmed, pumbad ja kompressorid tekitavad häirivat müra, kuid selle tõkestamiseks on tavaliselt kasutusel müratõkked [18, 15]. Ometi jääb müratõketest hoolimata probleemiks vibratsioon, mis lähtub samuti kompressoritest, kuid lisaks veel intensiivsel transpordil ja ka hüdraulilisel purustamisel tekkiv vibratsioon. Puuraugud võivad mõjutada lausa seismilisi protsesse ning esile kutsuda ka väiksemaid maavärinaid [1, p. 35]. Kildagaasi ammutamise tõttu on sarnaseid värinaid registreeritud arvukalt nii USAs kui Kanadas [1, p. 35].

Intensiivset transporti iseloomustab näiteks kaheksa puurkaevuga platvorm, mis võib vajada umbes kuuekuulise eelkaevandamise jooksul kuni 6000 kallurisõitu. [18]

Eelkaevandamise järel väheneb häirimine aga miinimumini. Gaasi ammutamise etapis oleva puurkaevu maapealsed seadmed võtavad enda alla vaid mõne ruutmeetri ning tootmine on hääletu. [18]

2.2.3. Radioaktiivsus

Üheks ohuks seoses kiltkivist gaasi ammutamisega on radioaktiivsete isotoopide eraldumine põhjavee kihtidesse või ebakorrektse väljapumbatava vee käitlemise korral ka jõgedesse ja järvedesse sattumine. Isegi kui inimesi antud radioaktiivsete lekete lähistel ei ela, võib

bioakumulatsiooni käigus raadiumit kaladesse sellisel määral koguneda, et see siiski inimese toidulauale jõudes, inimesele kahjulik on. [37]

Radioaktiivne mõju võib avalduda ka argilliidi avatud kaevandamisel. Vihmavesi võib argilliidis sisalduvad radioaktiivsed ained, nagu uraan, kivimist välja pesta ning need seejärel pinna- või põhjavette kanda. Selle ohu vältimiseks on võimalik kasutada allmaakaevandamist. [40]

2.3. Majandus-poliitiline mõju

Kildagaasi kui uue energiaallika kasutuselevõtt omab mõju nii majandusele kui ka riikide poliitilistele suhetele.

2.3.1. USA tõus kildagaasi tootmisel

Tänu kildagaasile on USAs tehtud aastatel 2009 ja 2010 gaasi- ja naftatööstuses äritehinguid 292 miljardi dollari väärtuses ning kildagaasiäri on andnud Ühendriikidele juurde umbes pool tosinat uut miljardäri. Seda on sama palju, kui on sama aja jooksul tekkinud miljardäre internetiäris. [6]

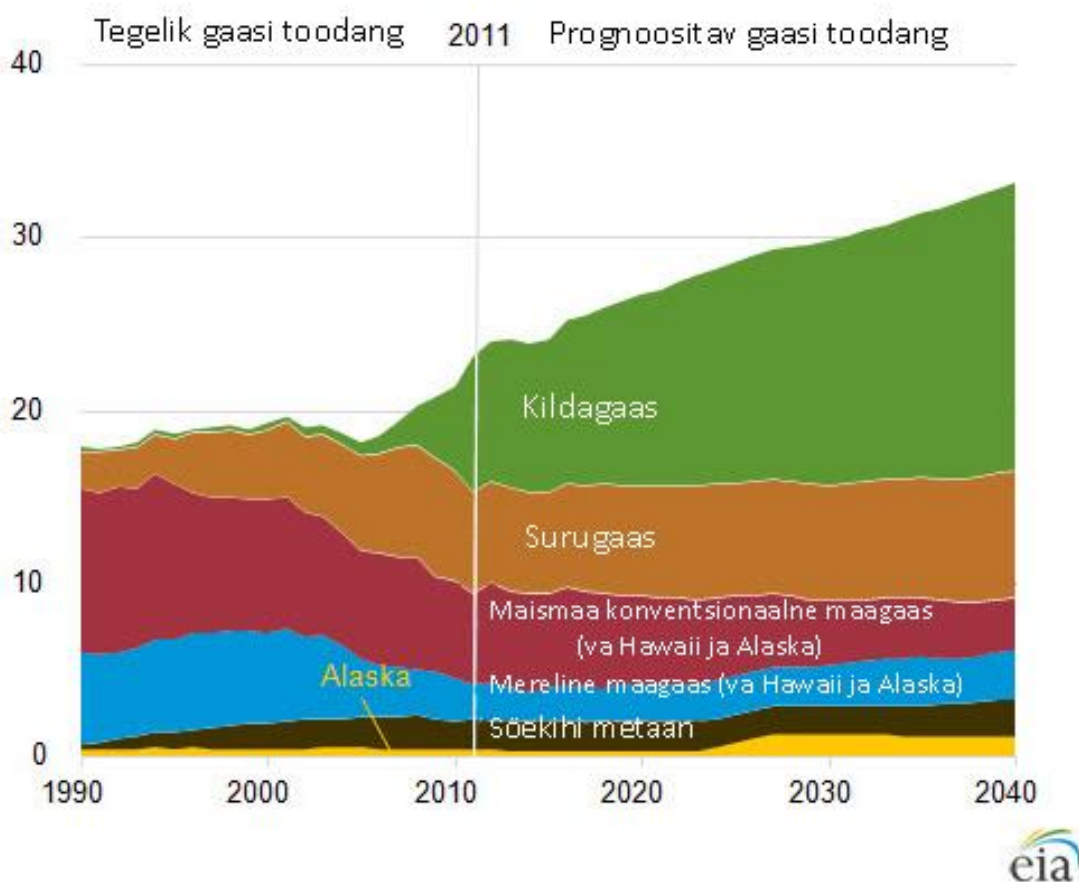
USA kildavarude vastu tunnevad huvi ka teiste riikide ettevõtted. Näiteks teatas Norra naftakompanii Statoil 2011. aasta oktoobris oma soovist osta 4,4 miljardi dollari eest ettevõtte Brigham Exploration Company, mis tegeleb nafta ja gaasileiukohtade otsingute ja uurimistöödega. [6]

Kildagaasist on saanud alates selle sajandi algusest Ameerika Ühendriikides kasvavalt oluline maagaasi allikas ning huvi potentsiaalsete gaasi sisaldavate kilda leiukohtade vastu on kasvanud ka ülejäänud maailmas. 2000. aastal oli kildagaasi osakaal kogu Ühendriikide gaasi tootmises ainult 1%, 2010 aastaks oli see number juba üle 20% ning EIA ennustab, et aastaks 2035 moodustab kildagaas 46% Ühendriikide loodusliku gaasi toodangust. [21]

Jooniselt 16 on näha, kuidas kildagaasi osakaal Ühendriikide gaasi toodangus 21. sajandi esimesel kümnendil on järsult tõusnud ning sellele nähakse ette ühtlast kasvu aastani 2040.

Ühendriikide gaasi toodang: 1990-2040 (tegelik ja ennustatav)

Toodang triljonit kuupjalga



Joonis 16. Ühendriikide gaasi toodang aastatel 1990-2040 (joonise tekst on autori poolt eesti keelde tõlgitud) [41]

Ameerika kildagaasiäris kahtlustavad mitmed suurpangad ja investorid teatavalt tehiskultuuri, kuid vaatamata kõigele, on USA siiski alates 2009. aastast maailma suurim gaasitootja [1, p. 35, 28]. Selline muutus mõjutab aga riikide majanduslikes ja poliitilistes suhetes väljakujunenud tasakaalu ning on juba esile kutsunud rahulolematust nii Hiinas kui Venemaal [1, p. 35].

Ameerika Ühendriigid on viimase kümne aasta jooksul saanud gaasitarnetest täielikult sõltumatuks ning muutunud gaasi importivast riigist gaasi eksportivaks riigiks [9, p. 11]. Ameeriklastest üle jäävat veeldatud gaasi on araabia riigid sunnitud müüma nüüdsest Euroopasse [16].

Rahvusvahelise Energiaagentuuri (IEA) hinnangu kohaselt võib USA aastaks 2020 saada tänu kildale ka maailma suurimaks naftatootjaks ja aastal 2025 võiks vastavalt antud prognoosile rahuldada kogu oma riigi energiavajaduse peaaegu täielikult ise. [42]

2.3.2. Gaasi hind

Gaasi varud maailmas on väga suured ja seda leidub paljudes riikides, kuid kogu varu ammutamine praeguse tehnoloogiaga on võimatu. Nii või teisiti jääb maa sisse teatud kogus gaasi ning pikaajalises perspektiivis selle tootmiskulud suurenevad [5]. Väikeste allesjäänud hajutatud gaasikogumite ammutamiseks peaks olema kasutusel mõni uus tehnoloogia, vastasel korral on odavam jätta need maa sisse ja leida mõni uus kütuseliik.

Peamiseks gaasi hinnalanguse põhjuseks peetakse kildagaasi, mis on gaasi pakkumist turul olulisel määral suurendanud [43]. Kildagaasi pakkumist turul on võimaldanud suurendada uued tehnoloogilised võimalused antud gaasi ammutamiseks [6]. Kui 2011. aasta jooksul kerkis nafta hind 6,5%, langes maagaasi hind sama aja jooksul tervelt 25% [6]. Sellele eelneva kolme aastaga langes gaasi hind tervelt viis korda [7, p. 24].

Samal ajal, kui nafta hind on olnud tõusuteel, on gaasi hind märgatavalt langenud. Hinna jätkuv langus on aga suured gaasitootjad muretsema pannud ning väidetakse, et maagaasi praegune hind on ebaõiglane ja see tuleks siduda nafta hinnaga. Venemaa energeetikaminister Sergei Šmatko kutsus juba 2010. aasta aprillis gaasitootjaid üles tegema koostööd vältimaks hetkehindade mõju pikaajalistele kokkuleppehindadele. [12, p. 34]

Tõenäoliselt ei kesta aga praegune olukord, kus nafta ja gaasi hinnad liiguvad erinevas suunas, igavesti ning varem või hiljem annab üks järele. Hinna ühtlustamise eest hoolitsevad nii investeeringuid vähendavad tootjad kui ka spekulandid-kauplejad. Ei ole aga kindel, kas gaasi hind hakkab tõusma või hoopis nafta hind langema. [12, p. 34]

Rice'i ülikoolis theBaker Institute of Public Policy poolt läbiviidud uurimus tõi välja, et kildagaasi kasvav tootmine Ühendriikides ja Kanadas võib aidata vältida Venemaal ja Pärsia lahe riikidel dikteerida kõrgemaid gaasi hindu Euroopa riikidesse eksporditavale gaasile. [21]

Kildagaasi majanduslik mõju on hästi nähtav USA gaasitarbija peal, kes maksab gaasi eest enam kui kolm korda vähem kui Euroopa gaasitarbija ning rohkem kui neli korda vähem kui teeb seda gaasitarbija Aasias [1, p. 35]. USA gaasitarbijad hoidsid 2013. aastal kokku umbes 75 miljardit dollarit oma kodukuludelt ning USA tööstustarbijad ligi 50 miljardit dollarit [16].

Nafta hinna jätkuval tõusul või pikemaajalisel püsimisel praegusel tasemel, muutub üha aktuaalsemaks ka põlevkivi kasutamine erinevate kütuste tootmiseks. [6]

Intensiivne kildagaasi ammutamine ja selle tulemusel langevad gaasihinnad võivad seada ohtu teiste madala CO₂ heitmetega alternatiivsete energiaalliate elujõulisuse. [2]

2.3.3. Üldine mõju majandusele

Kildagaasi ammutamine omab nii üksikute riikide kui kogu maailma ühtsele majandusele mitmeid mõjusid. Kildagaasi projektide arendamine looks igas selle etapis uusi töökohti ja tagaks riikidele ja näiteks Euroopa Liidule, mis on seni gaasi tarbimises suuresti sõltunud Venemaast, suurema energiasõltumatuse. Maailma mastaabis tooks see kaasa hindade ühtlustumise. [8]

Väidetavalt võiks tekkida Prantsusmaal aastaks 2020 ligi 100 000 uut töökohta, kui riik võtaks kasutusele 20% teadaolevast kildagaasivarust. [19]

Tekkiv mõju ei ole siiski täielikult positiivne, kildagaasi ammutamine on küll kõrgelt tasustatav, kuid madala kvalifikatsiooniga. See võib meelitada noori kõrghariduse omandamisest loobuma. Samas leidub kildagaasi projektide arendamisel ka kõrgema kvalifikatsiooniga töökohti. Kildagaasi leiukohtade otsimine ja uurimine nõuavad erialase kõrgharidusega töötajaid ning samuti leiavad tööd puurimisseadmete insenerid, mehaanikud, projektijuhid jm. Pigem toob kildagaas endaga kaasa siiski suuremad valikud töökohtade leidmisel. [2]

Samas mingis piirkonnas gaasi ammendumise korral langeb tööhõive seal hüppeliselt ja sunnib töölisi rändama piirkonnast välja teistesse ammutamiskohtadesse. [2]

2.3.4. Eesti oma kildagaas

Võttes kasutusele Eesti kildagaasi varud suurendaksime energeetilist sõltumatust Venemaast ning looksime uusi töökohti, mis on praegust Eesti töötuse osakaalu arvestades väga positiivne nii rahvale kui ka riigile – riigikassasse laekub rohkem maksuraha ja väheneb riigikassast väljaminev töötuabiraha osakaal. Siinse kildagaasi ammutamisega võivad kaasneda ka suured välismaised investeeringud.

Ometi ainult kildagaasi peale üle minna ei ole mõistlik. Oluline on säilitada ka energeetikas mitmekülsus ja võimalusel liikuda taastuvate energiaallikate suunas. Samas ühe lisana meie peamiselt põlevkivienergeetikale, oleks kildagaas siiski teretulnud. Sellisel juhul tasuks suurte tootmismahdade juures osa saadavast gaasist hea hinnaga eksportida. [14]

2.3.5. Poliitiline mõju

Läbi kogu eelmise ja ka praeguse sajandi on tööstusriikide jaoks olulisel kohal olnud energiaressursside omamine või nendele ligipääs vastavate impordilepingute ja taristute kaudu. Tööstustoodangu mahtude ja elanikkonna kasvu suurenemine on muutnud energeetika üheks tõhusamaks relvaks mõju omamisel teiste riikide üle. Üsna palju piirkondlikke ja ka suuremaid relvakonflikte on aset leidnud seoses kütusevarude üle kontrolli saamise vajadusega. Praegu on sellise alltekstiga sündmused aset leidmas näiteks Ukrainas. Seniajani on Ukraina olnud peamiseks Venemaa gaasiekspordi kanaliks Lääne-Euroopasse. Tänu Nord Streami gaasijuhtmele on Ukraina kaudu Euroopasse liikuva Venemaalt imporditava gaasi maht aga vähenenud 75% pealt vaid 15% peale [44]. Kuna Ukraina ei ole Euroopa Liidu liige ja Ukraina kaudu Euroopasse liikuva gaasi osakaal on langenud, on vähenenud ka Ukraina riigi olulisus Euroopa Liidu jaoks ning see võib olla ka põhjus, miks praegustes Ukrainas ja Venemaa vahelistes konfliktides Euroopa Liidu poolt olulisi sanktsioone näha ei ole.

Euroopa Liidu energiavoliniku Günther Oettingeri sõnul ei ole Euroopa Liidu liikmesriikidel vaja siiski karta gaasitarnete katkemist Venemaalt, kuna Euroopa Liit ja Venemaa vajavad üksteist [45]. Siit siis ka teine „pehmete“ sanktsioonide põhjus Venemaale. Euroopa Liit sõltub veel Venemaalt imporditud gaasist ning Venemaa majandusele on oluline müüa Euroopasse gaasi [45]. USA valitsuse EIA andmetel läks 2012. aastal 81% Venemaa gaasiekspordist Euroopa riikidesse, sellest 57% Lääne-Euroopasse ja 24% protsenti Ida-Euroopasse [44].

Aga mitte ainult gaasi transiidi üle kontrolli omamine ei ole ilmselt Venemaa poliitiliste sammude põhjuseks, vaid ka leitud kildagaasi leiukohtadele ligipääs või ka nende maardlate uurimise takistamine ebastabiilse poliitilise olukorra tekitamise läbi. Ukrainas peitub hinnanguliselt 2,98 triljonit kuupmeetrit kildagaasi, mis teeb selle üheks Euroopa suurimaks maardlaks [46]. Tänu kildagaasile ennustati Ukrainale 2020. aastaks gaasi osas täielikku sõltumatust [46]. Venemaa on kasutanud gaasi geopoliitilise relvana ning on seda taas tegemas Ukraina puhul [47].

Sellise poliitilise ja majandusliku manipuleerimise takistamiseks on Euroopa Liidus üsna teravalt päevakorda tõusnud gaasi hankimine alternatiivsete gaasijuhtmete kaudu kui ka veeldatud gaasi impordi suurendamine. Nagu varem mainitud, on USA tänu kildagaasile tõusnud maailma juhtivaks gaasitootjaks. Mitmed Euroopa riigid on energeetilise sõltuvuse vähendamiseks Venemaast palunud abi just Ühendriikidelt [47]. Poola, Ungari, Tšehhi Vabariigi ja Slovakkia suursaadikud on pöördunud nii USA senatisse kui esindajatekotta palvega leevendada Ühendriikide ekspordipiiranguid ja suurendada veeldatud maagaasi (LNG) eksportimist Euroopasse [47].

USA ongi võtnud plaaniks suurendada gaasi ja nafta eksporti ja seda esmajärjekorras Euroopas, et vähendada sealsete riikide sõltuvust monopoolsest Venemaa gaasist [48]. USA ekspordipiirangute leevendamise korral ja Euroopale odavama hinnaga gaasi müümise tagajärjel võiks Venemaa peamiselt gaasil baseeruv majandus sattuda löögi alla ning Venemaa agressiooni ja gaasi relvana kasutamist tagasi tõmmata [47].

Praegu USA aga Euroopale veel LNG-d ei müü ning esimene Ühendriikide LNG eksporditerminal peaks valmima alles järgmise aasta teisel poolel [47]. Vajaliku infrastruktuuri loomine suurte gaasikoguste ekspordiks Ameerika Ühendriikidest Euroopasse võtab siiski teatud määral aega ning see praegust olukorda Ukrainas veel mõjutada ei pruugi suuta [48].

Üsna suur osa Euroopast on gaasi osas ikkagi Venemaast sõltuv ning sellele täna ja kohe alternatiivi pole. Näiteks kui 2009. aastal peatas Gazprom gaasitarned Ukrainasse jäi ka suur osa Euroopa Liidust gaasita. [49]

USA uus energiaminister Ernest Moniz on öelnud, et kõigi kildagaasi ja ka kildanafta varude arendamine Euroopas ja Hiinas muudaks oluliselt senist rahvusvahelist energiakaubanduse iseloomu ja mõjutaks ilmselgelt kaubavooge [42]. USA intensiivne kildagaasi ammutamine on näiteks LNG eksporti USAsse oluliselt vähendanud ning pannud LNG-d eksportivaid riike oma turuks üha enam võtma Euroopat [42]. Tarnete ümbersuunamine Euroopasse on aga omakorda vähendanud Euroopa riikide nõudlust Venemaalt imporditava kõrgema hinnaga torugaasi järele [28].

Seoses Ukraina konfliktiga Venemaaga, jõudis Ukraina hiljuti kokkuleppele Slovakkia, et viimase kaudu oma riiki gaasiga varustada. Kokkuleppe kohaselt saab Ukraina aastas Slovakkia kaudu kuni kümme miljardit kuupmeetrit gaasi. Samasugused kokkulepped on saavutatud ka Ungari ja Poolaga ning nende mõte on aidata kaasa riigil Venemaa gaasist sõltumatuks saada. [50]

Ka Eesti energiajulgeoleku kindlustamiseks on plaanis kasutada LNG-d. Plaanis on rajada Soome, Inkoosse suurem LNG terminal ning ühendustoru Inkoost Paldiskisse, kus paikneks kas väiksem terminal või ainult mahuti LNG hoidmiseks. Meie oma LNG terminal ja ühendus Soomega, on headeks eeldusteks Eestis leiduva kildagaasi või põlevkivigaasi tootmiseks ning seejärel veeldatult eksportimiseks. [51]

KOKKUVÕTE

Töös antakse ülevaade kildagaasi kui ühe uue energiaallika olemusest ja selgitatakse selle mõistet. Kildagaas on maapõues orgaanilise aine lagunemisel tekkinud ning kiltkivi pooridesse lõksu jäänud gaas, mis koosneb peamiselt metaanist, kuid selles leidub ka etaani, propaani, butaani ja teisi gaase.

Töös antakse ülevaade kildagaasi varude paiknemisest maailmas ning nende varude suurusest. Eraldi on käsitletud kildagaasi potentsiaali Eestis. Orgaanilist ainet sisaldavad kildad on maailmas üsna laialt levinud ning seetõttu on kildagaasi varud ka hiiglaslikud. Varusid hinnatakse jätkuvat vähemalt sajaks aastaks ning tehnoloogia arenedes veel kauemaks.

Suurimad kildagaasi varud paiknevad teatud hinnangute põhjal kas USAs või Hiinas. Ka Eestis on teada kildagaasi olemasolu ning Balti riikide alla jääva kildagaasi maardla tehniliselt kättesaadavaks varuks on hinnatud 0,65 triljonit kuupmeetrit.

Töös käsitletakse kildagaasi kasutamise ja kaevandamise ajalugu ning ammutamise kahte peamist tehnoloogiat. Esimene tehnoloogia, mida kildagaasi saamiseks oleks võimalik kasutada, on utmine, mis eeldab puurimise asemel argilliidi kaevandamist ja seejärel kuumutamist. Kuna aga enamik kiltkivikihte paikneb 2–5 km sügavusel, ei ole maapealne utmistehnoloogia kasutamine väga mõistlik. Sellepärast on teiseks ja enamlevinumaks meetodiks hüdrauliline purustamine maapõues horisontaalses puuraugus, mille tulemusel kiltkivi poorid avanevad ja eralduv gaas kogutakse puuraugu kaudu maa peal kokku.

Kogu kildagaasi kasutuselevõtu ajalugu on seotud peamiselt USAg. Esmakordselt ressursina ammutati kildagaasi 1821. aastal Fredonias, New Yorgis. Teadaolevalt puuriti esimene tööstuslik kildagaasi horisontaalne puurauk 1929. aastal Texase osariigis ning hüdraulilise purustamise tehnoloogiat kasutati horisontaalses puuraugus samuti esimesena Ühendriikides 1947. aastal.

Töös antakse ka ülevaade kildagaasi kasutamisega kaasneda võivatest keskkonnaprobleemidest. Välja on toodud nii looduskeskkonda kui inimese tervist ja ka majandust mõjutavad tegurid. Esiteks on kildagaasi ammutamine üsna veenõudlik, vajades ühe puuraugu tegemiseks erinevate andmete

põhjal kuni 60 000 m³ vett. Ometi peetakse seda, eriti tänu tootmistsükli viimasele osale, elektri tootmisele, üheks veetõhusamaks energiaallikaks.

Teise kildagaasi tootmisega seotud keskkonnariskina on töös välja toodud atmosfääri saastamine ning kasvuhooneefekt, mida põhjustab eelkõige metaani lekkimine hüdraulilise purustamise käigus. Samas on kildagaas ise puhas kütus ning sellest elektri tootmine gaasijaamades oleks väga positiivne asendus kivisöe kasutamisele, mis vastupidiselt gaasile, on väga saastav kütuseliik.

Keskkonnariske põhjustavad ka hüdraulilise purustamise protsessis kasutatavad kemikaalid. Mitmed kasutatavad kemikaalid on toksilise või kantserogeense toimega ning nende lekete korral võivad tekitada kahju nii inimesele kui loodusele. Keskkonnale ja inimese tervisele ohtlike ainete kasutuselt kõrvaldamist on käitajad juba heaks kiitmas.

Probleemiks on ka nii gaasi, kemikaalide kui ka kivimitest leostuda võivate ainetega saastuda võiv põhjavesi. Kivimitest leostuda võivate ainete hulgas leidub ka radioaktiivseid aineid, mis võivad kas otsesel kokkupuutel või bioakumulatsiooni tõttu inimesele kahjulikud olla.

Inimese ja loomade elutegevust võivad oluliselt häirida puurimisseadmed ja kompressorid, mis tekitavad kaevandamispiirkonnas kõrgenenud mürataset. Puurimisplatsi piirkonna müra vastu on tavaliselt siiski kasutusel müratõkked, kuid transpordist tekkivat müra ja vibratsiooni need ei tõkesta. Samuti ei aita müratõkked hüdraulilise purustamise tõttu tekkiva vibratsiooni vastu. Hüdraulilise purustamise tõttu on esinenud ka väiksemaid maavärinaid.

Keskkonnariskide vähendamiseks tuleb teha pidevat teadus- ja arendustööd uute ja keskkonnasõbralikumate tehnoloogiate väljatöötamiseks. Kildagaasi nagu kõigi teiste kütuste ammutamiselgi, tuleb rõhku panna tööde teostamise ja kasutatavate materjalide kvaliteedile ning teha töödele järelvalvet.

Uue energiaallika lisandumine omab ka mõju majandusele. Üheks gaasi hinnalanguse peamiseks põhjuseks peetakse just kildagaasi, mis on gaasi pakkumist turul oluliselt suurendanud. Kildagaas on võimaldanud näiteks USA-l saada gaasitarnete osas täielikult sõltumatuks ning prognoosi kohaselt võib aastaks 2025 rahuldada kogu oma riigi energiavajaduse ise.

Tugeva majandusliku mõju tõttu on kildagaas mõjutamas ka riikide omavahelisi suhteid. Teatud olukordades võib kildagaasi ammutamine endaga kaasa tuua suhete soojenemist gaasi müügi- või ostutehingute tõttu, kuid teatud puhkudel võib see hoopis riikide vahele pingeid luua ja halvemal juhul põhjustada agressiooni.

SUMMARY

The topic of this thesis is „Problems associated with shale gas reserves and their extraction on the basis of released publications“. The thesis consists of two chapters, which are „Shale gas as a new perspective energy source“ and „The impacts of shale gas production on the environment“.

The aim of this thesis was to:

- give an overview of shale gas in general and the history of shale gas usage;
- give an overview of shale gas reserves around the world and the potential reserves in Estonia;
- give an overview of shale gas extraction and the environmental problems associated with it and also the economical and political impacts, that the extraction of shale gas brings.

The world is in need of environmentally friendly and low CO₂-emission energy sources. This has caused many countries and institutions, like the European Union, to find alternatives to enrich the current energy management. One of the alternatives could be shale gas, which is widely spread around the world.

The largest known shale gas reserves are located in either the USA or China. A report by Advanced Resources International (ARI) places USA first as the country with largest shale gas reserves in the world, while a report by the U.S. Energy Information Administration (EIA) places USA fourth and says China to be the country with largest known shale gas reserves.

Shale gas is natural gas, which is found in shale formations generally in the depth of 2–5 km. Shale gas was first extracted in Fredonia, New York, in 1821. There are two main technologies for shale gas extraction. One of the technologies, which is also the most common and known method for recovering shale gas from shale formations, is called hydraulic fracturing. This method includes drilling horizontal wells and pumping fracking fluids into the well with high pressure to break the pores of the shale rocks. This technology is used to extract thermogenical shale gas. Hydraulic fracturing has been used since 1947.

The second technology used to extract shale gas is called dry distillation, which is a technology to produce gaseous products from solid fuels, like shales or oil shales, by heating the fuel up to 500–550 °C. This technology can be used to recover shale gas from biogenic shales which don't need to be hydraulically fractured.

It is a known fact that Estonia also has some shale gas reserves in its crust, but the shale gas in Estonia is thought to be biogenic, since the shales in Estonia are not deep enough to meet the necessary thermal and pressure conditions to have become thermogenic. Therefore the technology used to recover shale gas in Estonia, should be dry distillation.

The thesis also gives an overview of the main problems caused by the extraction of shale gas. The potential and real problems of a shale gas well are:

- intense water usage for shale gas wells (from 5000–60 000 m³ per well);
- air pollution and the emission of greenhouse gases (methane migration);
- water pollution by fracking chemicals (hazardous chemicals used in fracking process may leak into the environment and contaminate the water reserves);
- increased noise and vibration in fracking area (noise comes from different machines used in the fracking site and from intense transportation; vibration is mainly caused by transportation and hydraulic fracturing in the ground);
- radioactive contamination caused by radioactive elements in shale rocks.

Shale gas also has an impact on both the world's economy and political relationships. One of the impacts of shale gas on the economy is the decrease of gas price due to increased amount of available natural gas on the market. This lowers the household gas fees and also the fees the industries pay for their gas usage. However lower gas prices have caused resentment in oil producers, because of the decline in oil consumption.

Shale gas might also be one of the reasons for the current conflict between Ukraine and Russia, because of the rather large shale gas reserves found in Ukraine, which are one of the largest in Europe.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] A. Soesoo, „Kildagaasist mitmest küljest,“ Inseneeria, kd. nr 2, pp. 34-36, veebruar 2013.
- [2] „Regioonide Komitee arvamus teemal „Kohalike ja piirkondlike omavalitsuste seisukohad kildagaasi, kinnisgaasi, põlevkiviõli ja kinnisõli (mittekonventsionaalsete süsivesinike) kasutamise kohta,“ 2013. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 21 märts 2014].
- [3] „Päästötalkoiden heikoin lenkki on polttoaine,“ Tiede, kd. nr 4, nr 4, p. 15, aprill 2014.
- [4] Eesti gaasiliit, „Maagaas on puhas kütus,“ Maagaas, vedelgaas, tööstusgaasid, gaasiseadmed Eestis, Tallinn, Kirjastus Ilo, 2007, p. 51.
- [5] L. Tanning, „Maailma energia ülevaade,“ Eesti põlevloodusvarad ja –jäätmel, pp. 6-7, 2011.
- [6] T. Oja, „Kildapalavik,“ Inseneeria, kd. nr 10, p. 28, detsember 2011.
- [7] I. Valgma, „Kildagaasi ehk uue nafta lätetel,“ Inseneeria, kd. nr 10, pp. 24-26, detsember 2011.
- [8] „www.e24.postimees.ee,“ E24, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.e24.ee/983094/euroopa-kaalub-kildagaasi-kasulikkust>. [Kasutatud 8 jaanuar 2014].
- [9] E. Uibopuu, „Kildagaas – kas Eesti kolmeteistkümnes maavara?,“ Keskkonnatehnika, kd. nr 3, pp. 10-11, 2012.
- [10] „www.en.wikipedia.org,“ Wikipedia, [Võrgumaterjal]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Oil_shale_industry. [Kasutatud 20 märts 2014].
- [11] „www.uudised.err.ee,“ Eesti Rahvusringhäälingu uudised, [Võrgumaterjal]. Available: <http://uudised.err.ee/?06289838>. [Kasutatud 8 jaanuar 2014].
- [12] T. Oja, „Nafta ja gaasi teed läksid lahku,“ Inseneeria, kd. nr 5, pp. 34-35, mai 2010.
- [13] Eesti Gaasiliit, „Küttegaasid,“ Maagaas, vedelgaas, tööstusgaasid, gaasiseadmed Eestis, Tallinn, Kirjastus Ilo, 2007, p. 47.
- [14] „www.ekspress.delfi.ee,“ Eesti Ekspress, [Võrgumaterjal]. Available: <http://ekspress.delfi.ee/news/paevauudised/eesti-uudised/aastaid-on-raagitud-et-ka-eestis-on-kildagaasi-kas-on-vastab-akadeemik-lippmaa.d?id=66197172>. [Kasutatud 8 jaanuar 2014].
- [15] „www.mi.ttu.ee,“ Mäendusõpik, [Võrgumaterjal]. Available: <http://mi.ttu.ee/kildagaas>. [Kasutatud 25 veebruar 2014].

- [16] „www.sirp.ee,“ Sirp, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.sirp.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=16718:kildagaasist-mitmest-kueljest&catid=9:sotsiaalia&Itemid=13&issue=3421. [Kasutatud 8 jaanuar 2014].
- [17] „Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States,“ 2013. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 13 märts 2014].
- [18] „Kildagaasi ja põlevkiviõli ammutamise keskkonnamõju raporti projekt,“ 2012. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 21 märts 2014].
- [19] „www.shalegas-europe.eu,“ Shale Gas Europe, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.shalegas-europe.eu/en/index.php/resources/shale-opportunities-in-europe/france>. [Kasutatud 13 märts 2014].
- [20] „www.shalegas-europe.eu,“ Shale Gas Europe, [Võrgumaterjal]. Available: <http://shalegas-europe.eu/shale-gas-explained/shale-gas-and-europe/poland/>. [Kasutatud 23 aprill 2014].
- [21] „www.en.wikipedia.org,“ Wikipedia, [Võrgumaterjal]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Shale_gas. [Kasutatud 14 veebruar 2014].
- [22] V. Petersell, „Diktüoneemakilt,“ Eesti põlevloodusvarad ja –jäätmel, p. 7, 2007.
- [23] „www.ut.ee,“ Tartu Ülikool, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ut.ee/BGGM/maavara/dityoneema.html>. [Kasutatud 28 märts 2014].
- [24] „www.maeopik.blogspot.com,“ Mäendusõpik, [Võrgumaterjal]. Available: <http://maeopik.blogspot.com/2011/10/diktuoneemakilt.html>. [Kasutatud 25 veebruar 2014].
- [25] V. Oja ja A. Elenurm, „Põlevkiviõli ehk mitte ainult juhtmeid pidi põlevkivi küljes,“ Horisont, kd. nr 4, p. 37, aprill 2011.
- [26] „World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United States,“ 2011. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 18 märts 2014].
- [27] „www.et.wikipedia.org,“ Vikipeedia, [Võrgumaterjal]. Available: <http://et.wikipedia.org/wiki/Kuivdestillatsioon>. [Kasutatud 19 märts 2014].
- [28] „www.et.wikipedia.org,“ Vikipeedia, [Võrgumaterjal]. Available: <http://et.wikipedia.org/wiki/Kildagaas>. [Kasutatud 17 veebruar 2014].
- [29] „www.protonsforbreakfast.wordpress.com,“ Protons for Breakfast Blog, [Võrgumaterjal]. Available: <http://protonsforbreakfast.wordpress.com/2011/05/11/shale-gas/>. [Kasutatud 24 märts 2014].

- [30] „www.youtube.com,“ Youtube, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=fBQCQ6HL2Yw>. [Kasutatud 21 märts 2014].
- [31] „www.youtube.com,“ Youtube, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=7ned5L04o8w>. [Kasutatud 21 märts 2014].
- [32] „www.maeopik.blogspot.com,“ Mäendusõpik, [Võrgumaterjal]. Available: <http://maeopik.blogspot.com/2011/10/hydrofrakkimine.html>. [Kasutatud 25 veebruar 2014].
- [33] „www.fracfocus.org,“ Frac Focus, [Võrgumaterjal]. Available: <http://fracfocus.org/chemical-use/what-chemicals-are-used>. [Kasutatud 25 veebruar 2014].
- [34] „www.economist.com,“ The Economist, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.economist.com/news/business/21571171-extracting-europes-shale-gas-and-oil-will-be-slow-and-difficult-business-frack-future>. [Kasutatud 24 märts 2014].
- [35] „www.telegram.ee,“ Telegram, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.telegram.ee/maailm/maailm-uhines-kildagaasi-ammutamise-ja-frakkimise-vastu#.UyBmaz9_vWc. [Kasutatud 12 märts 2014].
- [36] „www.realclearscience.com,“ Real Clear Science, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.realclearscience.com/blog/2013/06/theres-methane-in-your-drinking-water-so-what.html>. [Kasutatud 3 aprill 2014].
- [37] „www.theguardian.com,“ The Guardian, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.theguardian.com/environment/2013/oct/02/dangerous-radioactivity-fracking-waste-pennsylvania>. [Kasutatud 17 märts 2014].
- [38] „www.justfacts.com,“ Just Facts, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.justfacts.com/energy.asp>. [Kasutatud 27 märts 2014].
- [39] „www.et.wikipedia.org,“ Vikipeedia, [Võrgumaterjal]. Available: <http://et.wikipedia.org/wiki/Kaaliumkloriid>. [Kasutatud 24 aprill 2014].
- [40] „www.maeopik.blogspot.com,“ Mäendusõpik, [Võrgumaterjal]. Available: <http://maeopik.blogspot.com/2008/12/allmaakaevandamine.html>. [Kasutatud 25 märts 2014].
- [41] „www.eia.gov,“ U.S. Energy Information Administration, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.eia.gov/forecasts/aeo/MT_naturalgas.cfm. [Kasutatud 24 märts 2014].
- [42] „www.uudised.err.ee,“ Eesti Rahvusringhäälingu uudised, [Võrgumaterjal]. Available: <http://uudised.err.ee/?06284557>. [Kasutatud 8 jaanuar 2014].
- [43] T. Oja, „Mis selle gaasi hinnaga lahti on?,“ Inseneeria, kd. nr 2, p. 28, veebruar 2009.

- [44] „www.e24.postimees.ee,“ E24, [Võrgumaterjal]. Available:
<http://e24.postimees.ee/2717200/euroopal-on-kuue-nadala-gaasivarud>. [Kasutatud 10 märts 2014].
- [45] „www.e24.postimees.ee,“ E24, [Võrgumaterjal]. Available:
<http://e24.postimees.ee/2718108/oettinger-el-ei-tohiks-vene-gaasitarne-katkemist-karta>. [Kasutatud 10 märts 2014].
- [46] „www.e24.postimees.ee,“ E24, [Võrgumaterjal]. Available:
<http://www.e24.ee/2587296/ukraina-chevroni-kildagaasilepe-sai-allkirjad>. [Kasutatud 8 jaanuar 2014].
- [47] „www.e24.postimees.ee,“ E24, [Võrgumaterjal]. Available:
<http://e24.postimees.ee/2721414/kesk-euroopa-palub-ameerikalt-gaasi>. [Kasutatud 10 märts 2014].
- [48] „www.e24.postimees.ee,“ E24, [Võrgumaterjal]. Available:
<http://e24.postimees.ee/2718562/wall-street-journal-usa-voiks-kasutada-relvana-gaasimuuki>. [Kasutatud 10 märts 2014].
- [49] „www.e24.postimees.ee,“ E24, [Võrgumaterjal]. Available:
<http://www.postimees.ee/2721332/gazprom-ahvardab-ukraina-gaasitarned-peatada>. [Kasutatud 10 märts 2014].
- [50] „www.postimees.ee,“ Postimees, [Võrgumaterjal]. Available:
<http://www.postimees.ee/2775432/ukraina-ja-slovakkia-joudsid-gaasikonelustel-kokkuleppele>. [Kasutatud 29 aprill 2014].
- [51] „www.e24.postimees.ee,“ E24, [Võrgumaterjal]. Available:
<http://e24.postimees.ee/2775530/ajaleht-lng-terminal-ehitatakse-soome>. [Kasutatud 29 aprill 2014].

Lisa 1. Kildagaasi ammutamisel kasutatavad kemikaalid [33]

Kemikaali nimi	CAS nr	Kemikaali kasutamise eesmärk	Üldine funktsioon
Vesinikkloriidhape HCl	007647-01-0	Aitab lahustada mineraale ja tekitada kivimisse pragusid	Hape
Glutaaraldehüüd	000111-30-8	Kõrvaldab veest bakterid, mis tekitavad oma elutegevusega söövitavaid kõrvalprodukte.	Biotsiid
Ammooniumkloriid NH ₄ Cl	012125-02-9	Kõrvaldab veest bakterid, mis tekitavad oma elutegevusega söövitavaid kõrvalprodukte.	Biotsiid
Ammooniumpersulfaat NH ₄ HS ₂ O ₃	007727-54-0	Aeglustab geeli lagunemist	Katkestaja
Naatriumkloriid NaCl	007647-14-5	Stabilisaator	Katkestaja
Magneesiumperoksiid MgO ₂	014452-57-4	Aeglustab geeli lagunemist	Katkestaja
Magneesiumoksiid MgO	001309-48-4	Aeglustab geeli lagunemist	Katkestaja
Kaltsiumkloriid CaCl ₂	010043-52-4	Stabilisaator	Katkestaja
Koliinkloriid	000067-48-1	Hoiab ära savide paisumise ja nihkumise	Savi stabilisaator
Tetrametüül- ammooniumkloriid (CH ₃) ₄ NCl	000075-57-0	Hoiab ära savide paisumise ja nihkumise	Savi stabilisaator
Naatriumkloriid NaCl	007647-14-5	Hoiab ära savide paisumise ja nihkumise	Savi stabilisaator
Isopropanool CH ₃ CHOHCH ₃	000067-63-0	Stabilisaator	Korrosiooni inhibiitor
Metanool CH ₃ OH	000067-56-1	Stabilisaator	Korrosiooni inhibiitor
Sipelghape HCOOH	000064-18-6	Takistab puurtorudes korrosiooni teket	Korrosiooni inhibiitor
Atseetaldehüüd CH ₃ CHO	000075-07-0	Takistab puurtorudes korrosiooni teket	Korrosiooni inhibiitor
Petrooleumi destillaat	064741-85-1	Molekulide siduja	Sildaja
Hüdraaditud kerge petrooleumi destillaat	064742-47-8	Molekulide siduja	Sildaja

Kemikaali nimi	CAS nr	Kemikaali kasutamise eesmärk	Üldine funktsioon
K-metaboraat	013709-94-9	Kindlustab vedeliku viskoossuse temperatuuri tõusul	Sildaja
Trietanoolamiin tsitronaat	101033-44-7	Kindlustab vedeliku viskoossuse temperatuuri tõusul	Sildaja
Na-tetraboraat $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	001303-96-4	Kindlustab vedeliku viskoossuse temperatuuri tõusul	Sildaja
Boorhape H_3BO_3	001333-73-9	Kindlustab vedeliku viskoossuse temperatuuri tõusul	Sildaja
Tsitrooniumi kompleksühend	113184-20-6	Kindlustab vedeliku viskoossuse temperatuuri tõusul	Sildaja
Boorhappe soolad	Puudub	Kindlustab vedeliku viskoossuse temperatuuri tõusul	Sildaja
Etüleenglükool $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	000107-21-1	Stabilisaator	Sildaja
Metanool CH_3OH	000067-56-1	Stabilisaator	Sildaja
Polüakrüülamiid	009003-05-8	„Libestab“ vett hõõrde vähendamiseks	Hõõrde vähendaja
Petrooleumi destillaat	064741-85-1	Hõõrde vähendaja	Hõõrde vähendaja
Hüdraaditud kerge petrooleumi destillaat	064742-47-8	Hõõrde vähendaja	Hõõrde vähendaja
Metanool CH_3OH	000067-56-1	Stabilisaator	Hõõrde vähendaja
Etüleenglükool $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	000107-21-1	Stabilisaator	Hõõrde vähendaja
Guar Gum Toodetakse teatud ubadest (polüsahhariid)	009000-30-0	Paksendab vett, et liiva paigal hoida	Geelistav agent
Petrooleumi destillaat	064741-85-1	Vedelates geelides guar gumi kandja	Geelistav agent
Hüdraaditud kerge petrooleumi destillaat	064742-47-8	Vedelates geelides guar gumi kandja	Geelistav agent
Metanool CH_3OH	000067-56-1	Stabilisaator	Geelistav agent
Makromolekulaarsed süsivesikud	068130-15-4	Paksendab vett, et liiva paigal hoida	Geelistav agent
Etüleenglükool $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	000107-21-1	Stabilisaator	Geelistav agent

Kemikaali nimi	CAS nr	Kemikaali kasutamise eesmärk	Üldine funktsioon
Sidrunhape	000077-92-9	Hoiab ära metallioksiidide sadenemise	Raua kontroll
Äädikhape CH_3COOH	000064-19-7	Hoiab ära metallioksiidide sadenemise	Raua kontroll
Merkaptoäädikhape $\text{HSCH}_2\text{CO}_2\text{H}$	000068-11-1	Hoiab ära metallioksiidide sadenemise	Raua kontroll
Na-erütorbaat	006381-77-7	Hoiab ära metallioksiidide sadenemise	Raua kontroll
Laurüülsulfaat	000151-21-3	Frakkimisvedelikes emulsioonide tekkimise tõkestaja	Emulsiooni tõkestaja
Isopropanool $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$	000067-63-0	Stabilisaator	Emulsiooni tõkestaja
Etüleenglükool $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	000107-21-1	Stabilisaator	Emulsiooni tõkestaja
Naatriumhüdroksiid NaOH	001310-73-2	Reguleerib vedeliku pH taset tagamaks kasutatavate ühendite efektiivsuse	pH regulaator
Kaaliumhüdroksiid KOH	001310-58-3	Reguleerib vedeliku pH taset tagamaks kasutatavate ühendite efektiivsuse	pH regulaator
Äädikhape CH_3COOH	000064-19-7	Reguleerib vedeliku pH taset tagamaks kasutatavate ühendite efektiivsuse	pH regulaator
Na-karbonaat Na_2CO_3	000497-19-8	Reguleerib vedeliku pH taset tagamaks kasutatavate ühendite efektiivsuse	pH regulaator
K-karbonaat K_2CO_3	000584-08-7	Reguleerib vedeliku pH taset tagamaks kasutatavate ühendite efektiivsuse	pH regulaator
Akrüülamiidi ja Na-akrülaadi kopolümeer	025987-30-8	Hoiab ära torudes katlakivi tekke	Katlakivi inhibiitor
Na-polükarboksülaad	Puudub	Hoiab ära torudes katlakivi tekke	Katlakivi inhibiitor
Fosforhappe sool	Puudub	Hoiab ära torudes katlakivi tekke	Katlakivi inhibiitor
Laurüülsulfaat	000151-21-3	Frakkimisvedelike viskoossuse suurendaja	Pindaktiivne aine
Etanool $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	000064-17-5	Stabilisaator	Pindaktiivne aine
Naftaleen C_{10}H_8	000091-20-3	Pindaktiivsete ainete kandja	Pindaktiivne aine
Metanool CH_3OH	000067-56-1	Stabilisaator	Pindaktiivne aine
Isopropüülalkohol $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$	000067-63-0	Stabilisaator	Pindaktiivne aine

Kemikaali nimi	CAS nr	Kemikaali kasutamise eesmärk	Üldine funktsioon
2-Butoksüetanool	000111-76-2	Stabilisaator	Pindaktiivne aine