



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Põlevkivi utmine (õli tootmine)

Loeng

11. juuni 2019a. Tallinn, Eesti Energia

Professor emeritus Jüri Soone

Loengu kava

- Sissejuhatus
- Põlevkivi omadused
- Põlevkivi termilise töötlemise seadmed
- Põlevkivi utteproduktid, iseloomustus
- Arenguvision



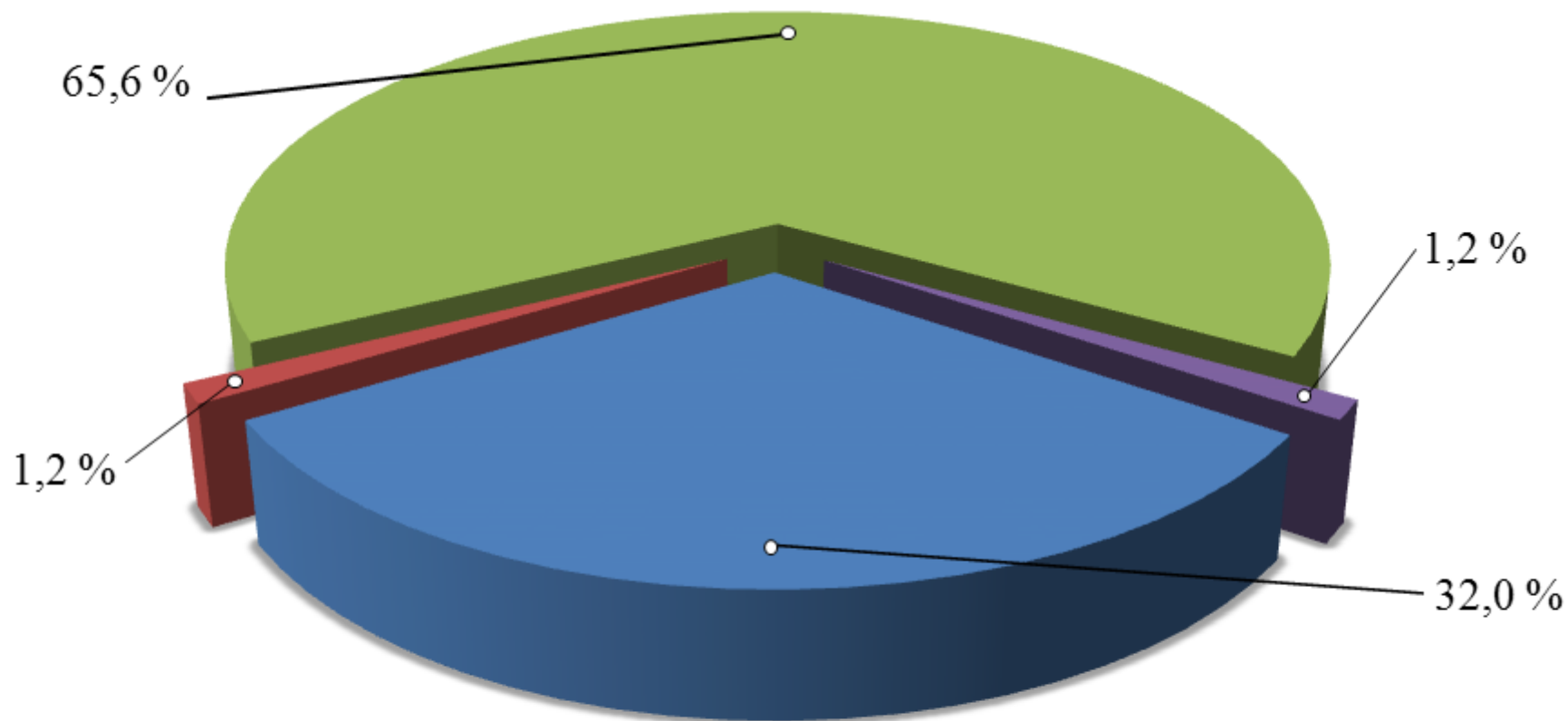
1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Aktiivses varus on õli ressurss maapõues 301,4 mln t
Põlevkiviõli tegelik ressurss hinnanguliselt **82,4** mln
t, so umbes 25% potentsiaalist, arvestades:

- ✓ väljamistegur altkaevandamisel on 0,55
- ✓ tööstuslik õlisaagis **utmisel** tahke soojuskandja
seadmel on 12%.

Põlevkivi kulu iga toodetud põlevkiviõli t kohta on
8,3 t



■ Elektrenergia ■ Soojusenergia ■ Põlevkiviõli ■ Tsement

Põlevkivi omadused

põlevkivi

- Põlevkivi on kerogeeni sisaldav peenkihiline musta või pruuni värvi settekivim
- Koostis:
 - *Mineraalne osa 70 – 90% (kaltsiit, dolomiit, montmorilloniit, kaoliniit, kvarts, püriit)*
 - *Orgaaniline osa (kerogeen) 10 – 30%, rikastes põlevkivides (harva) 50 – 70%.*
- Eesti põlevkivi elementkoostis, %:

C = 77,5	N = 0,3
H = 9,7	S = 1,8
O = 9,7	Cl = 0,3



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Content of sulphur in different oil shales

Deposit	Total, %	Organic , %	Sulphate , %	Pyrite, %
Estonia	1,90	0,55	0,05	1,30
Jordan, El-Lajjun	3,23	2,04	0,10	1,09
Jordan, Attarat Umm Ghudran	2,60	2,12	0,20	0,28
Morocco, Timahdit	2,13	1,18	0,13	0,82

Tahkete kütuste termilise töötlemise meetodid

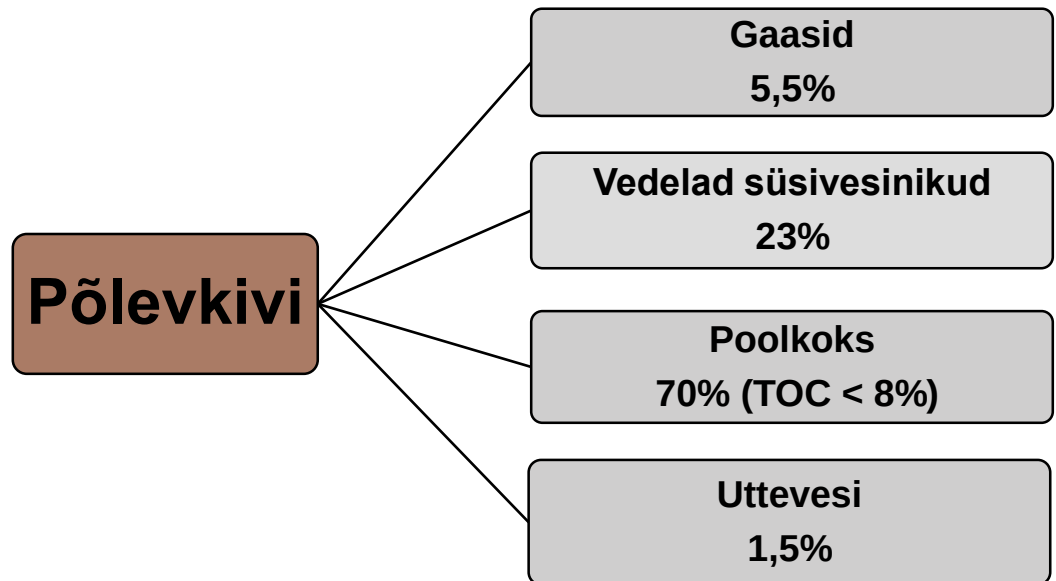
- *Poolkoksistamine (utmine, madalatemperatuurne koksistamine, kuivdestillatsioon), temperatuuril 500 – 550°C tõrva või suitsuta tahkekütuse (poolkoksi) saamise eesmärgil*
- *Koksistamine, temperatuuril 1000 – 1100°C peamiselt metallurgilise koksi saamiseks*
- *Gaasistamine – temperatuuril 1000 – 1200°C tahkekütuse süsiniku mittetäielik oksüdeerimine vaba hapniku või veeauru toimel süsinikoksiidiks ja vesinikuks*

Utmine

Utmine on tahkekütuse termilise lagunemise protsess 500°C juures ilma õhu juurdepääsuta peamiselt õli saamise eesmärgil.



Laboratoorne retort



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

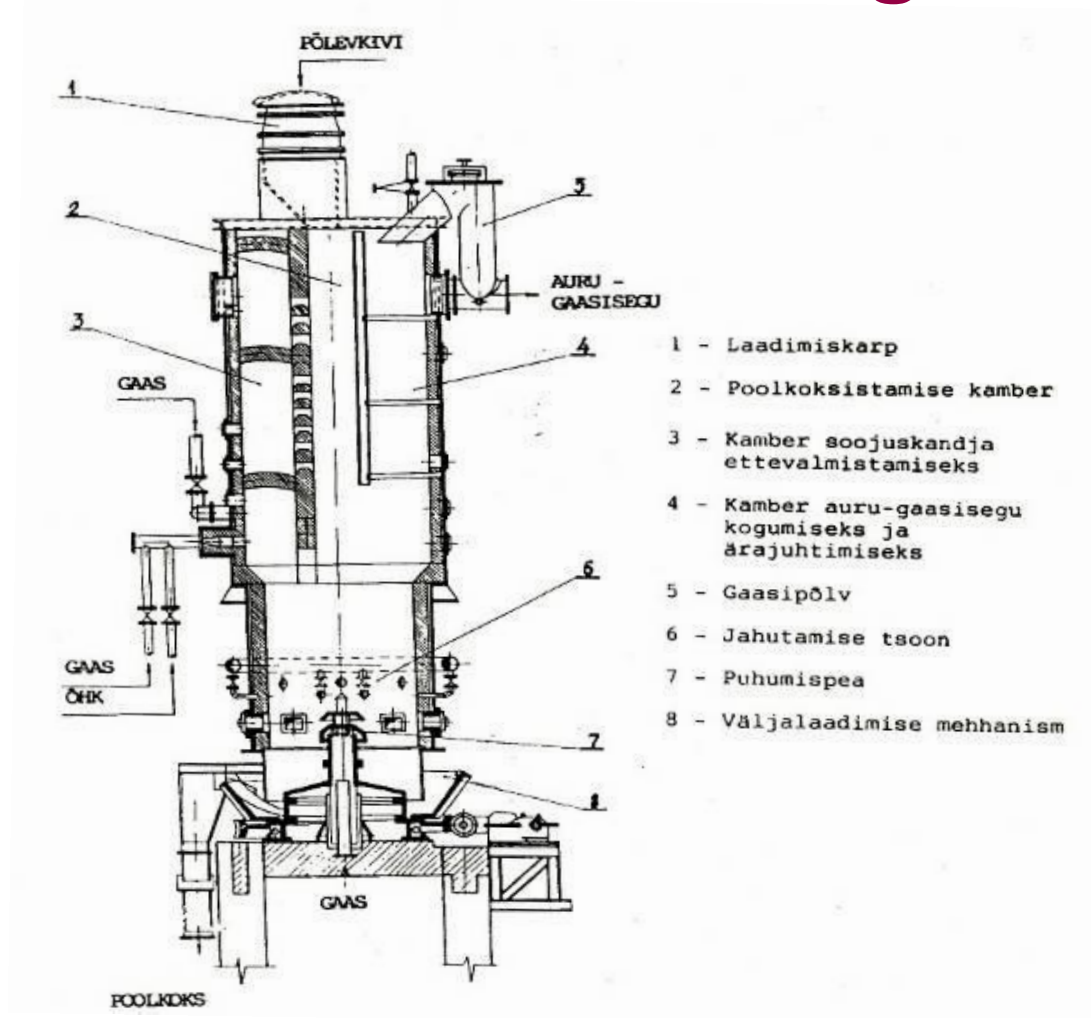
Põlevkivi termiline lagunemine

Põlevkivi termilisel lagunemisel toimuvate protsesside temperatuurivahemikud.

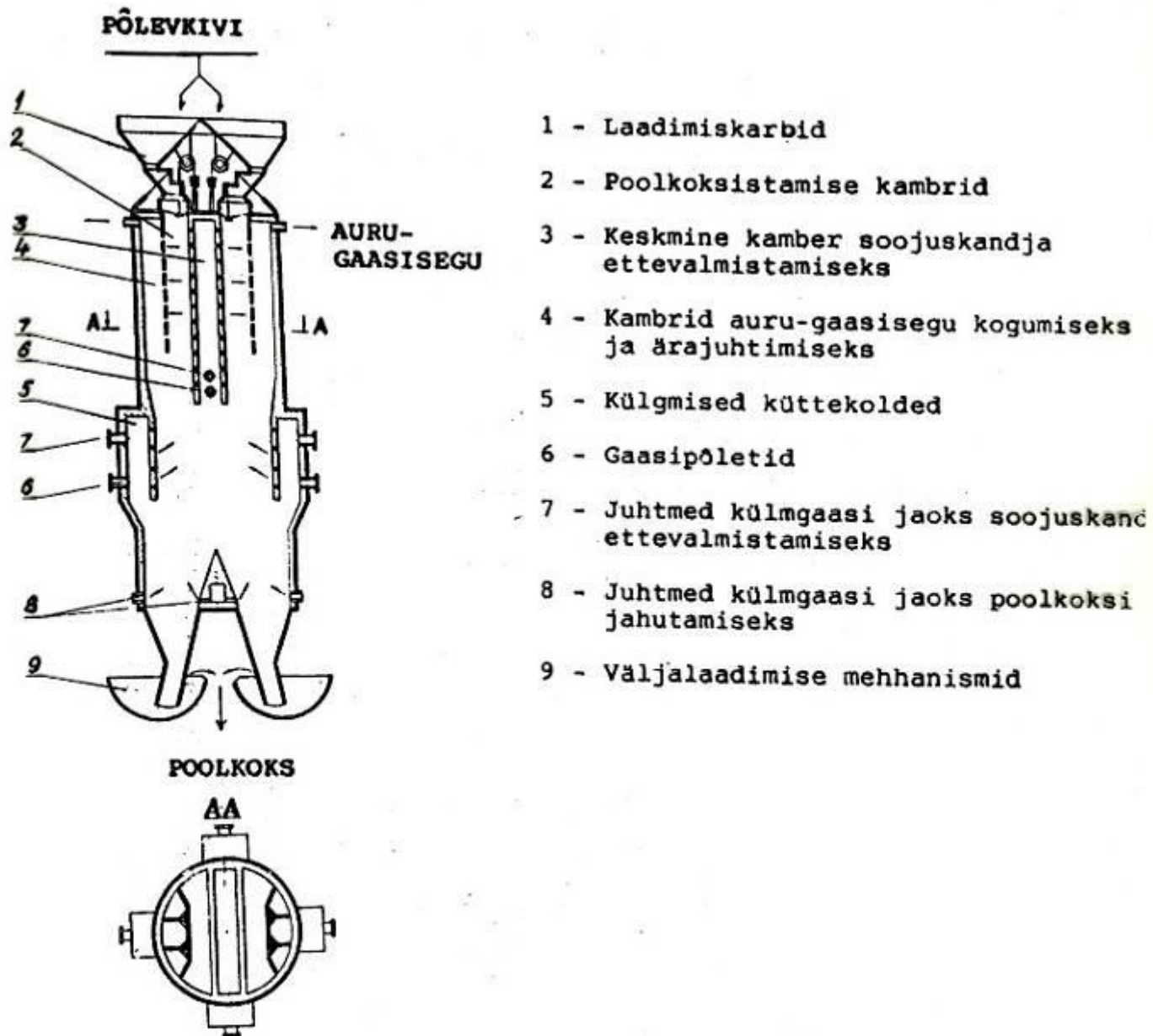
Temperatuur, °C	Protsess
100...105	Mehaaniliselt seotud vee eraldumine
170...180	Eralduvad gaasid, mis on adsorbeerunud põlevkiviosakeste vahele
270...290	Kerogeeni hapnikust ja vesinikust tekib lagunemisvesi, eraldub osa CO ₂ ja SO ₂
325...350	Algab õli ja süsivesinikugaaside teke
325...390	Bituumeni tekkimine
420...450	Termilise lagunemise aktiivne staadium
450...500	Protsess lõppeb ja järele jääb poolkoks
>500	Sekundaarsed protsessid

Utmise seadmed

Põlevkivi töötlemise tehnoloogiad Eestis



Vertikaalne retort
(Kiviteri tehnoloogia)



Joon.6. 1000-tonniline uttegeneraator

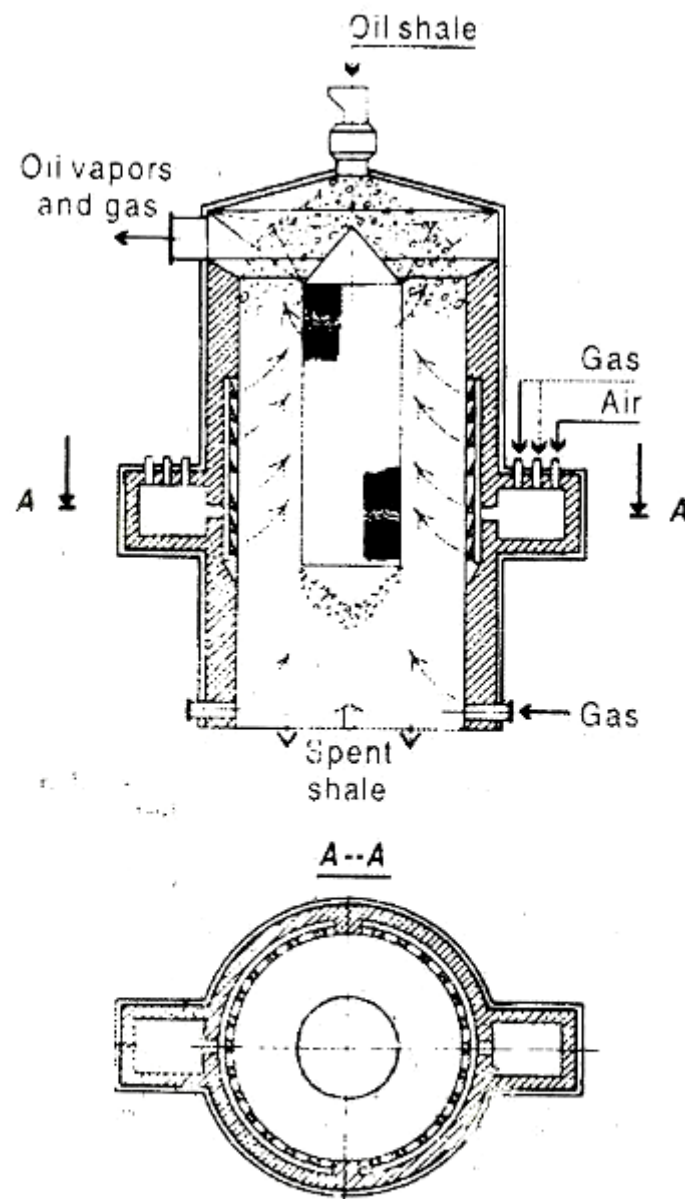
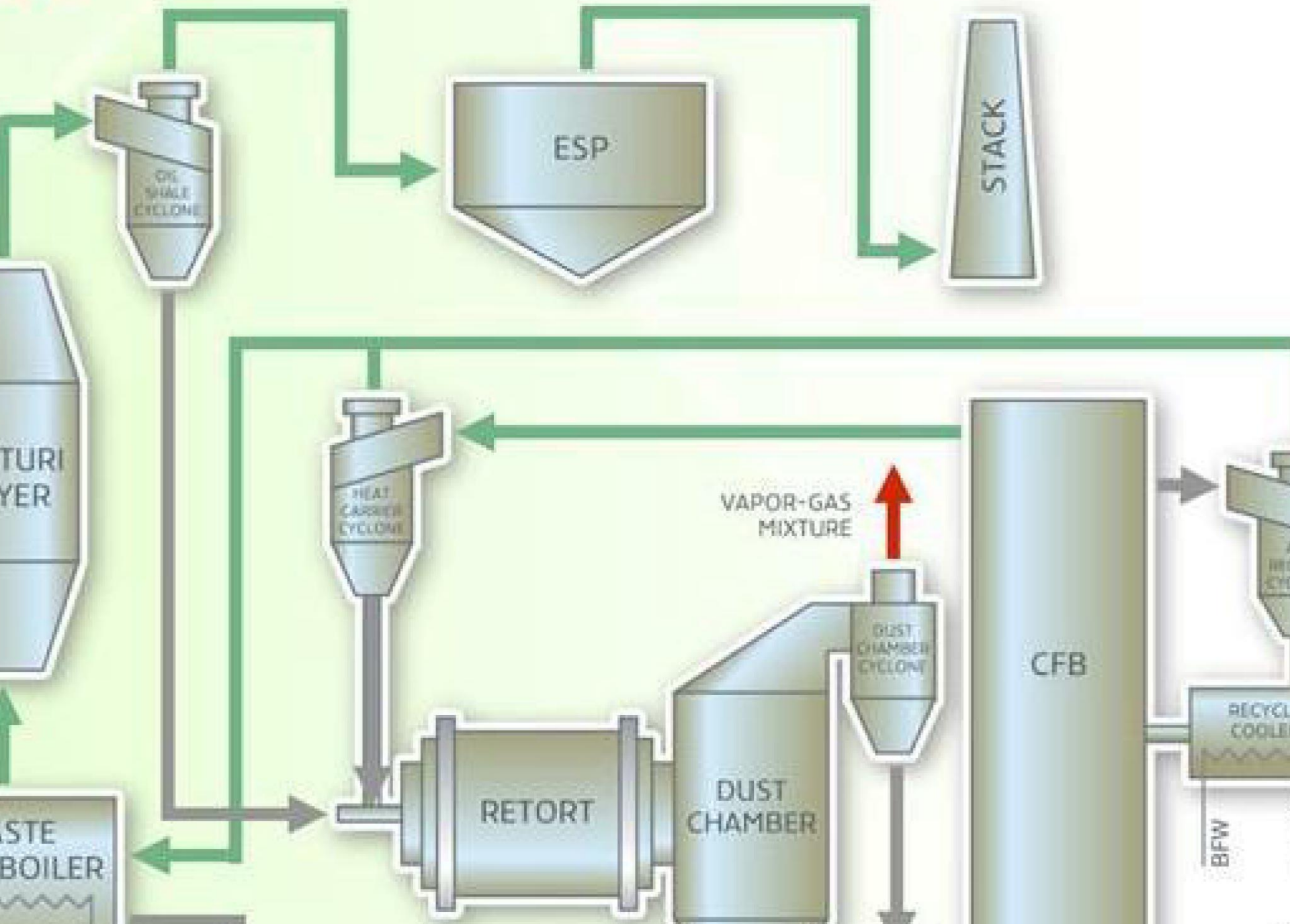


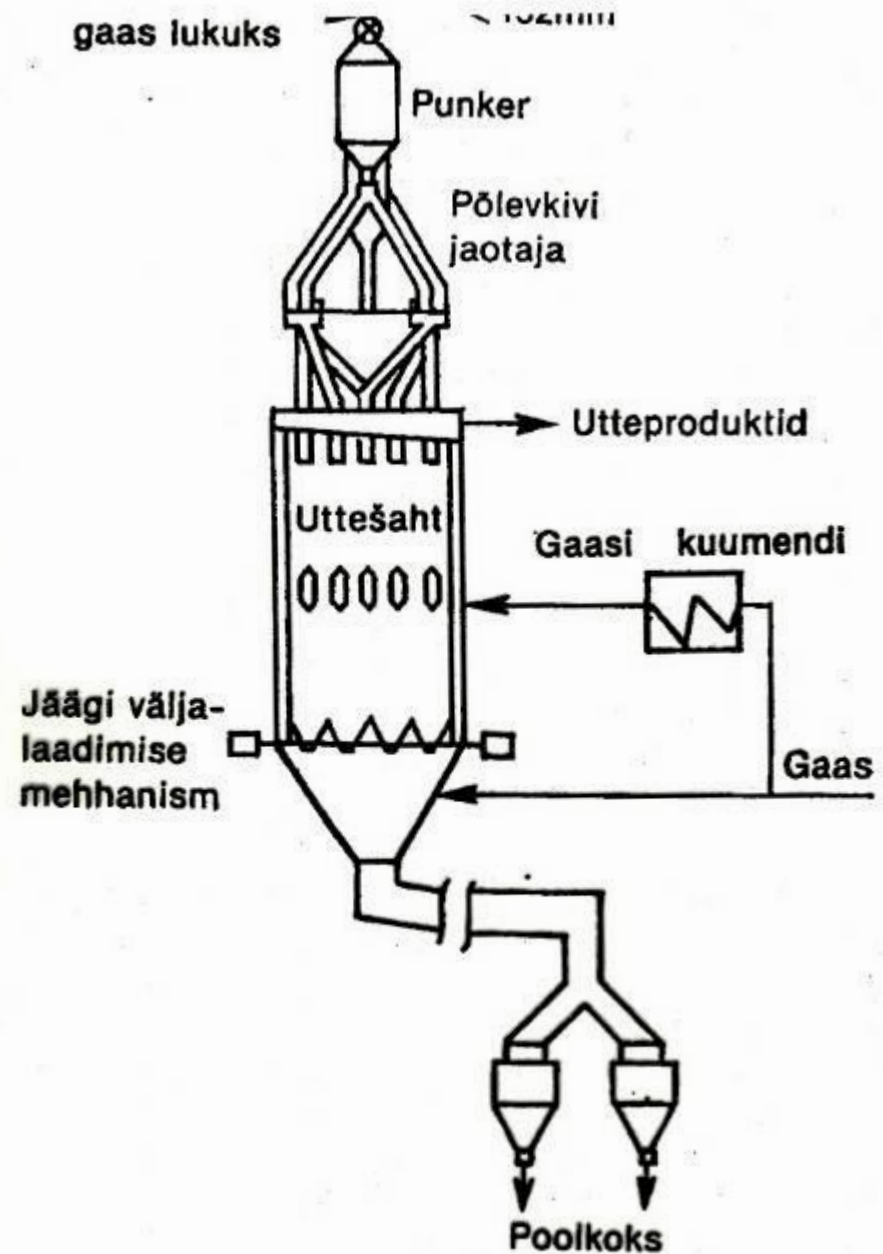
Fig. Retort with a circular retorting chamber (250–300 ton-per-day)

Galoter tehnoloogia

(UTT , TSK , Enefit , Petroter)



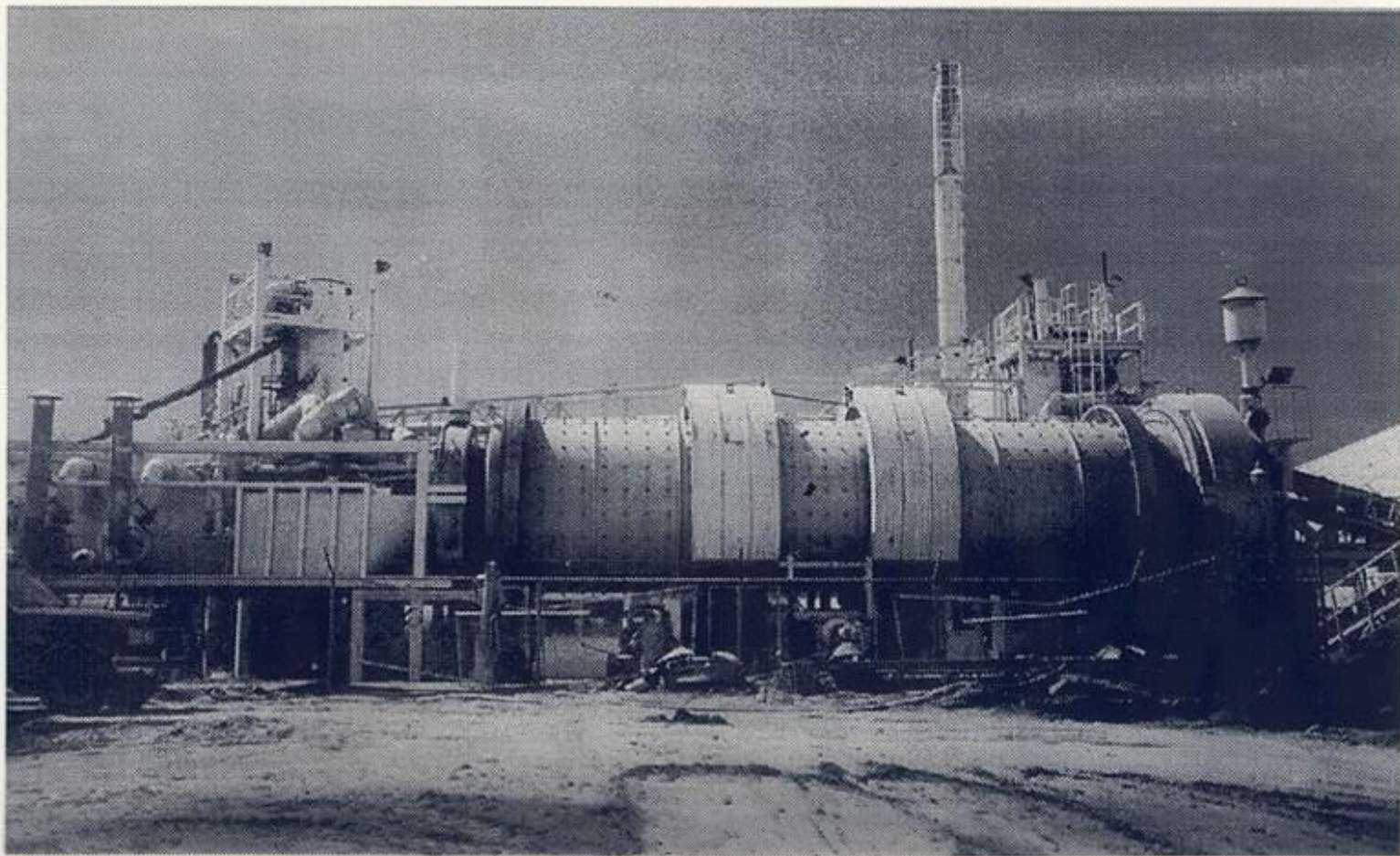




Utteseadme «Petrosix» skeem

ATP projekt FAAS 4

Pilootseade 10 t/h



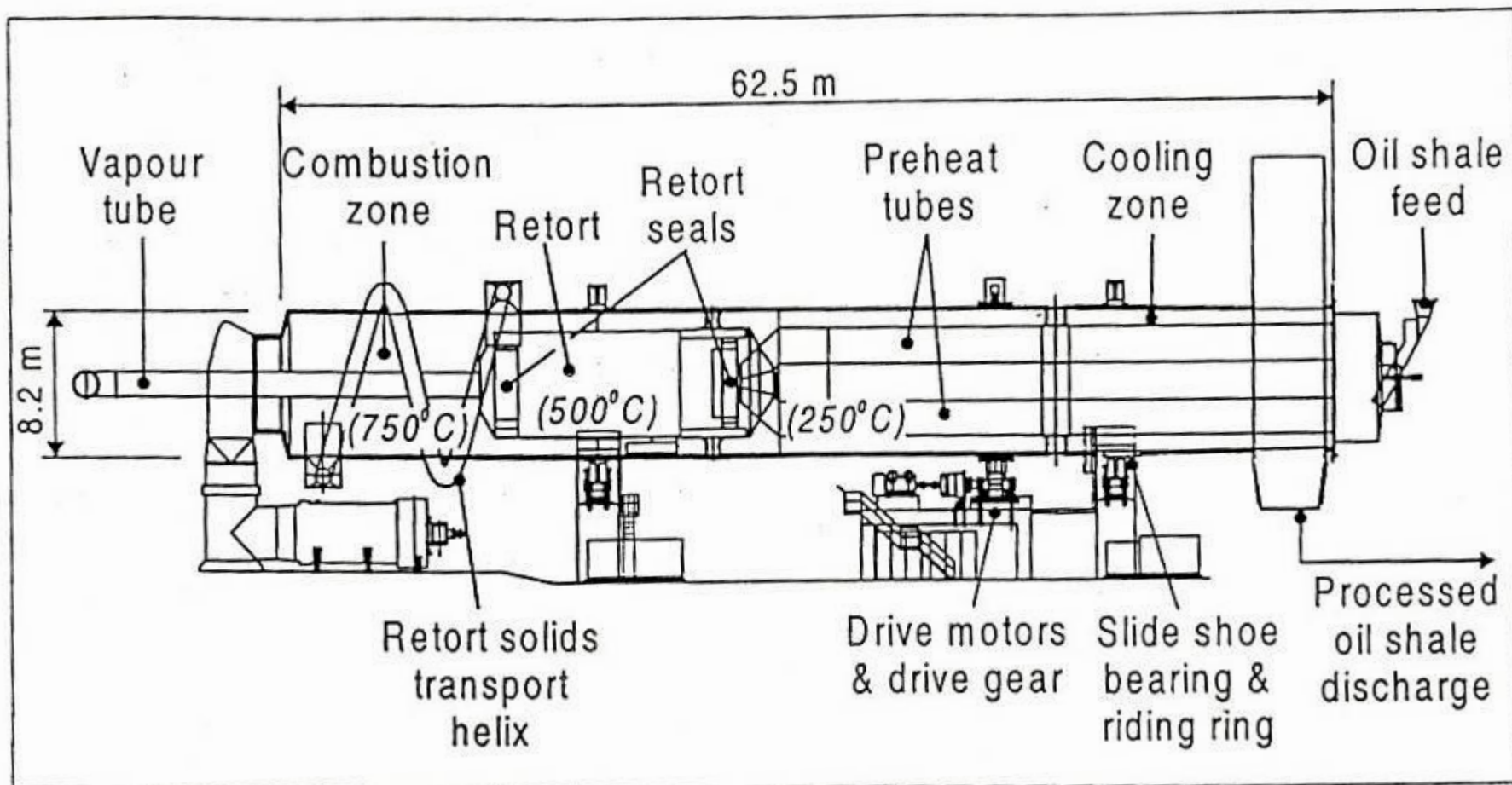


Fig. 3 Stuart Stage 1 ATP Cross-Section

Characteristics of industrial processes

	Kiviter	Fushun	Petrosix	Galoter
Capacity of the production unit, t/day	200; 1000	100 (300)	1600, 3000	3000 (6000)
Main process	pyrolysis	pyrolysis	pyrolysis	pyrolysis
Size of peaces, mm	25-125	8-75	6-75	0-25
Heat carrier status:	gaseous	gaseous	gaseous	solid
Preparing method:				
By direct burning	retort			
By indirect burning		recuperator	tubular heater	combustor

Utmise produktid

Näitajad	Ühik	Kiviter	Galoter
Kasutatav põlevkivi			
Õli saagis Fischeri järgi	%	24,3	19,1
Põlevkiviõli:			
Saagis tööstusseadmeh	%	16,4	13,0
Saagis Fischeri suhtes	%	67,5	68,1
Gaas:			
Saagis	m ³ /t	507	50
Eripõlemissoojus	MJ/m ³	3,6	53,9
Tahke jääk:			
Saagis	kg/t	580	530
Eripõlemissoojus	MJ/kg	2,72	1,26
Mineraalne CO ₂	%	12,3	11,6
Tuhasus	%	76,2	85,7
Orgaaniline süsinik	%	11,5	2,7



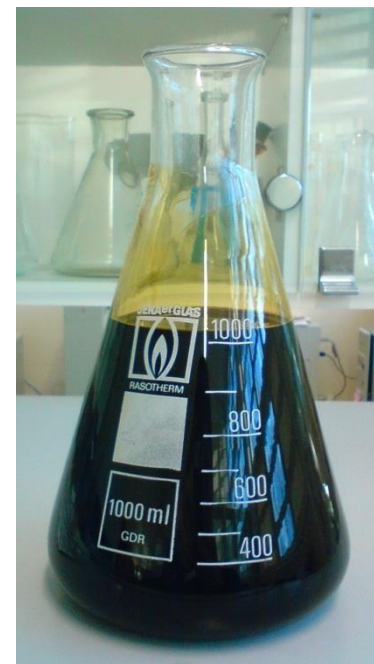
Põlevkivi tehnoloogiate võrdlus

	Kiviter	Galoter
Tüki suurus	25 – 100 mm (Sõelutud ja rikastatud)	< 25mm (Peenestatud ja kuivatatud)
Soojuskandja	Gaasiline (Saadud utmisgaasi otsepõletamisel)	Tahke (Poolkoksi põletamisel saadud tuhk)
Eelised	Tehniliselt lihtne, madalad investeeringimis- ja energiakulud, väärtuslike keemiliste ühendite sisaldus õlis kõrgem	Peenpõlevkivi kasutamise võimalus , lahjendamata gaas, poolkoksi süsiniku kasutamine kütusena, madala süsiniku sisaldusega tuhk
Puudused	Ei ole võimalik kasutada peenpõlevkivi, utmisgaas lahja, kõrge jääkorgaanika sisaldus.	Tehnoloogiliselt keerukas ja energiamahukas, kõrge CO ₂ jt. kahjulike gaaside emissioon, madal väärtuslike keemiliste ühendite sisaldus õlis, suurem investeeringuvajadus.

Põlevkiviõli tehnilised näitajad

(Saadud laboratoorses retordis)

Tihedus, 15°C	0,952 g/cm ³
Viskoossus, 40°C	8,68 mm ² /s
Joodiarv	159,3 gJ ₂ /100g
Väevli sisaldus	0,74 %
H/C aatomsuhe	1,43
Põlevkiviõli kuni 360°C keeva fraktsiooni saagis toorõlis,	66 %
sh: fraktsioon <180°C	16 %
fraktsioon 180°C – 360°C	50 %



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Poolkoksistamise protsessi iseloolestavad:

- **Vesiniku ümberjaotus – gaasiliste ja vedelate süsivesinike teke vältimatu koksitettek arvel**
- **Keskkonnaprobleemid seoses TOC kõrge sisaldusega tahkes jäägis – poolkoks (kuni 13%)**
- **madal vedelproduktide saagis (45% org aine kohta)**
ja nende madal kvaliteet mootorikütuste tootmiseks



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Utmise protsessi puudused

*Põlevkivi utmine on termilise krakkimise protsess, mis on küll olemuselt lihtne, kuid mille puhul tekkivad suured süsiniku **kaod**, umbes **kolmandik** kogu orgaanilises aines olevast **süsinikust** mille tõttu on utmisel madal **õlisaagis** (40-45% org aine kohta).*

*Protsessis lõpp-produktide saamiseks kasutamata süsinik on keskkonnakahjulik heide. Selle põletamisel **Enefit** protsessi puhul emiteeritakse kogu jääksüsinik **õhku CO₂ - na***

Utmisel tekib hulgaliselt keskkonnaohtlikke heiteid õhku, vette ja pinnasesse.



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Tahkete kütuste töötlemise kaasaegsed tehnoloogiad

- **Vesiniku kasutamine teistes kütusetööstuse protsessides** on suur (vesinikuga rikastamine, puhastamine heteroühenditest) ja **katalüsaatorite kasutamine**
- Mitmesuguste **orgaaniliste jääkproduktide gaasistamine** kui odava vesiniku allikas, **sünteesgaasi puhastamine, vesiniku tootmine**, (ammoniaagi tootmine)
- **Kaudne vedeldamine** - süsivesinike saamine läbi gaasistamise **Fischer-Tropshi sünteesil**
- **Söe otsevedeldamine**,



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Kütuste H/C aatomsuhe :

põlevkivi – 1,2...1,7

Põlevkivi poolkoksisistamise õli – 1,5

nafta – 1,8...2,0

raske nafta, bituumen – 1,5

kivisüsi – 0,4...0,8



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Põlevkivi hüdrogeenimisprotsessi iseloomustus

Toimub vesinikuga rikastamine e. süsiniku potentsiaali täielik ärakasutamine, millega kaasneb gaasiliste ja kergete vedelate süsivesinike teke. Põlevkivi orgaanilise aine lagunemise algstaadiumis tekkivad vabad sidemed küllastatakse vesinikuga: Toimub heteroaatomite viimine gaasifaasi (H_2S , H_2O ja NH_3)

Välditakse kondensatsiooni- ja polümerisatsioonireaktsioone, seega kõrgeltkeevate süsivesinike teket

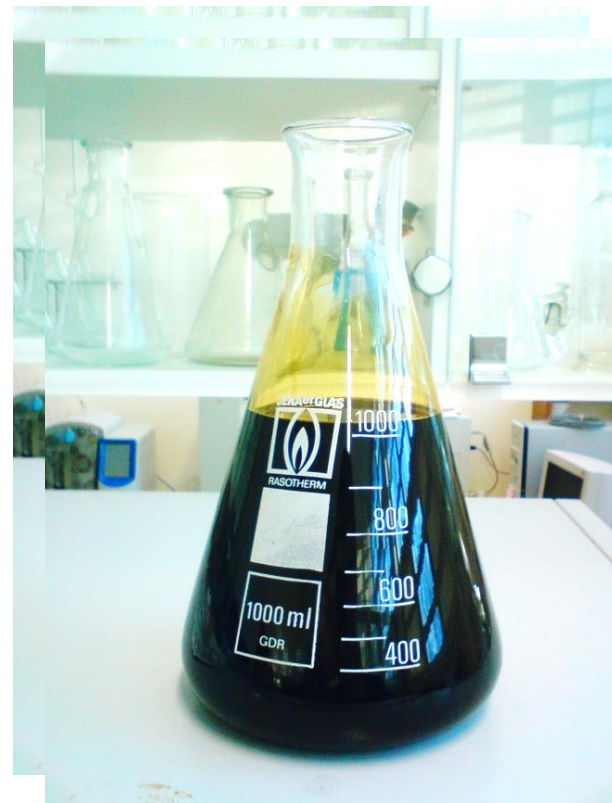


1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Põlevkiviõlide võrdlus

I hüdrogeenimise tulemusel, II utmise tulemusel



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Katsed põlevkiviga

Hüdrogeenimise (I) ja poolkoksistamise (II) teel saadud põlevkiviõlide omaduste võrdlus

	I	II
Näitaja	suurus	suurus
Kvaliteetsete vedelproduktide ja gaasi saagis põlevkivi kohta, %	28,6	13,8
Tihedus, 15°C	0,835 g/cm ³	0,952 g/cm ³
API tihedus	38 °	17 °
Viskoossus, 40°C	1,18 mm ² /s	8,68 mm ² /s
Joodi arv	16,9 gJ ₂ /100g	159,3 gJ ₂ /100g
Väävli sisaldus	0,02 %	0,74 %
H/C aatomsuhe	1,82	1,43
Põlevkiviõli fraktsiooni kuni 360°C saagis	95% (puhastatud)	66 % (puhastamata)
Fraktsioon <180°C	36,5%	16 %
Fraktsioon 180°C – 360°C	58,5%	36 50 %

Põlevkivi hüdrogeenimisprotsessi eelised

1. Majanduslikud mõjud (orgaanilises aines sisalduva kogu süsiniku kasutamisest väärintatud produktide saamis eks) samas rahalises mahus kui olemasoleva tehnoloogiaga.
 - Kulutatakse 1,5-2,0x vähem põlevkivi (5-7 vs 10 t/t) Saadakse 3x suuremat tulu kui utmisel, (mootorikütused vs masuut(kütteõli)
 - EUR/t)
2. Kahjulike mõjude oluline vähenemine ümbritsevale keskkonnale :
 - Tahke heite hulga vähenemine 1,5-2,0 korda, heites praktiliselt puudub keskkonnoahtlik orgaanika
 - Põlevkivi orgaanilise aine rikastamine taastuenergia ressursist toodetud vesinikuga, CO₂ emissioon „negatiivne“
3. Uus tehnoloogia on ilma suurte muudatusteta **rakendatav maailma teiste, sh väävlirikaste põlevkivide töötlemisel** (kontrollitud Jordaania kiviga)



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Täna tähelepanu eest!