

Eesti Soojustehnikainseneride Selts  
Estonian Association of Thermal Engineers

30.04.2021 koolitus „Põlevkivi tulevik Eestis“



UTILITAS





1918

**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO**  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# **"Põlevkivi kasutamise ajalugu Eestis"**

**ESTIS koolitus „Põlevkivi tulevik Eestis“**

**Andres Siirde**

Tallinna Tehnikaülikool

# Mis on põlevkivi ?

Põlevkivi on orgaanilist ainet ehk **kerogeeni** sisaldav sette kivim, mille lähteaineks on olnud ainuraksete organismide, bakterite, vetikate ning zooplanktoni orgaaniline mass. Kerogeen sisaldab peale süsiniku suhteliselt palju vesinikku ja hapnikku, veidike lämmastikku jt elemente nagu väävel ja kloor.



Põlevkivid, sõltuvalt leiukohtadest, erinevad nii oma tekkelt, koostiselt, kütteväärtuselt, õli saagiselt jne.

Põlevkivide mineraalosalad võivad olla väga erinevad.

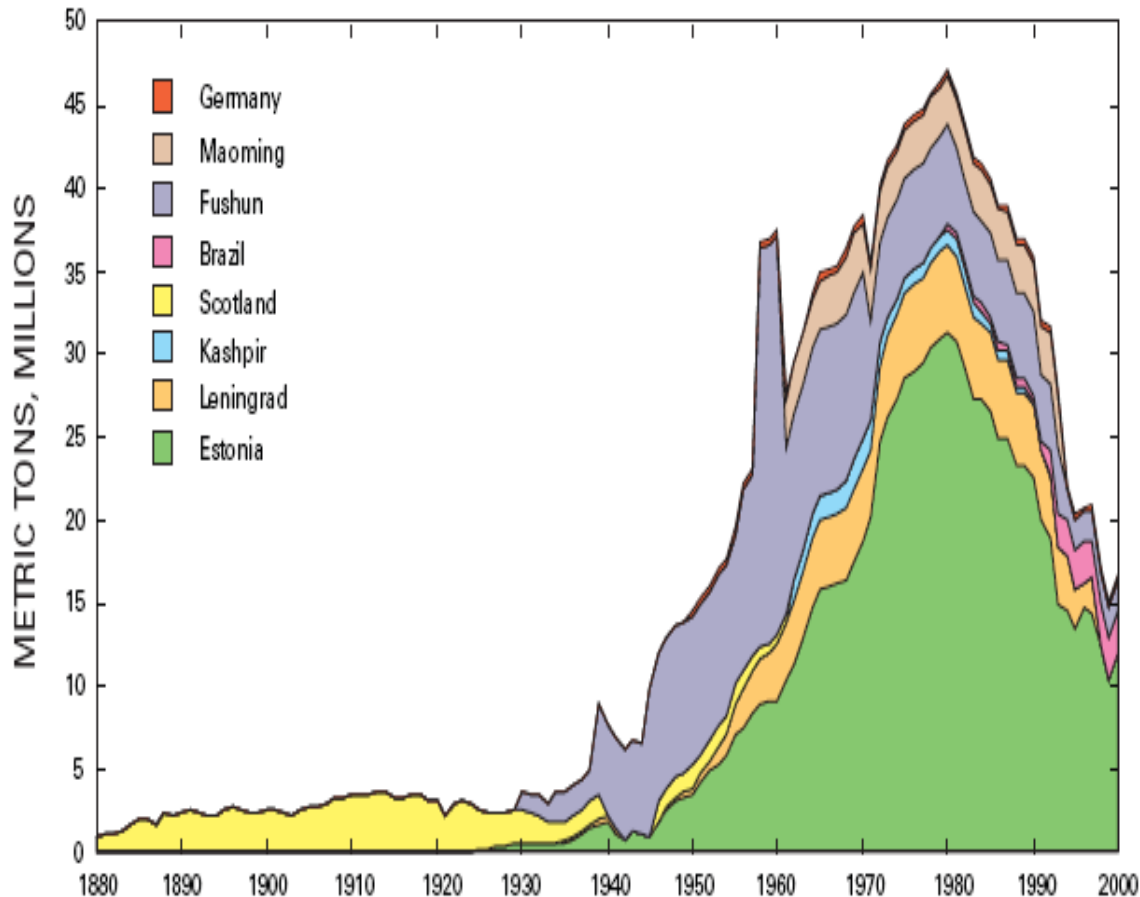
# PÕLEVKIVIST KIRJUTASIME NII:



Arvestades maailmas järjest suurenevad nafta ja naftasaaduste intensiivset kasutamist, on nõudlus täiendavate alternatiivsete süsivesinike allikatele tulevikus ainult suurenemise suunas.

Üheks paljulubavaks allikaks on põlevkivi, mille ressursid maailmas on piisavalt suured.

# Põlevkivi tootmine miljonites tonnides ajavahemikus 1880 - 2000



Source: Illustration #21 from paper: Origin and resources of some world oil shale deposits, by John R. Dyni, U.S. Geological Survey, Denver, CO, USA, presented at the Estonian Oil Shale Symposium, Tallinn, Nov. 18-20, 2002. ☞

- Põlevkivi tippnõudlus oli Eestis alates 1975 kuni 1982, üle 30 mln tonni aastas;
- Alates 80 - langus oli tingitud Eesti lähedaste aatomjõujaamade Ignalina ja Sosnovi Bor tööleminekust. 90-langus toimus tänu majandusreformidele Eestis
- Vastavalt riigi pikaajalisele arenguprogrammile, on põlevkivi kasutamine täna Eestis piiratud kuni 20 mln tonni aastas

# Nii sai alguse põlevkivi kasutamine, õli tootmiseks, gaasi tootmiseks ja põletamine soojuse ja elektritootmiseks

Esimesed elektrijõujaamad Eestis ehitati aastatel 1882-1905. Esimesed elektrijaamad olid tehaste juures, seejuures elektrit kasutati vaid ruumide valgustamiseks. Esimene munitsipaaljõujaam rajati 1907. aastal Pärnus, selle võimsus oli 100 kW. Generaatorit käitas aurumasin ning toodetud elekter läks linna tänavate valgustamiseks.

20. sajandi alguses oli Eestis peamine energiatooraine turvas. 1922. aastal moodustas põlevkivi kõigest 10,6 protsenti primaarenergia ressursist. Esialgelt kasutati põlevkivi vedurikoldes, seejärel hakati üha enam põletama põlevkivi ka tööstuskateldes. Kasutati peamiselt toleaegele standardile vastavat tükkpõlevkivi suurusega 40 millimeetrit ja seda põletati tavaliselt puitkütusele ettenähtud restil.

Peagi leiti, et põlevkivi sobib oma mineraalosa koostise poolest hästi tsemendiklinkri põletamiseks pöördahjus. Nii oligi põlevkivi esimene tööstuslik suurtarbija 1920. aastatel Kunda tsemenditehas, mille pöördahjud viidi 1921.a täielikult üle põlevkiviküttele.

Tähtis etapp põlevkivienergeetika ajaloos algas Tallinna soojuselektrijaama üleviimisega põlevkiviküttele 1924. a. Nimetatud aastat saamegi lugeda põlevkivienergeetika algusaastaks elektrienergia genereerimise tähenduses

# Ajalugu



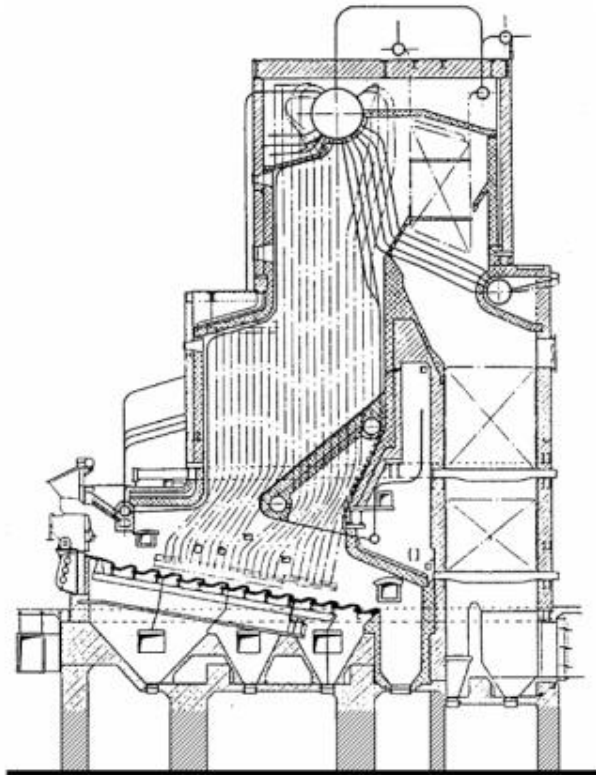
1933. a Eesti Entsüklopeedia kirjutab: „Tööstuse kütte küsimus on lahendatud õnnelikult põlevkivi tarvituselevõtuga. Kivisöe tarvidus oli veel 1923 a. 29 % üldisest kütusest, nüüd (1930) ligi pool kütet annab põlevkivi”.

Eestis on põlevkivi kasutatud pidevalt kahel eesmärgil: elektri tootmiseks ja vedelkütuse saamiseks.

Esimesed põlevkiviõligeneraatorid alustasid katseliselt tööd 1921. a. Positiivsete tulemuste alusel rajati Esimese ja Teise maailmasõja vahelisel ajal neli õlitehast, kasutusel olid nii püstretordid, tunnelahjud kui ka katseliselt pöörlevad retordid.

# Ajalugu

Tallinna Soojuselektrijaama võimsus 1933. a oli 22 MW. Lisaks Tallinna Soojuselektrijaamale ehitati Põhja-Eestisse veel mitu põlevkivi põletavat elektrijaama nagu Püssi (3,7 MW), Kohtla (3,7 MW), Kunda (2,3 MW), Kiviõli (0,8 MW). Põlevkivi kasutavate elektrijaamade koguvõimsus Teise Maailmasõja eel oli 32,5 MW.



Eelpoolnimetatud elektrijaamadest oli Püssi Elektrijaam oli lülitatud üldelektivõrku, teised olid nn kohalikud. Nimetatud elektrijaamade katelde aurutootlikkus küündis 35 t/h, aururõhk oli piirides 2,5-4 MPa, ülekuumendatud auru temperatuur küündis 400-450°C. Tolleaegsetes elektrijaamades põletati peent, nn kolmanda sordi põlevkivi (tükisuurus kuni 25 mm), **väljasorteeritud suuretükiline põlevkivi läks peamiselt utte tehastesse põlevkiviõli tootmiseks.**



# Tahmavaba põletamine

- II maailmasõja eelsel perioodil loodud põlevkivil töötavates elektrijaamades olid kasutusel restkoldega aurukatlad.
- Samas aga just restkoldel põlevkivi põletamisel saadi esimesed teadmised põlevkivi eripärast võrreldes teiste tahkete kütuse põletamisel.
- Jõuti arusaamisele, et põlevkivi saab edukalt põletada vaid pidevalt kobestatavas kihis. Selle põhimõtte järgi olid projekteeritud suurema võimsusega kateldele edasi-tagasi liikuvlülidega kaldrestid. Nendel restidel olid ka oma nimed nagu Krull-Lomšakovi ja Ilmarise restid.
- Nimelt, põlevkivi põlemisel eraldub kihis peamiselt koksi põlemissoojus ja osaliselt ka lendosa põlemissoojus. Paratamatult kandub osa mittetäielikult põlenud gaasiühendeid kihist välja restipealsesse kolde ruumi, kus jahtub või puutub kokku madalatemperatuurilise pinnaga. Selle tulemusena tekivad tahmaosakesed.

# Tahmavaba põletamine (II)

- Korstnast väljuv suits on „must“. Tuli lahendada põlevkivi restkoldes põletamise põhiprobleem – tagada nn “tahmavaba” põlemine. „Tahmavaba“ põlemine saavutati siis, kui võeti kasutusele põlevkivi kaheastmeline põletamine.
- Siin ei saa jätta nimetamata Evald Leonhard Johannes Malteneki nime, Tallinna Tehnikainstituudi (nüüdne Tallina Tehnikaülikool) esimese prorektori teeneid. Just tema juhtis põlevkivi kasutamise võimaluste uuringuid, korraldas põlevkivi- ja naftabensiini võrdluskatseid, uuris ka põlevkivibensiini ja piiritussegu sobivust autokütusena. Põlevkivi energeetiline kasutamine hakkas edasi arenema läbi teadusuuringute ja katsetööde.

# Ajalugu kokkuvõtvalt

1916 Katselised kaevandamised



1918 Tööstusliku kaevandamise algus



1924 Tööstuslik õlitootmine algas



1924 Tööstuslik elektritootmine algas



1940 11 mln kokku põlevkivi, aastane kaevandusmaht 1,7 mln tonni



## PÕLEVKIVI TERMILISE TÖÖTLEMISE SEADMED EESTIS AASTATEL 1921–2007 – Kohtla- Järve

Tehase asukoht	Seadme nimetus	Retortide (ahjude) arv	Ühe seadme läbilaskevõime, t/ööp	Seadme töötamise aeg käikulask- mine	lõpetamine
Kohtla-Järve	eksperimentaalne "J. Pintschi" retort	1	8	1921	1924
	I õlitehas (GGJ-1)	6	33	1924	1985
	II õlitehas (GGJ-2)	8	40	1936	1985
	III õlitehas (GGJ-3)	16	40	1938	1998
	GGJ-3 taaskäivitamine	16	40	2000	
	IV õlitehas (GGJ-4)	20	45	1943	1998
	GGJ-4 taaskäivitamine	20	45	1999	
	tööstuslik katseretort	1	100	1946	1955
	V õlitehas (GGJ-5)	12	100	1951	
	generaator GGJ-5 juures	1	1000	1981	
	kamberahjud	276	15	1948	1987
	tunnelahjud	2	400	1956	1968
	VI õlitehas (GGJ-6)	2	1000	1987	1998
	GGI-6 taaskäivitamine				

## PÕLEVKIVI TERMILISE TÖÖTLEMISE SEADMED EESTIS AASTATEL 1921–2007 – ülejäanud tehased

Tehase asukoht	Seadme nimetus	Retortide (ahjude) arv	Ühe seadme läbilaskevõime, t/ööp	Seadme töötamise aeg käikulaskmine	lõpetamine
Kiviõli	eksperimentaalne tunnelahi	1		1926	1930
	tööstuslik katsetunnelahi	1	75	1927	1928
	tööstuslik tunnelahi	2	250	1929	1975
	tööstuslik tunnelahi	2	350	1937	1975
	uttegeneraator (GG-1)	6	100	1953	1998
	uttegeneraator (GG-2)	2	100	1963	1998
	GG-1, 2 taaskäivitamine	8	100	1999	
	TSK-200 seade	1	200	1953	1963
	TSK-500 seade	1	500	1963	1981
Vanamõisa	“Fusiooni” retort	1	20	1925	1925
Sillamäe	tööstuslik tunnelahi	1	270	1928	1941
	tööstuslik tunnelahi	1	500	1938	1941
Kohtla-Nõmme	“Davidsoni” retort	4	25	1931	1961
	“Davidsoni” retort	4	25	1934	1961
Narva	TSK-3000 seade	1	3000	1980	
	TSK-3000 seade	1	300	1984	

# Pärast II maailmasõda

- Esimesed elektrijaamad, kus põletati tolmpõlevkivi oli 1949. a. käiku läinud Kohtla-Järve Elektriyaam, mille elektriline projektvõimsus oli 48 MW. Ahtmes käivitati elektrijaam 1951. a. Nendes elektrijaamades kasutati juba tolmküttekatlad.
- Esimesed tolmpõletuskatlad, kus põhjalikumalt oli arvestatud põlevkivi põletamise kogemusi, olid Kohtla-Järve ja Ahtme Elektriyaama ülesseatud katlad BKZ-75-39F. Nende katelde ekspluateerimine tõi esmakordselt esile põlevkivi tolmküttekatla küttepinna saastumise probleemi, kõrgtemperatuurse korrosiooni, metalli kulumise, tuhasaastest puhastamise ja soojusülekanne spetsiifilised probleemid.
- Selgus, et kivi- ja pruunsöe põletamiseks ettenähtud katlad ei ole suutelised rahuldavalt töötama tolmustatud põlevkivi põletamiseks, kuna sellel on üpris omalaadne keeruka koostisega mineraalne ja orgaaniline osa.

# Põlevkivikatelde teadusuuringute jätk, II etapp peale “tahmavaba” restkolde

- Esile kerkinud probleemide teaduslik-tehniline lahendamine ei olnud elektriyaamadele jõukohane, paratamatult tuli selleks kaasata teadlasi ja teostada vastavaid teadusuuringuid.
- Teadusuuringute tulemuste järjepidev rakendamine võimaldas järk-järgult tõsta keskrõhukatelde käitusvõimsust ja luua põlevkivikatelde projekteerimise lähtealused.
- Põlevkivi põletamise tolmipõletuskatelde kontseptsiooni väljatöötamist juhtis tol ajal Ilmar Öpik, akadeemik, kellest sai NSVL juhtiv teadlane tahkete kütuste ja katlaehituse valdkonnas.
- Ilmar Öpik oli kaitsnud 1953 a. väitekirjad: Lendtuha sadestiste paakumine põlevkivikukersiidi küttega, tehnikakandidaadi kraadi saamiseks ja 1963. a. tehnikadoktori kraaditaotlemiseks teemal Põlevkivi mineraalosa mõju aurukatla käitamisele.
- Tema uurimistööd panid aluse põlevkivienergeetika jõulisele arengule Eestis. Tema initsiatiivil asutati 1960. a. Tallinna Polütehnilise Instituudi juurde tööstusliku soojusenergeetika uurimislaboratoorium.

# Ilmar Öpik ja katlad

- Koostöös TPI teadlastega evitati Narvas Balti Soojuselektrijaam, mille esimesed energiablokid valmisid 1959 aastal. Balti Elektrijaama esimeses osas oli kaheksa kondensatsiooniturbiini, á 100 MW ja 18 katelt, tüübinimetusega TP-17 ning nad olid kõik omavahel aurutorustikega ühendatud. Auru parameetrid: rõhk 10 MPa, temperatuur 540°C.
- Sirvides akadeemik Ilmar Öpiku meenutusi toleaegsest projekteerimisest ja tulemustest leiame, et esialgset Taganrovi katlatehase katelde konstruktsiooni muudeti oluliselt, kuid lõpptulemusega ei saadud „üldse rahul olla“. Auru tegelik käitustemperatuur osutus projekttemperatuurist madalamaks küttepindade tuhaga saastumise ja tuha kõrge korrosiooniaktiivsuse tõttu.
- Aga koheselt jätkati Balti Elektrijaama teise osa evitamist. Nn teine järk koosnes neljast aurutorbiinist á 200 MW, iga turbiini toitis kaks TP-67 tüüpi katelt, projektaurutootlikkusega á 320 t/h, auru parameetrid: rõhk 13,8/2,2 MP ja temperatuur 540/540°C. Ilmar Öpik on meenutanud, et võitlus käis toleaegse ministeeriumi-keskvalitsusega. Nõue oli ehitada energiablokid võimalikult „kerget“ ehk minimaalse metallikuluga. Ilmar Öpiku arvamus oli: „ei saa rahul olla“.

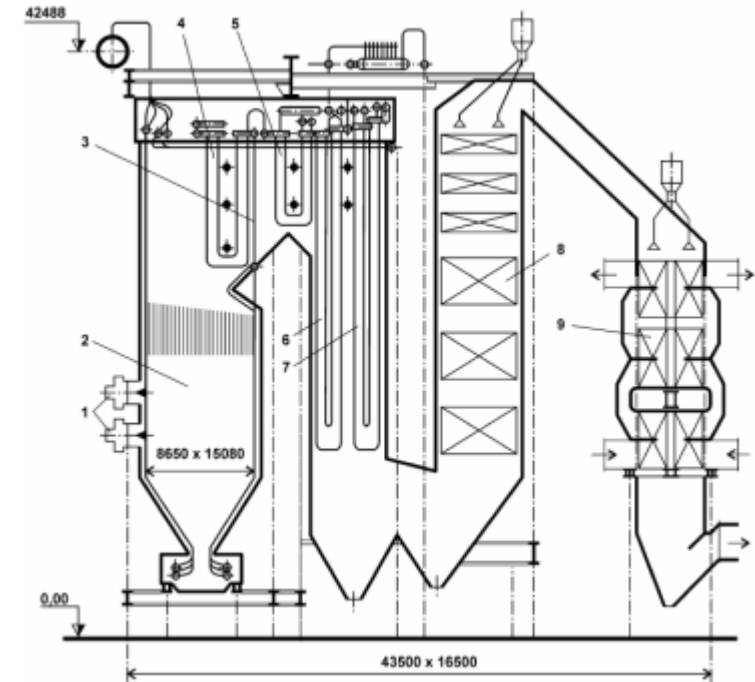


## Ilmar Öpik ja katlad (II)

- Mis on siis tolmpõletusel töötava põlevkivi ja söe aurukatla põhiline erinevus? Tolmküttekatla levinuim kompositsioon on nn  $\Pi$ -tüüpi katel.  $\Pi$ -tüüpi katla kompositsioon on järgmine: koldest väljumisava kaudu lahkuv põlemisgaas läbib esiteks lühikese rõhtsa gaasikäigu, seejärel ülalt alla püstgaasikäigu. Gaasikäigus asetsevad auruülekuumendid ja ökonomaiser-katlavee ettesoojendaja.
- Selles laskuvas gaasikäigus võib paikneda ka õhuelsoojendi. Põlevkivi põletamiseks  $\Pi$ -tüüpi katel küttepinna taolise paigutusega ei sobi, küll aga sobib ta mineraalosaesele kütusele, kus tuhk on inertne ja seotud sadestist küttepinna ei teki.
- Põlevkivitolmkatla omapära on, et kolde järel on mitu püstgaasikäiku – esimeses gaasikäigus on ülekuumendi, järgnevas ökonomaiser, rõhtgaasikäiku kolde järel saab paigutada ristvoolu sirmküttepinna.
- Selline gaasikäikude järjestus võimaldab kujundada küttepindasid, mis saastuvad tuhasadestitega vähem põlemisgaasi liikumise suunas. Samuti peetakse seejuures silmas võimalust kasutada ulatuslikult pikivoolu sirmküttepinda, mis on ka vähem saastumisohtlik.

# Ilmar Öpik hakkas rahul olema

- Balti Elektriijaamale järgnes väikese vahega Eesti Elektriijaama evitamine. Eesti Elektriijaama esimene energiablokk anti käiku 1969. a.
- Elektriijaama projektvariandis oli kokku 8 energiablokki á 200 MW. Võrreldes Balti Elektriijaama kateldega TP-67 olid Eesti Elektriijaama katlad TP-101 neljakäigulised, raskemad ja metallimahukamad, kuid saavutasid projekteeritud võimsused.
- Tõsi, selleks tuli veel tööd teha. Eesti teadlaste ja inseneride poolt rakendati katelde töötamise ajal toimivad küttepindade puhastusmeetodid: vibropuhastus ja külmaveejugadega puhastus. Arvestades toleaegseid tingimusi ja nõudeid, saavutati tulemus, millega võis rahul olla.



Nn neljakäiguline tolmpõletuskatel TP-101 . 1 – põletid; 2 – kolle; 3 – festoon; 4 – koldesirmid; 5 – vahesirmid; 6 – põhiülekuumendi pikad sirmid; 7 – vaheülekuumendi; 8 – ökonomaiser; 9 – õhueelsoojendi

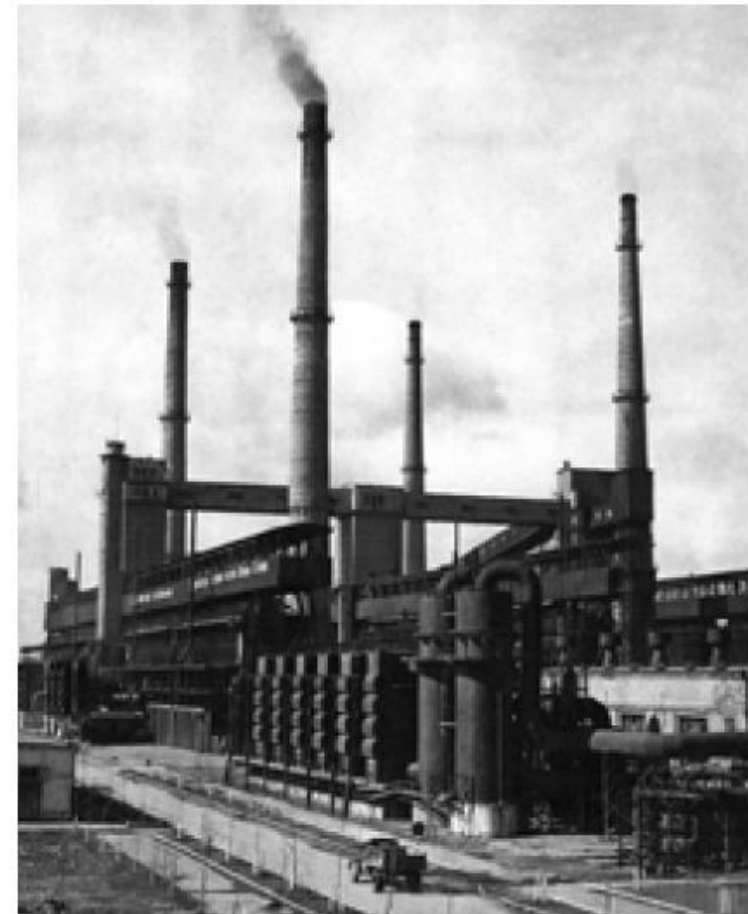
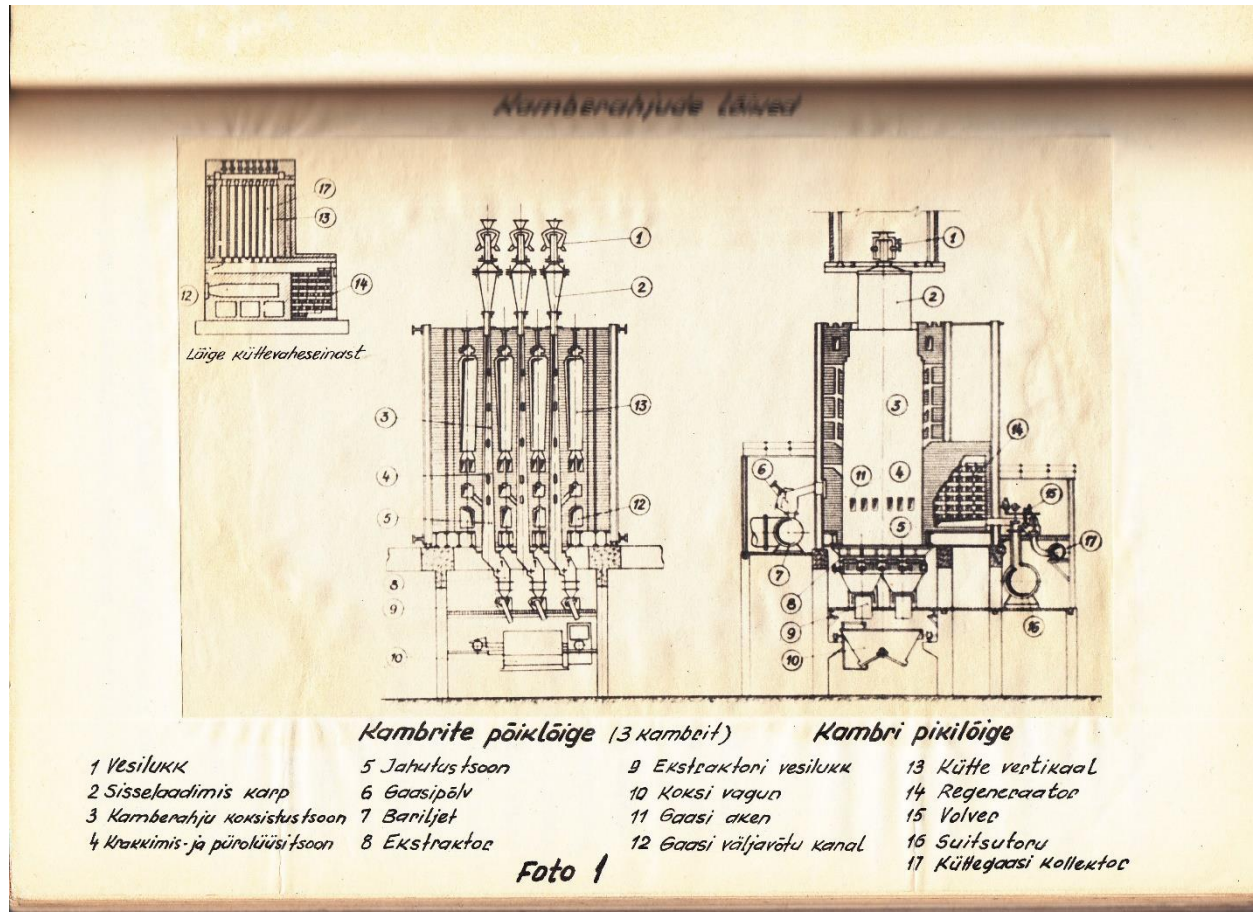
## Aga põlevkivi õli? Hoopis põlevkivi gaasistamine oli oluline

- Eesti varustas kvaliteetse majapidamisgaasiga nii Leningradi kui ka Tallinna.
- Gaasi tootmise tipp oli 1976. aastal, kui Kohtla-Järvelt väljastati 597,4 mln m<sup>3</sup> gaasi.
- Venemaal alustati katseid põlevkivigaasi tootmiseks 1938. aastal, need olid edukad, kuid soikusid sõja ajal.
- Pidevalt töötava vertikaalse kamberahju konstruktsiooni patenteerisid insenerid V. Žunko ja L.Zaglodin juba 1933. aastal, patent saadi 1935. aastal
- Kohe pärast Teist maailmasõda (aastatel 1945–1946) jätkati kamberahjude tehnoloogia täiustamist toleaegses Üleliidulises Põlevkivitöötlemise Teadusliku Uurimise Instituudis
- Juba 1947. aastal lasti Kohtla-Järvel käiku 9-kambriline katsepatarei
- ning selle baasil 1949 ka tööstuslik 276 kambriga gaasivabrik, sest külmas ja näljas olev Leningrad vajab hädasti majapidamisgaasi ja seda maagaasiga rahuldada polnud neil aastail võimalik

## Põlevkivi utte- (generaatori-), põlevkiviõli koksistamise ja kamberahjugaasi koostis % ja kütteväärtus

Komponent. Component	Generaatorigaas. Generator gas	Õli koksistamise gaas. Oil coking gas	Kamberahjugaas. Chamber oven gas
CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> S	23,3	5,3	17,0
C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub> (alkeenid)	0,7	11,6	6,3
O <sub>2</sub>	0,8	–	0,8
CO	4,6	5,0	10,6
H <sub>2</sub>	5,3	5,0	28,6
C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub> (alkaanid)	3,8	73,1	17,1
N <sub>2</sub>	61,5	–	19,6
Kütteväärtus. Calorific value			
MJ/m <sup>3</sup>	3,2	~50	16,7
kcal/m <sup>3</sup>	770	12000	4000

Help, K. Kamberahjudes põlevkivi  
 ümbertöötamise protsessi uurimine.  
 Kandidaadiväitekiri, TPI, Tallinn. 1960.  
 230 lk (käsikiri).



**Joonis 3.** Kamberahjud Kohtla-Järvel  
 (Fotoalbumist: Eesti Nõukogude Sotsia-  
 listlik Vabariik 1940–1955. ERK. 1955).  
 Chamber ovens at Kohtla-Järve in 1955



## Pöördeline aasta 1988

1988. aastal esitas NSVL Energeetika ja Elektrifitseerimise ministeerium taotluse veel kolmanda põlevkivil töötava elektrijaama ehitamiseks Eestisse võimsusega 2500 MW. Katla konstruktsiooniks valiti vähesel määral modifitseeritud katel TP-101, mis sai projektnimeks TP-218-E.

Vastuseis uuele elektrijaamale, mida hakati nimetama Balti Elektrijaama rekonstrueerimiseks, oli üksmeelne. Vastu olid nii energeetikud, teadlased, Narva linna elanikud, kogu eesti rahvas. Teadlaste seisukohta esitab tolelaegne Eesti NSV Teaduste Akadeemia üldkoosolek 30. märtsil 1988-rekonstrueerimise projekt on tehniliselt ja ökoloogiliselt küündimatu.

**„Põlevkivi tootmismahu suurendamist üle 27-30 miljoni tonni aastas on lubamatu ja kuritegu. Põlevkivi tootmist tuleb hoopis vähendada. Nafta omahind võrdsustub järjest rohkem põlevkivi hinnaga. Ilmselt hakkab alates sajandivahetusest põlevkiviõli osatähtsus nafta kõrval kasvama “** kirjutab Agu Aarna, Eesti NSV Teaduste Akadeemia korrespondentliige 1988. a. 12 augusti **Rahva Hääles.**

Avalikult kirjutati ja teadvustati, et kõigest 40-65% elektrienergiast, sõltuvalt kellaajast, tarbitakse ära Eestis.

Ülitähtis on aga lisada, et oluliselt karmistusid keskkonnanõuded. NSVL oli ühinenud rahvusvahelise kokkuleppega, mis kohustas atmosfääri heidetavat vääveldioksiidi kogust aastaks 1990, võrreldes aastaga 1980, vähendama 30% võrra. Nõuded olid karmistunud lämmastikdioksiidi ja lendtuha heitmetele. Esmatähtsaks ülesandeks kujunes hoopis põlevkivielektrijaamade lendtuha, lämmastikoksiide, väävliheitmete vähendamise võimaluste leidmine. Balti Elektrijaama rekonstrueerimine ja laiendamine jäi õnneks ellu viimata.

# Elektrijaamade müük USA –le, NRG

- 13. juuni 2001 08:26
- Pöördumise aluseks on TA energeetikanõukogu selle aasta 25. mai istungi seisukohad. Akadeemikute hinnanguil on seadusvastaselt antud AS-ile Narva Elektrijaamad Eesti Põlevkivi enamusosalus, mille omandab tühise summa eest NRG Energy.
- Põlevkiviettevõtte väärtuseks hindavad teadlased koos põlevkiviga ligi 100 miljardit krooni.
- Lisaks ei võta välisinvestor akadeemikute hinnangul endale Narva Elektrijaamasid omandades erilisi rahalisi kohustusi ega riski, kasseerides samas ettevõttest ligi pool miljardit krooni aastas, mis läheb Eestist välja.
- Teadlased kardavad, et NRG võib müüa juba 2004. aastal mõlemad elektrijaamad suvalisele ostjale. Selleks annab neile võimaluse suurem hääle arv juhatuses.
- "Lõppkokkuvõttes on ilmne, et enne 25. augustit 2001 toimuda võiv NRG-tehing on Eesti Vabariigile äärmiselt kahjulik," seisab akadeemikute kavandatavas pöördumises. "Ärgem laskem 25. augustit 2001 kujuneda 23. augusti 1939 majanduslikuks analoogiks."
- Aktsiaseltside Eesti Energia, Narva Elektrijaamad ja Eesti Põlevkivi nõukogu liikme Väino Sarneti sõnul meenutavad teadlaste seisukohad Ukraina poliitikute väljaütlemisi erastamiste kohta. "Selline ideoloogia edasi ei vii, pigem on sellise ideoloogiaga riigid Eestiga võrreldes kümneid aastaid arengus maha jäänud," kommenteeris Sarnet.

# Teadmised on olulised

Jõuame sageli mõisteteeni:

Põlevkivi ahju ajamine;

Põlevkivist õli väljapigistamine/pressimine

Madala kasuteguriga põletamine

Puidu madala kasuteguriga elektritootmine

Ja tudeng vastab mul eksamil küsimusele „mis on see kütus, mida Ida - Eestis kasutakse suurtes elektrijaamades?“, et see on fosforiit!

**Põlevkivi ei saa kunagi lõpuni uuritud. Tema lõplikuks tundmaõppimiseks on veel palju tööd teha. Selleks on vaja tagada teadlaste ja inseneride järjepidevus ja jätkusuutlikus.**



**Eesti põlevkivitööstus, põlevkivi uurimine üldse, on tugevalt mõjutatud olnud kriisidest, sõdadest, poliitikast...on öeldud, et “põlevkivi on sõdade ja kriiside laps” (E. Reinsalu on nii öelnud)**

**Põlevkivi kasutus/teadus on olnud heitlik, aga alati on temast saadud ja leitud uudne innovaatiline kasutus, mis vastab sel hetkel kõikidele nõuetele**

**Aga see on saavutatud tänu temaga tegelejate, teadlaste ja inseneride pühendumisest saadud teadmistele.  
Ilma teadmista ja oskusega oleks ta vaid üks pruun kivi maas sees.**

