

POLTTOKAASUN VALMISTUS TURPEESTA

PRODUCTION OF FUEL GAS FROM PEAT

JOHDANTO

Turpeen kaasutuksella on vanhat perinteet, vaikkakin sitä käyttävien laitosten määrä on ollut suhteellisen pieni ja käyttö on rajoittunut turvetuotantoalueiden välittömään läheisyyteen. Käytössä olevissa laitoksissa on yleensä sovellettu muiden polttoaineiden kaasutuksesta saatuja kokemuksia. Osittain tästä syystä ja osittain aikaisemmasta turpeen tuotantomenetelmästä johtuen käytännön sovellutukset ovat perustuneet etupäässä palaturpeen käyttöön. Sen sijaan jyrsturpeen kaasutus ei toistaiseksi ole johtanut käytännön ratkaisuihin positiivisia tuloksia antaneista kaasutuskokeista huolimatta.

Kiinteän polttoaineen kaasutustutkimuksen painopistealueet VTT:n poltto- ja voiteluainelaboratoriossa ovat jatkuva alan seuranta, kansainvälinen yhteistyö, teoreettinen tutkimus sekä oma koetoiminta. Tavoitteena on ollut luoda laaja näkemys kotimaisen polttoaineen kaasutusmahdollisuuksista. Tutkimukseen on oleellisena osana liittynyt myös eri menetelmien taloudellinen vertailu sekä kaasun käyttömahdollisuuksien kartoittaminen.

Yleismaailmallinen energiatilanne on vauhdittamassa kotimaisen energian käyttöönottoa. Jo nyt on nähtävissä kiinteästä

raaka-aineesta (turve, puu tms.) valmistetun kaasun käytön edullisuus useissa kohteissa, joissa ei ole mahdollista polttaa kiinteää polttoainetta sellaisenaan. Vaikka yleismaailmallisesti perinteinen tavoite on ollut prosessikaasun, synteettisen maakaasun ja polttonesteen valmistaminen kiinteästä hiilestä, lienevät Suomen olosuhteissa toteutettavat ensimmäiset teollisuusmittakaavaiset prosessit tähdätty pienlämpöarvoisen polttokaasun valmistamiseen.

VTT:n poltto- ja voiteluainelaboratorion tutkimus on vaiheessa, jolloin on saavutettu valmius teollisuusmittakaavaisen kiinteäpatjaprosessin suunnittelemiseen. Leijukerroskaasutuksen tutkiminen on etenemässä teoreettisen ja laboratoriotutkimuksen kautta pilot plant -kokeisiin.

KAASUTUS

Kaasutuksella tarkoitetaan kiinteän (myös nestemäisen) polttoaineen muuntamista kaasumaiseen olomuotoon. Tämä aikaansaadaan termisesti hyötysuhteen ollessa parhaimmillaan ja prosessista riippuen yli 90 %. Normaali paineessa valmistetun kaasun arvokkaimmat komponentit ovat vety (H_2) ja hiilimonoksidi (CO). Painetta korotettaessa nousevat hiilivetyjen, etenkin metaanin (CH_4) pitoisuudet.

Kaasutus voidaan toteuttaa joko perinteisesti kiinteässä patjassa, suspensiokaasutuksena tai leijukerroskaasutuksena. Tuote-

tun kaasun lämpöarvo riippuu käytettävistä kiinteistä ja kaasumaisista materiaaleista. Korkealämpöarvoinen prosessikaasu (n. 10 MJ/m^3) valmistetaan happi-vesihöyrykaasutuksella normaalipaineessa, kun taas synteettisen maakaasun tuottaminen vaatii korkean paineen (50–100 bar). Kaasutus vesihöyryllä on myös mahdollinen, mutta prosessin endotermisyyden takia siihen joudutaan tuomaan energiaa ulkopuolelta. Pienlämpöarvoinen ($4\text{--}5 \text{ MJ/m}^3$) poltto-kaasu valmistetaan ilmakaasutuksella. Ilman sisältämä typpi siirtyy suoraan kaasuun laimentaen sitä (n. 50 %).

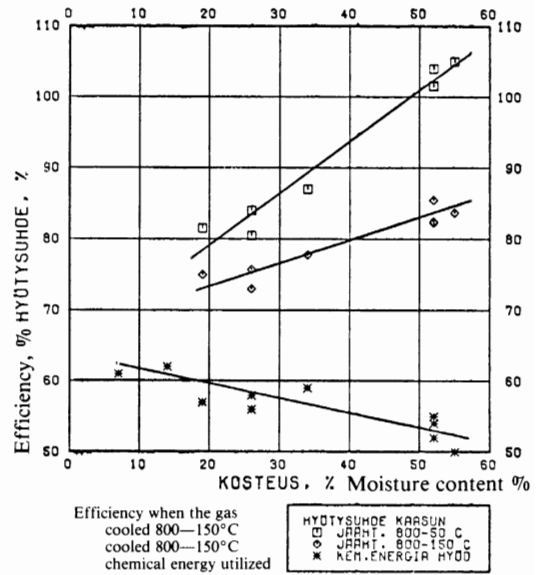
Kuiva turve on tunnetusti erittäin reaktiivista. Reaktiivisuudesta on välitöntä etua turvetta kaasutettaessa. On havaittu, että vesikaasureaktio saavuttaa käytännön prosessissa vaadittavan nopeuden jo n. 850°C :ssa. Kaasutus voidaan siten toteuttaa tuhkan pehmenemis- ja sulamispisteitä huomattavasti alemmissa lämpötiloissa.

KIINTEÄPATJAKAASUTUS

VTT:n nykyistä poltto- ja voiteluainelaboratoriota edeltäneen työryhmän ensimmäisenä tutkimuskohteena oli toisen maailmansodan aikana turpeen muuttaminen synteetikaasuksi ja edelleen Fischer-Tropsch -synteessillä voiteluöljyksi. Tutkimuksia tehtiin myös koelaitosmittakaavassa. 1950-luvulla laboratorio tutki mahdollisuuksia valmistaa jrsinturpeesta keskilämpöarvoista kaasua leijukerospatjassa vesihöyryllä ja epäsuoraa lämmitystä käyttäen.

Vuoden 1975 syksyllä laboratoriossa käynnistettiin turpeen kaasutusmahdollisuuksia koskeva esitutkimus, jossa kirjallisuustutkimuksena pyrittiin selvittämään turpeen kaasutuksen tilanne ja käsiteltiin kaasutusprosesseja, joissa turvetta oli kaasutettu. Työn perusteella arvioitiin, että lyhyellä tähtäyksellä käytännön sovellutusmahdollisuuksia olisivat prosessit, joissa raaka-aineena käytettäisiin palaturvetta tai turvepellettejä ja tuotteena saataisiin pienlämpöarvoista polttoaasua. Lisäksi arvioitiin, että korkeammasta polttoainehinnasta huolimatta palaturpeella olisi mahdollisuuksia turvekoksichteaan yhteydessä aloitetun laajamittaisen tuotannon ansiosta mm. seuraavista syistä:

- kehitystyö ja suurtuotanto pienentävät hintaeroa jrsinturpeeseen,
- koska kaikki tuotettu palaturve ei sovelu koksichteaan raaka-aineeksi, taloudellista tulosta voidaan parantaa sen moni-



Kuva 1. Turpeen kosteuden vaikutus hyötysuhteeseen, kun kaasun tuntuva lämpö hyödynnetään. Ilmansyöttö 40 m^3/h .

Figure 1. The effect of the moisture content of peat on the efficiency when the sensible heat of gas is utilized. Air feed 40 m^3/h .

naiskäytöllä (poltto, kaasutus).

Tällä hetkellä VTT:ssä kokeillaan palaturpeen ja vastaavien kotimaisten polttoaineiden kaasutusta sekä kiinteäpatja- että leijukerosperiaatteella.

Palaturvetta ja vastaavia puupolttoaineita voidaan periaatteessa kaasuttaa sekä vasta- että myötävirtaperiaatteella toimivissa kiinteäpatjareaktoreissa. VTT:n poltto- ja voiteluainelaboration koetoiminta tapahtuu myötävirtareaktorissa, koska tässä menetelmässä ei tuotekaasussa ole tervaa, joten erillistä kaasunkäsittelylaitteistoa ei tarvita. Vastavirtakaasutuksen osalta tehdään seuranta tutkimusta ja kehitellään valmiutta tämän kaasutusteknologian soveltamiseen suoraan keskisuuressa mittakaavassa tunnettuja prosesseja soveltaen. Laboratorion myötävirtakoelaitteistossa polttoaine syötetään reaktorin yläosaan, josta se valuu alaspäin käyden läpi kuivauksen, pyrolyysin, hiiltojäännöksen osittaispolton sekä reduktion. Pyrolyysituotteet ja osa kosteudesta virtaavat myös alaspäin ja kaasuntuvat poltto- ja reduktiovyöhykkeessä. Tuotteena saadaan siten pelkästään polttoaasua ja tuhkaa. Tavoitteena on ollut lähinnä turpeen ja myös muiden polttoaineiden kaasutus-ikäytymisen seuranta eri olosuhteissa.

Ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin panos-

tyyppisessä kaasuttimessa palaturpeen kosteuden, raekoon ja hienon aineksen vaikutusta kaasuttimen toimintaan ja tuotekaasun koostumukseen. Tulokset osoittivat, että kosteudeltaan 10 . . . 42-prosenttisen palaturpeen kaasutus on mahdollista lisätäessä hienoa ainesta jopa 30 % ja että tuloksena on lähes tervaton kaasu. Koelaitos muutettiin seuraavassa vaiheessa jatkuvatoimiseksi. Em. muuttujien lisäksi tutkittiin alustavasti ilman esilämmityksen, syöttötavan ja kuormitusasteen vaikutusta kaasutukseen. Tulosten perusteella todettiin, että lähtöaineeksi soveltuu 50 % vettä sisältävä turve ja myös 30 % hienoa ainesta sisältävä turve soveltuu käyttöön. Kaasutinta voitiin myös käyttää hyvin laajalla tehoalueella. Turpeen kuiva-ainekilon tuottama kaasumäärä oli 2,8 . . . 3,2 m³. Käytetty kaasutusilmavirta oli 10 . . . 40 m³/h ja kaasuttimen kemiallinen hyötysuhde parhaimmillaan n. 70 %. Kuvassa 1 on esitetty turpeen kosteuden vaikutus hyötysuhteeseen. Käytännön sovellutuksissa voidaan lisäksi hyödyntää polttoaikaa tuntuva lämpö, jolloin voidaan saavuttaa jopa yli 80 . . . 90 % hyötysuhde. Tuotetun polttoaikaa koostumus vaihteli seuraavasti: vetyä 10,7 . . . 13,9 %, häkää 11,0 . . . 21,3 %, metaania 0,5 . . . 1,0 %, hiilidioksidia 21,8 . . . 8,8 %.

Kolmannessa vaiheessa tutkimus laajennettiin käsittämään myös *muut kotimaiset polttoaineet* sekä *tuotekaasun käyttösovellukset dieselmootorissa*. Tutkittuja polttoaineita ovat olleet erilaatuisten palaturpeiden ohella turvepelletit ja -brikitit sekä erilaiset puupolttaineet (koivuhake, koivupilke, vaneritehtaiden puujäte sekä näiden ja palaturpeen seokset). Lisäksi tehtiin muutoksia, jotka mahdollistivat ilmavirran nostamisen 80 m³/h:iin. Alustavasti voidaan todeta, että kaasutin toimii kaikilla polttoaineilla eikä kaasun koostumuksessa tai muissa tuloksissa syntynyt merkittäviä eroja samoissa olosuhteissa. Puupolttaineita käytettäessä hyötysuhde oli kuitenkin hieman alhaisempi kuin turvetuotteita käytettäessä.

Teknistaloudellisella tutkimuksella seurataan jatkuvasti turpeesta tuotetun kaasun hintaa. Tällä hetkellä kaasun hintataso sijoittuu kevyen- ja raskaan polttoöljyn energiahinnan välille (öljyn hinta 17.8. -79). Kuvassa 2 on esitetty laskettu kaasun hinta palaturpeen (hinta 7,2 mk/GJ) vastavirtakaasutuksessa huipun käyttöajan funktiona. Kokoluokka on 10 MW. Kuvasta

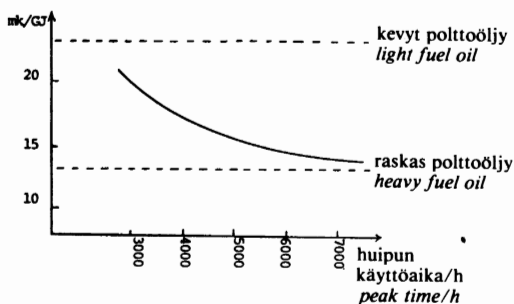
voidaan havaita hinnan jyrkkä riippuvuus käyttöasteesta. Kaasun kustannuksiin vaikuttavat voimakkaasti myös käytetyn turpeen hinta sekä kaasuttimen kapasiteetti. Jatkotutkimuksissa on tavoitteena siirtyä seuraavaan kokoluokkaan ja toteuttaa koe-rakentaminen yhteistyössä teollisuuden kanssa käyttökohteen yhteydessä.

LEIJUKERROSKAASUTUS

Yleistä

Leijukerros muodostuu, kun hienojakoisesta kiinteästä materiaalista koostuvaan patjaan puhalletaan alhaalta päin kaasua, niin että kaasuvirtaus kannattaa kiinteää materiaalia, mutta ei kuljeta sitä mukanaan. Materiaali joutuu ns. fluidisoituu tilaan I. syntyy leijukerros.

Useimmat uudet ns. toisen sukupolven kaasutusprosessit soveltavat fluidisaatiotekniikkaa. Tähän ovat vaikuttaneet leijukeroksen erinomaiset aineen- ja lämmönsiirto-ominaisuudet, joista seuraa suuri reaktiionopeus. Leijukeroksen luonteesta johtuu, että pölyhäviöt kaasun mukana ovat yleensä suuret. Reaktorista poistunut kiinteä materiaali erotetaan useimmiten kaasusta ja johdetaan takaisin reaktiotilaan. Leijukeroksen syntyminen edellyttää fluidisoitavalta materiaailta tietynlaista homogeenisuutta. Esim. murskattu kivihiili (0 . . . 8 mm) käy erinomaisesti tällaisen prosessin raaka-aineeksi. Vaikka jyrksinturpeen raekokoa voidaan verrata tällaiseen kivihiileen, sen fluidisoiminen on paljon vaikeampaa. Tämä johtuu materiaalin suhteellisesta keveydestä sekä epähomogeenisuudesta painon suhteen. Jyrksinturpeen leijukerros-poltossa, joka on verrattavissa kaasutukseen,



Kuva 2. Vastavirtakaasutuksesta saatavan kaasun laskettu hinta huipun käyttöajan funktiona.

Figure 2. The price of gas obtained from counter-current gasification as a function of peak time.

käytetään apuna inertistä homogeenisesta materiaalista muodostettua stabiloivaa kerrosta, johon turve syötetään.

Perinteistä leijukerrokseen perustuvaa kaasutusprosessia kutsutaan kehittäjänsä mukaan Winkler-prosessiksi, jonka periaatekaavio on esitetty kuvassa 3.

Prosessi toimii yleensä alle kiinteän materiaalin (useimmiten kivi- tai ruskohiili) tuhkan pehmenemispisteen olevissa lämpötiloissa. Reaktionopeuden nostamiseksi on Saksan Liittotasavallassa kehitetty ns. Hoch-Temperatur-Winkler-prosessi, jossa tuhkan sulamispistettä nostetaan kalkkiliäyksen avulla. Reaktorin kapasiteetin parantaminen paineistuksen avulla on myös tutkimuksen kohteena.

Suomessa on A. Ahlström Oy kehittänyt jyrshinturpeen leijukerrospoltoon soveltuvan ns. Pyro-flow-systeemin, joka soveltuu myös kaasutukseen. Prosessissa käytetään inerttiä hiekasta muodostettua leijukerrosta. Prosessi toimii ns. kiertopetiperiaatteella, jolloin kaasun virtausnopeus on säädetty niin suureksi, että osa hiekasta sekä turpeesta kontrolloidusti kierrätetään. Lämmittämällä kiertohiekkaa reaktorin ulkopuolella ja johtamalla se takaisin reaktoriin saadaan vesihöyrykaasutuksen vaatima energia siirrettyä reaktiovyöhykkeeseen.

Näin pystytään valmistamaan keskivahvaa (n. 10 MJ/m³/n) prosessikaasua.

Taulukossa 1 on esitetty tyypilliset kivihiilestä happi/höyry- ja ilmakaasutuksella Winkler-prosessissa saadut kaasun koostumukset.

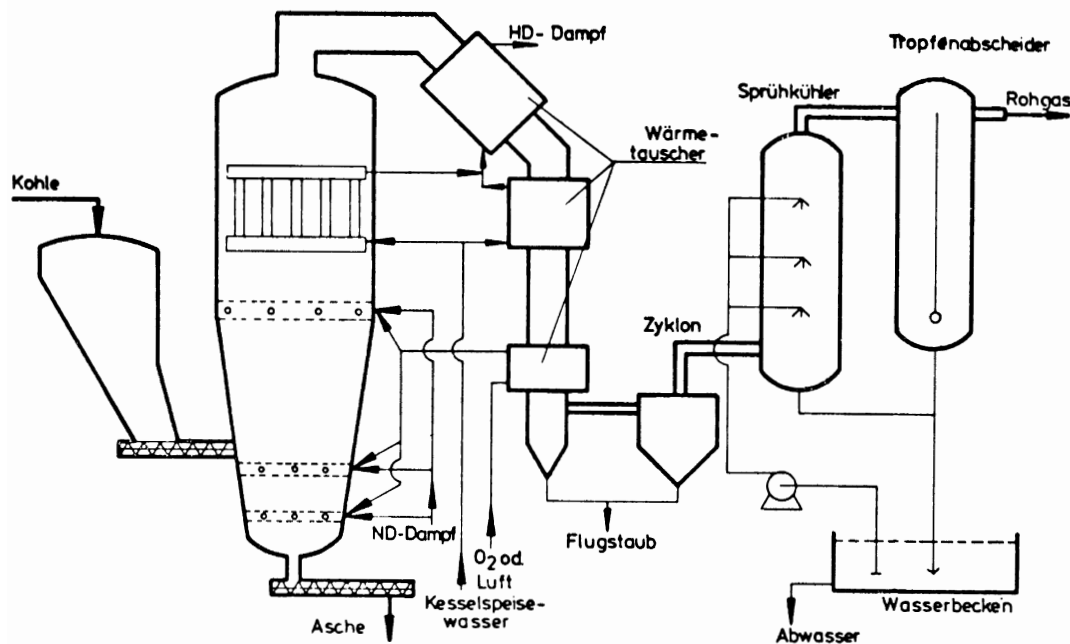
Taulukko 1. Tyypillinen happi/höyry- ja ilmakaasutuksesta saatava analyysi.

Table 1. Typical analysis results of oxygen/steam and air gasification.

	Happi/höyrykaasutus Oxygen/steam gasification	Ilmakaasutus Air gasification
CO	25.7	19.0
CO ₂	15.8	6.2
H ₂	32.2	11.7
H ₂ O	23.1	11.5
CH ₄	2.4	0.5
N ₂	0.8	51.1
H ₂ S	2 500 ppm	1 300 ppm
COS	400 ppm	200 ppm
Kuivan kaasun lämpöarvo Heat value of dry gas	10.8 MJ/m ³ n	4.4 MJ/m ³ n

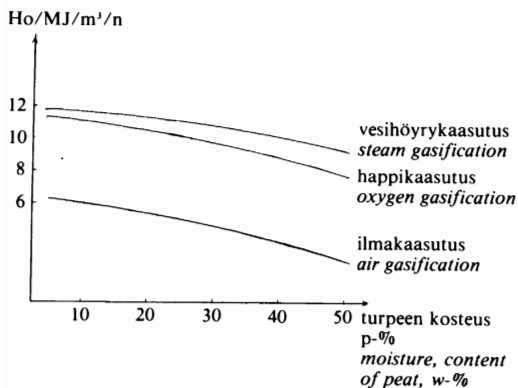
TUTKIMUKSET VTT:SSA

Leijukerroskaasutuksen tutkimus on aloitettu POV:ssa 60-luvun alussa. Alkuvaiheessa tutkimustoiminta suunnattiin keskivahvan kaasun valmistamiseen vesihöyry-



Kuva 3. Winkler-prosessi

Figure 3. Winkler process



Kuva 4. Eri menetelmillä tuotetun kuivan kaasun tietokonemallilla laskettu lämpöarvo turpeen kosteus-pitoisuuden funktiona. Reaktiolämpötila 900°C.

Figure 4. Heat value of dry gas produced with different methods, calculated by aid of an ADP model as a function of the moisture content of peat. Reaction temperature 900°C.

kaasutuksella. Keväällä -79 valmistuneen keskipitkän tähtäimen tavoiteohjelman puitteissa on tutkimus laajennettu käsittämään leijukerroskaasutuksen koko kentän. Painopiste suunnataan lähitulevaisuudessa polttokaasun valmistamiseen ilmakaasutuksella, koska tällaiselle kaasulle on nähtävissä potentiaalisimmat käyttökohteet nykyhetkellä.

Käyttökohteet määrittyvät kaasun valmistustavan perusteella. Ilmakaasutuksella tuotettu kaasu soveltuu polttoaineeksi erilaisissa käyttökohteissa. Näitä ovat höyry- ja lämpökattilat, teollisuuden uunit sekä tietyt moottorit ja turbiinit. Viimeaikoina on ollut esillä kaasun valmistaminen dieselvoimaloiden polttoaineeksi. Happi/vesihöyry- ja vesihöyrykaasutuksella saadaan raaka-ainetta kemian teollisuudelle mm. ammoniakkin valmistukseen. Kaasun jatkojalostus metanoliksi on myös VTT:ssä tutkimuksen kohteena.

Poltto- ja voiteluainelaboratorion teoreettisen tutkimuksen tuloksena on kehitetty tietokonemallit erityyppisille kaasutusmenetelmille. Kuvassa on leijukerrostuotekaasun lämpöarvon riippuvuus käytetyn jyrshinturpeen kosteus-pitoisuudesta.

Kuvasta havaitaan, että varsinkin ilma-kaasutuksessa on turve kuivattava vähintään kosteus-pitoisuuteen 20 % hyvän kaasun laadun (n. 5 MJ/m³n) takaamiseksi.

Leijukerroskaasutukseen liittyen on POV:ssa meneillään kaksi projektia. Toinen näistä liittyy aktiivihillen valmistuk-

seen turvekoksista osittaisella höyrykaasutuksella. Koetoiminta tapahtuu pilot-plant-mittakaavassa. Toisen projektin tarkoituksena on kokeellisesti suurehkoissa laboratoriomittakaavassa selvittää jyrshinturpeen leijukerroskaasutuksen perusteet ja luoda valmius pilot-mittakaavaan siirtymiselle. Kokeet suoritetaan laboratorion laitehalliin valmistuneella leijukerrosreaktorilla, jonka konstruktion suuri muunneltavuus mahdollistaa kaasutukseen vaikuttavien eri parametrien tutkimisen.

KEHITYSNÄKYMÄ

Turpeen kuten muidenkin kotimaisten polttoaineiden kaasutuksessa on nähtävissä useita prosessivaihtoehtoja ja käyttösovellutuksia. Palaturpeen ja vastaavien polttoaineiden sekä myötä- että vastavirta-kiinteäpatjakaasutus tulee todennäköisesti kehittämään omalla luontevalla sovellutusalueellaan. Vastavirtaperiaatteella toimiva laitos soveltuu parhaiten pienlämpöarvoisen kaasun valmistukseen. Tekniikkaa on saatavissa tällä hetkellä ulkomailta ja poltto- ja voiteluainelaboratoriossa on kehitetty valmiutta sen arvioimiseen ja käyttöönottoon. Oma koetoiminta laboratoriossa on ollut myötävirtakaasutuksen osalta ja tavoitteena on suuremman koelaitoksen rakentaminen yhdessä teollisuuden kanssa käyttökohteen yhteyteen. Teoreettisen tarkastelun ja kustannuslaskennan pohjalta on päädytty johtopäätökseen, että kevyen polttoöljyn korvaaminen turvekaasulla on taloudellista ja myös raskaan polttoöljyn korvaaminen käyttöaikojen ollessa pitkät. Kehitystyötä ja koerakentamista varten tarvitaan kuitenkin suurempaa panosta.

Leijukerroskaasutus on erittäin varteenotettava vaihtoehto kaasutettaessa turvetta suurehkoissa mittakaavassa. Kustannuslaskelmissa on päädytty siihen, että jo nykyisillä energianhintoilla näin tuotettu polttokaasu on kilpailukykyistä raskaan polttoöljyn kanssa vuotuisten käyttöaikojen ollessa pitkät. Tuontienergian kallistuessa kaasun käyttö näyttää jo lähitulevaisuudessa kannattavalta. Sen vuoksi on tämänkin prosessivaihtoehdon kaasutusmenetelmän kehittämällä kiire. Suomalaisen turpeen ja puun kaasuttaminenhan on hyvin pitkälle vain suomalaisten ongelma eikä siihen soveltuva valmistaa kaasutusteknologiaa ole odotettavissa ulkomailta.

SUMMARY:

PRODUCTION OF FUEL GAS FROM PEAT

Gasification was studied at the Technical Research Centre of Finland in the 1950s. After the era of cheap oil, the research work on the gasification of domestic solid fuels was restarted in the fall of 1975.

In a technico-economic study it was concluded that the most favourable short-term application alternatives were processes with sod peat or peat pellets as raw material and low-Btu fuel gas as products. The energy price of gas was calculated to be between those of light and heavy fuel oil so that in the size class of 10 MW and at a high efficiency of use the price of heavy fuel oil is approached in fixed bed gasification.

Gasification tests were carried out on a co-current fixed bed reactor. It was found that peat with 50 % moisture content and with about 30 % content of fine material is suitable for gasification. The amount of gas generated per kg peat dry

matter was 2.8 to 3.2 m³/n. The chemical efficiency was about 70 % at its best. The total efficiency is considerably increased if the sensible heat of gas can be utilized.

Tests with fluidized bed gasification were also restarted in the Fuel and Lubricant Research Laboratory of the Technical Research Centre of Finland both on the PDU and pilot plant scale. For the time being, tests with the production of activated carbon from peat coke have been carried out on the pilot plant equipment, while the equipment will be modified after the PDU tests for the use in gasification tests.

Fluidized bed gasification is an alternative of consideration when peat is gasified on a large scale. The production of both fuel and synthesis gas can be considered. The development of fluidized bed gasification on the basis of the peat combustion systems in fluidized bed is considered possible and necessary.