



SUOMI – FINLAND  
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN



FI000122817B

(12) PATENTTIJULKAISU  
PATENTSKRIFT

(10) FI 122817 B

(45) Patenti myönnetty - Patent beviljats

13.07.2012

(51) Kv.lk. - Int.kl.

**D21C 11/00** (2006.01)  
**C10J 3/00** (2006.01)

(21) Patentihakemus - Patentansökning

20086218

(22) Saapumispäivä - Ankomstdag

19.12.2008

(24) Tekemispäivä - Ingivningsdag

19.12.2008

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

20.06.2010

(73) Haltija - Innehavare

**1 •UPM-Kymmene Corporation**, Eteläesplanadi 2, 00130 Helsinki, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

**1 •Ahlbeck, Jarl**, Turku, SUOMI - FINLAND, (FI)  
**2 •Lundqvist, Kurt**, Parainen, SUOMI - FINLAND, (FI)  
**3 •Rönnlund, Ida**, Turku, SUOMI - FINLAND, (FI)  
**4 •Westerlund, Tapio**, Turku, SUOMI - FINLAND, (FI)  
**5 •Luukko, Kari**, Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)  
**6 •Sorri, Vesa**, Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud

**Kolster Oy Ab**, Iso Roobertinkatu 23, 00120 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

**Menetelmä, järjestelmä ja käyttö lämmönvaihtoa varten**  
**Förfarande, system och användning för värmeväxling**

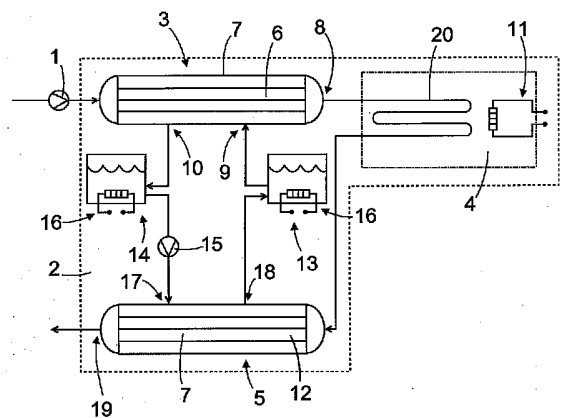
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

CN 101058404 A, WO 9630464 A1, WO 2007038996 A1, JP 61066789 A

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Menetelmä, järjestelmä ja käyttö lämmönsiirtoa varten biomassan ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa. Menetelmä käsittää vaiheet, joissa: kuumennetaan biomassaa ensimmäisessä lämmönsiirtimessä (6) lämmönsiirtöväliaineen lämpöenergialla, saatetaan biomassa reagoimaan mainitussa ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa ja aikaansaadaan reaktiotuotteita, jäädytetään biomassan reaktiotuotteita toisessa lämmönsiirtimessä (12) absorboimalla reaktiotuotteiden lämpöenergiaa mainittuun lämmönsiirtöväliaineeseen, ja kierrätetään mainittua lämmönsiirtöväliainetta ensimmäisen lämmönsiirtimen (6) ja toisen lämmönsiirtimen (12) välillä, missä lämmönsiirtöväliaineena käytetään sulasuolaa.

Förfarande, system och användning för värmeöverföring i en biomassas förgasningsprocess i överkritiskt eller nästan kritiskt vatten. Förfarandet omfattar steg, i vilka: biomassan uppvärms i en första värmeväxlare (6) med värmeöverföringsmediets värmeenergi, biomassan bringas att reagera i nämnda förgasningsprocess i överkritiskt eller nästan kritiskt vatten och reaktionsprodukter åstadkoms, biomassans reaktionsprodukter kyls i en andra värmeväxlare (12) genom absorbering av reaktionsproduktemas värmeenergi i nämnda värmeöverföringsmedium, och nämnda värmeöverföringsmedium cirkuleras mellan den första värmeöverflaren (6) och den andra värmeväxlaren (12), där smält salt används som värmeöverföringsmedium.



## Menetelmä, järjestelmä ja käyttö lämmönsiirtoa varten

### Keksinnön ala

Keksintö koskee menetelmää lämmönsiirtoa varten biomassan ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa, joka menetelmä käsittää vaiheet, joissa: kuumennetaan biomassaa ensimmäisessä lämmönsiirtimessä lämmönsiirtoväliaineen lämpöenergialla, saatetaan biomassaa reagoimaan mainitussa ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa ja aikaansaadaan reaktiotuotteita, jäädytetään biomassan reaktiotuotteita toisessa lämmönsiirtimessä absorboimalla reaktiotuotteiden lämpöenergiaa mainittuun lämmönsiirtoväliaineeseen, ja kierrättämällä mainittua lämmönsiirtoväliainetta ensimmäisen lämmönsiirtimen ja toisen lämmönsiirtimen välillä.

Keksintö koskee lisäksi järjestelmää lämmönsiirtoa varten biomassan ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa, joka järjestelmä käsittää ensimmäisen lämmönsiirtimen mainitun biomassan kuumentamiseksi, toisen lämmönsiirtimen mainitun ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvan kaasuuntumisprosessin reaktiotuotteiden jäädyttämiseksi, ja kiertojärjestelmän lämmönsiirtoväliaineen kierrättämiseksi ensimmäisen lämmönsiirtimen ja toisen lämmönsiirtimen välillä.

Keksintö koskee myös käyttöä.

Keksinnön menetelmää ja laitteistoa voidaan käyttää prosesseissa ja järjestelmissä, joissa käsitellään biomassaa ja muunnetaan sitä kaasumaiseksi tai nestemäiseksi polttoaineeksi tai peruskomponenteiksi jatkojalostusta varten.

### 25 Keksinnön tausta

Suuressa paineessa ja suuressa lämpötilassa suoritettavaa hydrotermistä kaasuuntumis-/nesteytymisprosessia on tutkittu jo vuodesta 1978 lähtien, jolloin J. Model havaitsi, että ylikriittistä vettä, eli vettä olosuhteissa, joissa lämpötila on yli 374 °C ja paine on ainakin 221 baaria, voidaan käyttää orgaanisen materiaalin muuttamiseksi kaasuksi, kun ylikriittistä vettä käytettiin väliaineena. Muutamat tutkijaryhmät ovat edelleen kehittäneet tätä menetelmää sisältämään erilaisten määrän biomassan syötteiden nesteytymisen ja myös muuttamisen kaasuksi sekä lähes kriittisessä vedessä, eli veden paineen ollessa ainakin 150 baaria ja lämpötilan ollessa yli 300 °C, että ylikriittisessä vedessä.

Prosessia voidaan mahdollisesti käyttää muuttamaan kaasuksi esimerkiksi jätelietettä selluloosa- ja paperiteollisuudessa ja erottamaan orgaanista ainesta epäorgaanisesta aineksesta. Orgaaninen aines muutetaan kaasuksi pääasiassa vedyksi, metaaniksi, hiilidioksidiksi ja hiilimonoksidiksi, kun taas  
 5 epäorgaaninen aines voidaan erottaa mekaanisesti nestefaasista. Kaasuksi muuttuminen tapahtuu noin 450–700 celsiusasteessa riippuen kaasuksi muutettavana olevasta materiaalista, vallitsevista prosessiolosuhteista ja siitä, käytetäänkö katalyytteja vai ei.

Suuresta lämpötilasta, suuresta paineesta ja suuresta vesipitoisuudesta johtuen prosessi kuluttaa erittäin paljon energiaa. Tämän vuoksi on olemassa tarve sisäiselle lämmöntalteenotto- tai lämmönsiirtojärjestelmälle, jolla lämmitetään sisään tulevia reaktantti-, lisäaine- ja katalyyttivirtoja lämpöenergialla, jota on absorboitunut reagoineen materiaalin poistuneesta kuumavirrasta.  
 10

Hydrotermisen kaasuuntumis- ja/tai nesteytymisprosessin laitteistossa on tunnettua käyttää lämmönsiirtimiä energiankäytön tehokkuuden parantamiseksi. Tunnetut lämmönsiirtimet eivät valitettavasti toimi hyvin hydrotermisissä kaasuuntumis- ja/tai nesteytymisprosesseissa, mikä johtuu erittäin vaativista prosessiolosuhteista ja biomassan epähomogeenisesta luonteesta.  
 15

Perinteisiin putkilämmönsiirtimiin liittyvä yksi vakava ongelma on se, että putkien molemmilla puolilla on suuri paine, eli materiaalivirta putkien sisällä ja lämmönsiirtoväliaine putkien ulkopuolella täytyy paineistaa suureen paineeseen, esimerkiksi 221 baariin, jotta lämpötila saadaan riittävän suureksi. Tämä tarkoittaa sitä, että lämmönsiirtimen vaipasta täytyy tehdä paineenkestävä, eli erittäin paksu, jolloin siitä tulee erittäin kallis.  
 20  
 25

Eräs toinen lämmönsiirtimiin liittyvä ongelma aiheutuu pienistä kuumentamisnopeuksista. Tämä aiheuttaa tervan, hiilen ja muiden kiinteiden aineiden tai suuriviskoosisten virtaavien aineiden kertymistä lämmönsiirtimien virtauskanavien pinnoille, jolloin mainittuihin kanaviin muodostuu enemmän virtausvastusta ja tukkeutumia. Esimerkiksi kokeet, joissa yleisesti tunnettuja kaksoisseinätyyppisiä lämmönsiirtimiä tai kaksoisputkityyppisiä lämmönsiirtimiä on järjestetty prosessilaitteistoon, ovat epäonnistuneet tukkeutumisen takia (Biljana Potic, D.Sc. dissertation 2006, Universiteit Twente, ISBN 90-365-2367-2).  
 30

### Keksinnön lyhyt selostus

Esillä olevan keksinnön tavoitteena on siten aikaansaada menetelmä ja järjestelmä edellä mainittujen haittojen lieventämiseksi. Keksinnön tavoitteet saavutetaan menetelmällä ja järjestelmällä, jotka ovat tunnettuja siitä, mitä  
 5 itsenäisissä patenttivaatimuksissa on esitetty. Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patenttivaatimusten kohteena.

Keksinnön menetelmän ajatus on, että menetelmä käsittää vaiheet, joissa: kuumennetaan biomassaa ensimmäisessä lämmönsiirtimessä lämmönsiirtoväliaineen lämpöenergialla, saatetaan biomassa reagoimaan mainitussa  
 10 ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa ja aikaansaadaan reaktiotuotteita, jäähdytetään biomassan reaktiotuotteita toisessa lämmönsiirtimessä absorboimalla reaktiotuotteiden lämpöenergiaa mainittuun lämmönsiirtoväliaineeseen, ja kierrätetään mainittua lämmönsiirtoväliainetta ensimmäisen lämmönsiirtimen ja toisen lämmönsiirtimen välillä,  
 15 missä lämmönsiirtoväliaineena käytetään sulasuolaa.

Keksinnön järjestelmän ajatuksena on se, että se käsittää ensimmäisen lämmönsiirtimen mainitun biomassan kuumentamiseksi, toisen lämmönsiirtimen mainitun ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvan kaasuuntumisprosessin reaktiotuotteiden jäähdyttämiseksi, ja kiertojärjestelmän lämmönsiirtoväliaineen kierrättämiseksi ensimmäisen lämmönsiirtimen ja  
 20 toisen lämmönsiirtimen välillä, missä lämmönsiirtoväliaine on sulasuola.

Keksinnön käytön ajatuksena on se, että sulasuolaa käytetään lämmönsiirtoväliaineena biomassan ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa.

Keksinnön toisen käytön ajatuksena on, että sulasuolaa käytetään lämmönsiirtoväliaineena biomassan ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa, joka käsittää vaiheet, joissa: kuumennetaan biomassaa ensimmäisessä lämmönsiirtimessä lämmönsiirtoväliaineen lämpöenergialla, saatetaan biomassa reagoimaan mainitussa ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa ja  
 30 aikaansaadaan reaktiotuotteita, jäähdytetään biomassan reaktiotuotteita toisessa lämmönsiirtimessä absorboimalla reaktiotuotteiden lämpöenergiaa mainittuun lämmönsiirtoväliaineeseen, ja kierrätetään mainittua lämmönsiirtoväliainetta ensimmäisen lämmönsiirtimen ja toisen lämmönsiirtimen välillä.

Keksinnön menetelmän ja järjestelmän eräänä etuna on, että biomassan kuumentamisnopeus voidaan pitää suurena, kun sulasuolaa käy-

tään lämmönsiirtoväliaineena, ja tämän vuoksi tervan, hiilen ja muiden vastaa-  
vien kiinteiden aineiden tai suuriviskoosisten virtaavien aineiden kerääntymistä  
lämmönsiirtimien virtauskanavien pinnoille voidaan välttää tai ainakin oleelli-  
sesti vähentää. On havaittu, että kiinteiden aineiden tai suuriviskoosisten vir-  
5 taavien aineiden kerääntymistä tapahtuu, jos biomassan lämpötila on vaihtelu-  
välillä noin 200–400 °C. Lisäksi mainitun lämpötilan vaihteluvälin sisällä esiin-  
tyy usein syövyttäviä reaktioita, jolloin laitteiston käyttöikä lyhenee. Nämä hai-  
tat, jotka esiintyvät, kun biomassan kuumentamisnopeus on liian pieni, voidaan  
välttää käyttämällä sulasuolaa lämmönsiirtoväliaineena. Koska sulasuolalla on  
10 hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet, kuumentamisnopeutta voidaan suurentaa ja  
kriittinen lämpötilan vaihtelualue voidaan ohittaa nopeasti.

Keksinnön menetelmän ja järjestelmän eräs toinen etu on se, että  
biomassan hydrotermistä kaasuuntumista ja/tai nesteytymistä varten tarvittavat  
suuret lämpötilat voidaan saavuttaa nopeasti, jolloin tuloksena on tehokkaampi  
15 prosessi ja prosessointilaitteiston suurempi kapasiteetti.

Keksinnön menetelmän ja järjestelmän vielä eräs etu on se, että su-  
lasuolan paine voidaan pitää pienenä ilman, että menetetään lämmönsiirtimien  
lämmönsiirtokapasiteettia.

Vielä eräs etu on se, että ainoastaan niiden putkien, jotka kuljettavat  
20 biomassaa, täytyy olla paineenkestäviä. Putkien ympärillä oleva lämmönsiirto-  
väliaine voi olla pienessä paineessa, esimerkiksi ilmanpaineessa. Lämmönsiir-  
toväliaineen sisältävä ja putkia suojaava rakenne voidaan siis valmistaa mate-  
riaaleista, jotka ovat hinnaltaan edullisempia kuin tunnetuissa lämmönsiirtimis-  
sä. Myös suojaavan rakenteen konstruktio on helppo.

25 Keksinnön erään suoritusmuodon ajatus on, että menetelmä ja jär-  
jestelmä integroidaan tai liitetään kraftmassatehtaan ja/tai paperitehtaan pro-  
sesseihin. Näin aikaansaadaan se etu, että kraftmassatehdas ja/tai paperiteh-  
das tarjoaa jatkuvasti käyttöön hydrotermisessä käsittelyssä käytettävää bio-  
massaa, jolloin kallista kuljetusta voidaan välttää.

### 30 **Piirustusten lyhyt selostus**

Seuraavassa keksintöä selostetaan tarkemmin edullisten suoritus-  
muotojen avulla ja viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joista

Kuvio 1 on periaatteellinen esitys keksinnön järjestelmästä ja mene-  
telmästä prosessin kulkukaaviona esitettynä.

## Keksinnön yksityiskohtainen selostus

Kuvio 1 on periaatteellinen esitys keksinnön järjestelmästä ja menetelmästä prosessin kulkukaaviona esitettynä.

Ensin biomassa, johon on valinnaisesti sekoitettu lisäaineita ja/tai katalyytteja, paineistetaan paineistusvälineellä 1 haluttuun paineeseen, esimerkiksi vaihteluvälille 150–400 baaria, ja syötetään reaktorijärjestelmään 2. Kuviossa 1 esitetty paineistusväline 1 käsittää pumpun. Paineistus haluttuun paineeseen voi tapahtua yhdessä vaiheessa, esimerkiksi yhdellä pumpulla, tai asteittain, esimerkiksi usealla sarjaan kytketyllä pumpulla.

Keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa biomassa-, lisäaine- ja/tai katalyyttivirtoja on kaksi tai jopa useampi, ja niitä syötetään erikseen reaktorijärjestelmään 2. Mainitut virrat sekoittuvat ja muodostavat reaktioseoksen reaktiojärjestelmässä 2.

Biomassa sisältää tyypillisesti ainakin 70 painoprosenttia vettä. Mänttu vesi on edullisesti pääosin biomassassa jo valmiiksi olevaa kosteutta eli vettä. Tarvittaessa joukkoon voidaan sekoittaa lisävetä.

Termillä "biomassa" tarkoitetaan kasvi-, eläin- ja/tai kalaperäisiä ensiö- ja jätemateriaaleja, kuten yhdyskuntajätettä, tuotantojätettä tai teollisuuden sivutuotteita, maatalousjätettä tai maatalouden sivutuotteita (myös lanta mukaan lukien), puunjalostusteollisuuden jätettä tai sivutuotteita, elintarviketeollisuuden jätettä tai sivutuotteita, merikasveja (kuten leviä) ja niiden yhdistelmiä. Biomassamateriaali valitaan edullisesti ei-syötävistä lähteistä, kuten ei-syötävistä jätteistä ja ei-syötävistä kasvimateriaaleista öljyt, rasvat ja vahat mukaan lukien. Esillä olevan keksinnön mukainen edullinen biomassamateriaali käsittää puunjalostusteollisuuden jätettä ja sivutuotetta, kuten tähteitä, yhdyskuntapuu-jätettä, sahatavarajätettä, haketta, sahanpurua, olkea, polttopuuta, puumateriaalia, paperilietettä, primaarilietettä ja/tai sekundaarilietettä, siis-  
 20  
 25  
 30  
 35  
 40  
 45  
 50  
 55  
 60  
 65  
 70  
 75  
 80  
 85  
 90  
 95  
 100  
 105  
 110  
 115  
 120  
 125  
 130  
 135  
 140  
 145  
 150  
 155  
 160  
 165  
 170  
 175  
 180  
 185  
 190  
 195  
 200  
 205  
 210  
 215  
 220  
 225  
 230  
 235  
 240  
 245  
 250  
 255  
 260  
 265  
 270  
 275  
 280  
 285  
 290  
 295  
 300  
 305  
 310  
 315  
 320  
 325  
 330  
 335  
 340  
 345  
 350  
 355  
 360  
 365  
 370  
 375  
 380  
 385  
 390  
 395  
 400  
 405  
 410  
 415  
 420  
 425  
 430  
 435  
 440  
 445  
 450  
 455  
 460  
 465  
 470  
 475  
 480  
 485  
 490  
 495  
 500  
 505  
 510  
 515  
 520  
 525  
 530  
 535  
 540  
 545  
 550  
 555  
 560  
 565  
 570  
 575  
 580  
 585  
 590  
 595  
 600  
 605  
 610  
 615  
 620  
 625  
 630  
 635  
 640  
 645  
 650  
 655  
 660  
 665  
 670  
 675  
 680  
 685  
 690  
 695  
 700  
 705  
 710  
 715  
 720  
 725  
 730  
 735  
 740  
 745  
 750  
 755  
 760  
 765  
 770  
 775  
 780  
 785  
 790  
 795  
 800  
 805  
 810  
 815  
 820  
 825  
 830  
 835  
 840  
 845  
 850  
 855  
 860  
 865  
 870  
 875  
 880  
 885  
 890  
 895  
 900  
 905  
 910  
 915  
 920  
 925  
 930  
 935  
 940  
 945  
 950  
 955  
 960  
 965  
 970  
 975  
 980  
 985  
 990  
 995

Keksinnön menetelmä ja järjestelmä voidaan integroida tai liittää kraftmassatehtaan ja/tai paperitehtaan prosesseihin. Näin aikaansaadaan se etu, että kraftmassatehdas ja/tai paperitehdas tarjoavat jatkuvasti käyttöön hydrotermisessä käsittelyssä käytettävää biomassaa, lisäaineita ja/tai katalyyt-

teja, jolloin kallista kuljetusta voidaan välttää. Mustalipeää voidaan käyttää sekä biomasana että lisäaineena muiden biomassojen hydrotermisen käsittelyn parantamiseksi.

Reaktiojärjestelmä 2 käsittää kuumennusosan 3, reaktio-osan 4 ja  
5 jäähdytysosan 5.

Biomassa kuumennetaan ensin kuumennusosassa 3. Kun biomassaa on kuumennettu haluttuun lämpötilaan, se syötetään reaktio-osaan 4.

Kun vaaditut reaktiot ovat tapahtuneet reaktio-osassa 4, tuloksena saadut reaktiotuotteet syötetään jäähdytysosaan 5, jossa niitä jäähdytetään ja  
10 valinnaisesti niiden painetta alennetaan.

Kuumennusosa 3 on sovitettu kuumentamaan biomassaa reaktiolämpötilaan tai lähelle sitä. Kuumennusosan 3 pääkomponentti on ensimmäinen lämmönsiirrin 6. Ensimmäinen lämmönsiirrin 6 on niin sanottu vaippa- ja putkilämmönsiirrin, joka tunnetaan myös nimellä putkilämmönsiirrin ja joka  
15 käsittää vaipan 7 ja sarjan putkia, jotka on järjestetty vaipan 7 sisään. Putket on yhdistetty joko suoraan tai epäsuorasti ensimmäisestä päästä paineistusvälineeseen 1 ja toisesta päästä ensimmäiseen ulosvirtauskanavaan 8. Reaktioseos kulkee mainittujen putkien läpi ja tulee ulos ensimmäisestä lämmönsiirtimestä 6 ensimmäisen ulosvirtauskanavan 8 kautta.

20 Ensimmäinen lämmönsiirrin 6 käsittää myös ensimmäisen syöttöaukon 9 ja ensimmäisen poistoaukon 10 lämmönsiirtoväliaineen syöttämiseksi ensimmäiseen lämmönsiirtimeen 6 ja lämmönsiirtoväliaineen poistamiseksi siitä. Lämmönsiirtoväliaine on järjestetty virtaamaan vaipan 7 ja putkien ulkopintojen välisessä tilassa. Lämmönsiirtoväliaine täten ympäröi lämmönsiirtimen  
25 putkia ja virtaa niiden ulkopinnoilla. Kuviossa 1 esitetystä suoritusmuodosta ensimmäinen lämmönsiirrin 6 on järjestetty toimimaan vastavirtaan, mutta rinnakkaisvirtaus- ja poikittaisvirtauskonstruktiot ovat myös mahdollisia.

Keksinnön ajatus on, että lämmönsiirtoväliaine on sulasuola. Sulasuola voi olla esimerkiksi kauppanimellä Hitec® myytävänä oleva sulasuola.  
30 Hitec®-suolan sulamispiste on noin 150 °C, ja sen enimmäiskäyttölämpötila on noin 550 °C. Hitec® on kaliumnitraatin, natriumnitriitin ja natriumnitraatin vesiliukoisten, epäorgaanisten suolojen eutektinen seos. Muita suoloja, eli puhdasta suolaa, suolaseoksia tai suolakoostumuksia, voidaan luonnollisesti käyttää lämmönsiirtoväliaineena. Sulasuolan viskositeetti on edullisesti noin 1–10 cp  
35 lämpötiloissa, joita esiintyy lämmönsiirtoväliaineen kiertojärjestelmässä. Suolan lämpötila pidetään sen sulamispisteen yläpuolella koko prosessin ajan.

Putki yhdistää ensimmäisen syöttöaukon 9 ensimmäiseen suolasäiliöön 13, missä sulasuolaa pidetään suuressa lämpötilassa, edullisesti sulasuolan enimmäiskäyttölämpötilan lähellä. Ensimmäinen suolasäiliö 13 sisältää toisen kuumentimen 16, joka on edullisesti sähkökuumennin. Luonnollisesti  
5 voidaan käyttää myös muun tyyppisiä kuumentimia. Toista kuumenninta tyyppillisesti käytetään prosessin käynnistysvaiheessa. Kun ensimmäisen suolasäiliön 13 lämpötila on saavuttanut vakaan tilan, voidaan toinen kuumennin 16 kytkeä pois päältä. Toista kuumenninta 16 voidaan myös käyttää prosessin säätelyyn, eli sulasuolan lämpötilan ylläpitämiseen tietyllä tasolla.

10 Biomassan uudelleenrakentumiseksi tarvittavat hydrotermiset reaktiot tapahtuvat reaktio-osassa 4. Tärkeitä reaktioita, joissa muodostuu välituotteita, voi kuitenkin tapahtua jo kuumennusosassa 3.

Mainitut hydrotermiset reaktiot, jotka tapahtuvat reaktio-osassa 4, ovat kaasuuntumis- ja/tai nesteytymisreaktiot, jotka tapahtuvat suuressa lämpötilassa ja suuressa paineessa, joko ylikriittisessä vedessä, eli yli 374 celsiusasteen lämpötilassa ja ainakin 221 baarin paineessa, tai lähes kriittisessä  
15 vedessä, eli yli 300 celsiusasteen lämpötilassa ja yli 150 baarin paineessa. Ylikriittisessä vedessä orgaanisista yhdisteistä ja kaasuista tulee täysin veteen liukenevia, jolloin reaktiot voivat tapahtua yhdessä faasissa ja reaktioajat lyhenevät.  
20

Mainittujen hydrotermisten reaktioiden seurauksena biomassassa olevat orgaaniset materiaalit tai yhdisteet hajoavat ja uudelleenrakentuvat kuumen kompressoidun veden vaikutuksesta. Tyypillisesti kaasuuntumisreaktiot vaativat noin 500–700 celsiusasteen lämpötiloja, kun taas nesteytymisreaktiot vaativat noin 350–500 celsiusasteen lämpötiloja.  
25

Reaktio-osa 4 voidaan kuumentaa haluttuun reaktiolämpötilaan usealla tavalla. Kuviossa 1 esitetystä reaktio-osassa 4 esimerkiksi biomassaa on järjestetty kulkemaan putkissa 20, jotka on upotettu suolapetiin tai suolaliuokseen, joka käsittää toista suolaa. Toinen suola toimii lämmönsiirtoväliaineena mainittujen putkien ja ensimmäisen kuumenninlaitteen 11 välillä. Ensimmäinen kuumenninlaite 11 on järjestetty reaktio-osaan 4 toisen suolan lämpötilan sekä biomassan lämpötilan ylläpitämiseksi halutulla tasolla reaktio-osassa 4. Ensimmäinen kuumenninlaite 11 kykenee pitämään vakaan lämpötilan koko reaktio-osassa 4. Ensimmäinen kuumenninlaite 11 on esimerkiksi sähkö- tai  
30 kaasukuumennin.  
35



Toinen suola voi olla esimerkiksi natriumkloridi, johon on sekoitettu pieni määrä kalsiumkloridia. Toinen suola voi olla sulassa tilassa tai kiinteässä tilassa.

Kun vaadittava reaktioaika on kulunut, reaktiotuotteet johdetaan  
5 jäähdytysosaan 5, missä niitä jäähdytetään. Jäähdytysosasta 5 reaktiotuotteet  
voidaan johtaa erotinyksikköön (ei esitetty kuviossa), missä tapahtuu reakti-  
tiotuotteiden paineen alennus ja erotus. Paineen alennus voi tapahtua myös  
jäähdytysosassa 5.

Jäähdytysosa 5 käsittää toisen lämmönsiirtimen 12, jonka rakenne  
10 vastaa ensimmäisen lämmönsiirtimen 6 rakennetta. Näin ollen toinen lämmön-  
siirrin 12 käsittää ulomman vaipan 7, putkia, jotka on järjestetty olemaan yh-  
teydessä toiseen ulosvirtauskanavaan 19, toisen syöttöaukon 17 lämmönsiir-  
toväliaineen vastaanottamiseksi ja toisen poistoaukon 18 toisen lämmönsiirti-  
men 12 läpi kulkeneen lämmönsiirtoväliaineen poistamiseksi.

15 Lämmönsiirtimet 6, 12 on yhdistetty lämmönsiirtoväliaineen kierto-  
järjestelmään niin, että lämmönsiirtoväliaine kiertää jatkuvasti ensimmäisen ja  
toisen lämmönsiirtimen 6, 12 läpi. Ensimmäinen suolasäiliö 13 sekä toinen  
suolasäiliö 14 on järjestetty lämmönsiirtoväliaineen kiertojärjestelmässä olevi-  
en lämmönsiirtimien 6, 12 väliin.

20 Lämmönsiirtoväliaineen kiertojärjestelmän pääkomponentit ovat  
vaipan 7 ja putkien ulkopintojen väliset tilat ensimmäisessä ja toisessa läm-  
mönsiirtimessä 6, 12, ensimmäinen ja toinen suolasäiliö 13, 14 ja pumppu 15.  
Nämä komponentit on yhdistetty toisiinsa letkuilla tai putkilla. Lämmönsiirtovä-  
liaineen kiertojärjestelmä on termisesti eristetty ympäristöstä.

25 Kiertosyklissä sulasuolaa syötetään ensimmäiseen lämmönsiirti-  
meen 6 ensimmäisestä suolasäiliöstä 13 ja poistetaan ensimmäisestä läm-  
mönsiirtimestä 6 toiseen suolasäiliöön 14. Toisesta suolasäiliöstä 14 sulasu-  
olaa syötetään toiseen lämmönsiirtimeen 12 ja poistetaan siitä ensimmäiseen  
suolasäiliöön 13.

30 Ensimmäisessä suolasäiliössä 13 olevalla sulasuolalla on suuri  
lämpötila, esimerkiksi 400–600 °C. Hitec®:n tapauksessa lämpötila on edulli-  
sesti noin 550 °C. Ensimmäinen suolasäiliö 13 on järjestetty kommunikoimaan  
ensimmäisessä lämmönsiirtimessä 6 olevan ensimmäisen syöttöaukon 9  
kanssa siten, että sulasuolaa, jolla on mainittu suuri lämpötila, syötetään vai-  
35 pan 7 ja sen putkien ulkopintojen väliseen tilaan. Vaipan 7 rakenne voi olla ke-  
vyt ja hinnaltaan edullinen, koska sulasuolan paine on pieni.

Suurilämpötilainen sulasuola luovuttaa lämpöä ensimmäisen lämmönsiirtimen 6 putkien läpi kulkevaan biomassaan, jolloin biomassan lämpötila nousee. Tämän seurauksena sulasuola jäähtyy. Lämmön siirtyminen sulasuolan ja reaktioseoksen välillä tapahtuu nopeasti ja homogeenisesti ensimmäisessä lämmönsiirtimessä 6. Täten reaktioseos kuumenee nopeasti, ja ionireaktiot, jotka tuottavat tervaa, hiiltä ja muita kiinteitä aineita tai suuriviskoosisia virtaavia aineita, voidaan välttää tai niitä voidaan rajoittaa. Vastaavasti suuret lämpötilat, joita tarvitaan hydrotermisen kaasuuntumisen ja/tai nesteytymisen radikaalireaktioita varten, saavutetaan nopeasti.

10 Sulasuola, joka on jäähtynyt ensimmäisessä siirtimessä 6, poistetaan siitä ensimmäisen poistoaukon 10 kautta ja syötetään toiseen suolasäiliöön 14. Toisen suolasäiliön 14 vastaanottaman sulasuolan lämpötila on edullisesti lähellä sulasuolan sulamislämpötilaa.

Toisessa suolasäiliössä 14 sulasuolan lämpötila on oleellisesti pienempi kuin ensimmäisessä suolasäiliössä 13, jolloin lämpötila on edullisesti oleellisesti saman suuruinen kuin ensimmäisestä lämmönsiirtimestä 6 vastaanotetun sulasuolan lämpötila. Mainittu lämpötila on kuitenkin suurempi kuin sulan sulamislämpötila. Hitec®:n tapauksessa lämpötila on edullisesti noin 160 °C. Toinen suolasäiliö 14 sisältää myös toisen kuumentimen 16, jota käytetään samalla tavalla kuin ensimmäisen suolasäiliön 13 toista kuumenninta.

Sulasuolaa syötetään toisesta suolasäiliöstä 14 toiseen lämmönsiirtimeen 12. Kuviossa 1 esitettyssä keksinnön suoritusmuodossa pumppu 15 on järjestetty toisen suolasäiliön 14 ja toisen lämmönsiirtimen 12 väliin ja järjestetty kierrättämään sulasuolaa lämmönsiirtoväliaineen kiertojärjestelmän läpi. Pumppu 15 voidaan myös järjestää muualle järjestelmään, esimerkiksi ensimmäisen lämmönsiirtimen 6 ja toisen suolasäiliön 14 väliin. Pumpun 15 tehoa voidaan säätää niin, että saavutetaan sulasuolan optimaalinen virtausnopeus.

Reaktio-osassa 4 muodostuneet ja edelleen suurilämpötilaiset, lämpötilaltaan esimerkiksi noin 650 celsiusasteessa olevat, reaktiotuotteet syötetään toiseen lämmönsiirtimeen 12 jäähdytystä varten. Sulasuolan lämpötila pidetään reaktiotuotteiden lämpötilaa pienempänä. Sulasuolan lämpötila toisessa lämmönsiirtimessä on esimerkiksi 160 °C. Tämän vuoksi lämpöenergiaa siirtyy reaktiotuotteista sulasuolaan, jolloin sulasuola kuumenee ja reaktiotuotteet jäähtyvät. Edullisesti sulasuola absorboi lämpöä reaktiotuotteista siinä määrin, että se saavuttaa ensimmäisessä suolasäiliössä 13 vallitsevan suuren lämpötilan. Suurilämpötilainen sulasuola syötetään toisesta lämmönsiirtimestä

12 poistoaukon 18 kautta ensimmäiseen suolasäiliöön 13, ja jälleen ensimmäiseen lämmönsiirtimeen 6. Jäähtyneet reaktiotuotteet poistetaan toisesta lämmönsiirtimestä 12 toisen ulosvirtauskanavan 19 kautta. Tämän jälkeen jäähtyneille reaktiotuotteille voidaan suorittaa paineen alennus ja erotus kaasufaasiin ja nestefaasiin.

On huomautettava ja korostettava, että kuviossa 1 esitetty laitteisto on ainoastaan eräs vaihtoehto keksinnön laitteiston toteuttamiseksi. Laitteisto voidaan järjestää eri tavalla. Esimerkiksi toinen tai molemmat lämmönsiirtimistä 6 ja 12 voivat olla kaksoisputki- tai putki putkessa -lämmönsiirtimiä, joissa käytetään kahta tai useampaa, yleensä samankeskistä, putkea lämmönsiirtoa varten ja kanavia lämmönsiirtoväliainetta varten.

Alan ammattilaiselle on selvää, että tekniikan kehittyessä keksinnöllinen ajatus voidaan toteuttaa useilla tavoilla. Keksintö ja sen suoritusmuodot eivät rajaudu edellä selostettuihin suoritusmuotoihin, vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.

## Patenttivaatimukset

1. Menetelmä lämmönsiirtoa varten biomassan ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa, joka menetelmä käsittää vaiheet, joissa:

5 kuumennetaan biomassaa ensimmäisessä lämmönsiirtimessä (6) lämmönsiirtoväliaineen lämpöenergialla,

saatetaan biomassaa reagoimaan mainitussa ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa ja aikaansaadaan reaktiotuotteita,

10 jäädytetään biomassan reaktiotuotteita toisessa lämmönsiirtimessä (12) absorboimalla reaktiotuotteiden lämpöenergiaa mainittuun lämmönsiirtoväliaineeseen, ja

kierrätetään mainittua lämmönsiirtoväliainetta ensimmäisen lämmönsiirtimen (6) ja toisen lämmönsiirtimen (12) välillä, t u n n e t t u siitä, että  
15 lämmönsiirtoväliaineena käytetään sulasuolaa.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että lämmönsiirtoväliaineena käytetään kaliumnitraatin, natriumnitriitin ja natriumnitraatin vesiliukoisten, epäorgaanisten suolojen seosta.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kierrätetään mainittua sulasuolaa ensimmäisen suolasäiliön (13) ja toisen suolasäiliön (14) läpi.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että pidetään ensimmäisen suolasäiliön (13) lämpötila lähellä sulasuolan enimmäiskäyttölämpötilaa.

25 5. Patenttivaatimuksen 3 tai 4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että pidetään toisen suolasäiliön (13) lämpötila lähellä sulasuolan sulamislämpötilaa.

6. Jonkin patenttivaatimuksen 1–5 mukainen menetelmä, t u n n e t t u sulasuolan viskositeetista, joka on noin 1–10 cp.

30 7. Jonkin patenttivaatimuksen 1–6 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että saatetaan reagoimaan biomassaa, johon on sekoitettu lisäaineita ja/tai katalyytteja.

8. Jonkin patenttivaatimuksen 1–7 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että saatetaan reagoimaan kraftmassatehtaan ja/tai paperitehtaan tuotteita, sivutuotteita tai jätevirtoja.  
35

9. Jonkin patenttivaatimuksen 1–8 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kuumennetaan reaktioseos ainakin 374 celsiusasteen lämpötilaan.

10. Järjestelmä lämmönsiirtoa varten biomassan ylikriittisessä tai  
5 lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa, joka järjestelmä käsittää

ensimmäisen lämmönsiirtimen (6) mainitun biomassan kuumentamiseksi,

10 toisen lämmönsiirtimen (12) mainitun ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvan kaasuuntumisprosessin reaktiotuotteiden jäähdyttämiseksi, ja

kiertojärjestelmän lämmönsiirtoväliaineen kierrättämiseksi ensimmäisen lämmönsiirtimen (6) ja toisen lämmönsiirtimen (12) välillä, t u n n e t t u siitä, että lämmönsiirtoväliaine on sulasuola.

15 11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että sulasuola käsittää kaliumnitraatin, natriumnitriitin ja natriumnitraatin vesiliukoisten, epäorgaanisten suolojen seoksen.

12. Patenttivaatimuksen 10 tai 11 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että se lisäksi käsittää ensimmäisen suolasäiliön (13) ja toisen suolasäiliön (14) ja välineet mainitun sulasuolan kierrättämiseksi mainittujen säiliöiden (13, 14) läpi.

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että ensimmäisen suolasäiliön (13) lämpötila on järjestetty olemaan lähellä sulasuolan enimmäiskäyttölämpötilaa.

25 14. Patenttivaatimuksen 12 tai 13 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että toisen suolasäiliön (13) lämpötila on järjestetty olemaan lähellä sulasuolan sulamislämpötilaa.

15. Jonkin patenttivaatimuksen 10–14 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että sulasuolan viskositeetti on järjestetty olemaan noin 1–10 cp.

30 16. Jonkin patenttivaatimuksen 10–15 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että biomassa käsittää biomassaa, johon on sekoitettu lisäaineita ja/tai katalyytteja.

35 17. Jonkin patenttivaatimuksen 10–16 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että biomassa käsittää kraftmassatehtaan ja/tai paperitehtaan tuotteita, sivutuotteita tai jätevirtoja.

18. Sulasuolan käyttö lämmönsiirtoväliaineena biomassan ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa.

19. Sulasuolan käyttö lämmönsiirtoväliaineena biomassan ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa, joka käsittää vaiheet, joissa:

kuumennetaan biomassaa ensimmäisessä lämmönsiirtimessä (6) lämmönsiirtoväliaineen lämpöenergialla,

saatetaan biomassaa reagoimaan mainitussa ylikriittisessä tai lähes kriittisessä vedessä tapahtuvassa kaasuuntumisprosessissa ja aikaansaadaan reaktiotuotteita,

jäähdytetään biomassan reaktiotuotteita toisessa lämmönsiirtimessä (12) absorboimalla reaktiotuotteiden lämpöenergiaa mainittuun lämmönsiirtoväliaineeseen, ja

kierrätetään mainittua lämmönsiirtoväliainetta ensimmäisen lämmönsiirtimen (6) ja toisen lämmönsiirtimen (12) välillä.

### Patentkrav

1. Förfarande för värmeöverföring i en biomassas förgasningsprocess i överkritiskt eller nästan kritiskt vatten, vilket förfarande omfattar steg, i vilka
- 5 biomassan uppvärms i en första värmeväxlare (6) med ett värmeöverföringsmediums värmeenergi,
- biomassan bringas att reagera i nämnda förgasningsprocess i överkritiskt eller nästan kritiskt vatten och reaktionsprodukter åstadkoms,
- biomassans reaktionsprodukter kyls i en andra värmeväxlare (12)
- 10 genom absorbering av reaktionsprodukternas värmeenergi i nämnda värmeöverföringsmedium, och
- nämnda värmeöverföringsmedium cirkuleras mellan den första värmeväxlaren (6) och den andra värmeväxlaren (12), k ä n n e t e c k n a t av att som värmeöverföringsmedium används smält salt.
- 15 2. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att som värmeöverföringsmedium används en blandning av kaliumnitrats, natriumnitrits och natriumnitrats vattenlösliga, oorganiska salter.
3. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t av att nämnda smälta salt cirkuleras genom en första saltbehållare (13) och en andra
- 20 saltbehållare (14).
4. Förfarande enligt patentkrav 3, k ä n n e t e c k n a t av att temperaturen i den första saltbehållaren (13) hålls nära det smälta saltets maximala driftstemperatur.
5. Förfarande enligt patentkrav 3 eller 4, k ä n n e t e c k n a t av att
- 25 temperaturen i den andra saltbehållaren (13) hålls nära det smälta saltets smälttemperatur.
6. Förfarande enligt något av patentkraven 1-5, k ä n n e t e c k n a t av det smälta saltets viskositet, som är cirka 1-10 cp.
7. Förfarande enligt något av patentkraven 1-6, k ä n n e t e c k n a t
- 30 av att en biomassa, i vilken blandats tillsatssämnen och/eller katalyter, bringas att reagera.
8. Förfarande enligt något av patentkraven 1-7, k ä n n e t e c k n a t av att produkter, biprodukter eller avfallsströmmar från en kraftmassafabrik och/eller en pappersfabrik bringas att reagera.
- 35 9. Förfarande enligt något av patentkraven 1-8, k ä n n e t e c k n a t av att reaktionsblandningen uppvärms till en temperatur på åtminstone 374

grader Celsius.

10. System för värmeöverföring i en biomassas förgasningsprocess i överkritiskt eller nästan kritiskt vatten, vilket system omfattar

5 en första värmeväxlare (6) för uppvärmning av nämnda biomassa,  
 en andra värmeväxlare (12) för kylning av reaktionsprodukterna från  
 nämnda förgasningsprocessen i överkritiskt eller nästan kritiskt vatten, och  
 ett cirkulationssystem för att cirkulera ett värmeöverföringsmedium  
 mellan den första värmeväxlaren (6) och den andra värmeväxlaren (12),  
 k ä n n e t e c k n a t av att värmeöverföringsmediet är smält salt.

10 11. System enligt patentkrav 10, k ä n n e t e c k n a t av att det  
 smälta saltet omfattar en blandning av kaliumnitrats, natriumnitrits och natri-  
 umnitrats vattenlösliga, oorganiska salter.

12. System enligt patentkrav 10 eller 11, k ä n n e t e c k n a t av att  
 det dessutom omfattar en första saltbehållare (13) och en andra saltbehållare  
 15 (14) och medel för att cirkulera nämnda smälta salt genom nämnda behållare  
 (13, 14).

13. System enligt patentkrav 12, k ä n n e t e c k n a t av att tempe-  
 raturen i den första saltbehållaren (13) är anordnad att vara nära det smälta  
 saltets maximala driftstemperatur.

20 14. System enligt patentkrav 12 eller 13, k ä n n e t e c k n a t av att  
 temperaturen i den andra saltbehållaren (13) är anordnad att vara nära det  
 smälta saltets smälttemperatur.

15. System enligt något av patentkraven 10-14, k ä n n e t e c k n a t  
 av att det smälta saltets viskositet är anordnat att vara cirka 1-10 cp.

25 16. System enligt något av patentkraven 10-15, k ä n n e t e c k n a t  
 av att biomassan omfattar biomassa, i vilken blandats tillsatsämnen och/eller  
 katalyter.

17. Förfarande enligt något av patentkraven 10-16, k ä n n e -  
 t e c k n a t av att biomassan omfattar produkter, biprodukter eller avfalls-  
 30 strömmar från en kraftmassafabrik och/eller en pappersfabrik.

18. Användning av smält salt som värmeöverföringsmedium i en bi-  
 omassas förgasningsprocess i överkritiskt eller nästan kritiskt vatten.

19. Användning av smält salt som värmeöverföringsmedium i en bi-  
 omassas förgasningsprocess i överkritiskt eller nästan kritiskt vatten, vilken  
 35 omfattar steg, i vilka:

biomassan uppvärms i en första värmeväxlare (6) med värmeöver-



föringsmediets värmeenergi,

biomassan fås att reagera i nämnda förgasningsprocess i överkritiskt eller nästan kritiskt vatten och reaktionsprodukter åstadkoms,

biomassans reaktionsprodukter kyls i en andra värmeväxlare (12)

5 genom absorbering av reaktionsprodukternas värmeenergi i nämnda värmeöverföringsmedium, och

nämnda värmeöverföringsmedium cirkuleras mellan den första värmeväxlaren (6) och den andra värmeväxlaren (12).

