



(12) PATENT

(19) NO

(11) 339424

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

G01F 15/08 (2006.01)

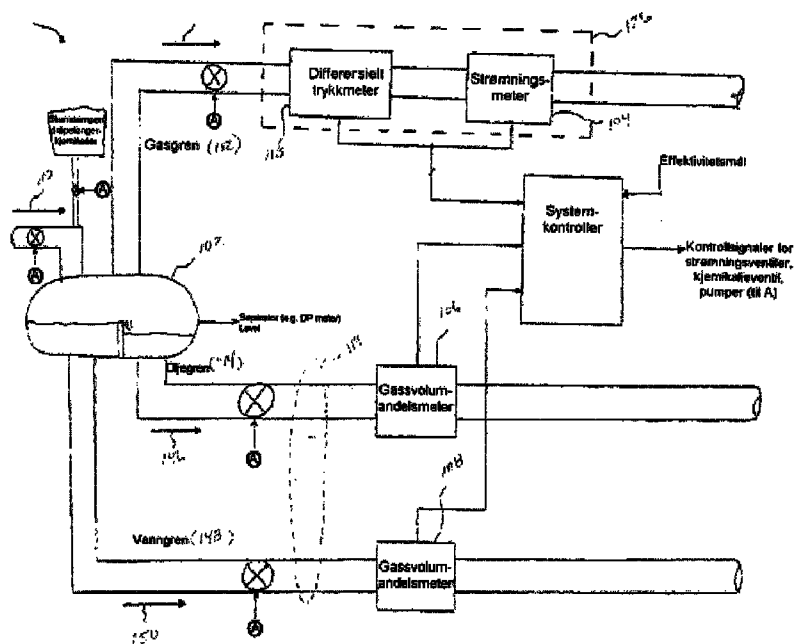
G01F 1/74 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20080586	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2006.07.07 PCT/US2006/026423
(22)	Inng.dag	2008.01.31	(85)	Videreføringsdag	2008.01.31
(24)	Løpedag	2006.07.07	(30)	Prioritet	2005.07.07, US, 60/697,479 2005.10.06, US, 60/724,952 2006.01.11, US, 60/758,382 2006.01.12, US, 60/759,159 2006.01.19, US, 60/760,845 2006.01.24, US, 60/762,101 2006.02.13, US, 60/773,146 2006.02.17, US, 60/774,706 2006.06.30, US, 60/818,199
(41)	Alm.tilgj	2008.04.01			
(45)	Meddelt	2016.12.12			
(73)	Innehaver	Expro Meters, Inc., 50 Barnes Park Road North, US-CT06492 WALLINGSFORD, USA			
(72)	Oppfinner	Daniel L Gysling, 763 Chestnut Hill Road, US-CT06033 GLASTONBURY, USA			
(74)	Fullmektig	Zacco Norway AS, Postboks 2003 Vika, 0125 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Et system og fremgangsmåte for å optimalisere en gass-/væske-separasjonsprosess		
(56)	Anførte publikasjoner	GB 1208121 A, WO 2005/040732 A, US 2004/0255695 A1, US 6134951 A, US 4576043 A GB 2337011 A		
(57)	Sammendrag			

Et system og en fremgangsmåte for å optimalisere gass-/væske-separasjonsprosessen for en fluid som strømmer i et rør, er gitt, hvor fremgangsmåten inkluderer å ta imot en fluidstrøm som har en væskekomponent og en gasskomponent. Fremgangsmåten inkluderer videre å separere væskekomponenten fra gasskomponenten, hvor væskekomponenten blir separert fra gasskomponenten via en separatorinnretning. Fremgangsmåten inkluderer også å generere gasskomponentdata og væskekomponentdata, hvor gasskomponentdataene er svarende til væskespill over i gasskomponenten og hvor væskekomponentdataene er svarende til gasspill inn i væskekomponenten. Videre inkluderer fremgangsmåten prosessering av gasskomponentdataene og væskekomponentdataene for å generere apparatets optimaliseringsdata.



Olje- og gassproduksjon involverer separasjonen av de produserte hydrokarbonene til gass, olje og vannstrømmer. Denne prosessen involverer et utall av kaskadekoblede separatorer som vist i artikkelen med tittelen "The Auger Platform: Debottlenecking and Expansion of Fluid Handling Facilities", skrevet av T.R. Judd og C.B. Wallace (SPE 36584), som her er referert til. Ofte vil den samlede produksjonsraten til en plattform være begrenset av muligheten til å prosessere, dvs. separere den produserte fluid.

Det er tidligere kjent å etablere anordning for å måle blanding av gass og væske i en fluidstrøm, slik som i patentsøknad GB 1208121. I den internasjonale søknaden WO 2005/040732 A fremgår det både fremgangsmåte og anordning for å måle gass- og væskestømningshastigheter for en to-fase gass-væskestrømming i rør, der en del av røret omfatter et ikke-konstant tverrsnitt, og en måleanordning for å bestemme trykkforskjell mellom to målingspunkter i lengderetning av røret.

Detaljene for å optimalisere separasjonsprosessen er komplekse og svært empiriske. Selv om oppholdstiden til en gass/væskeblanding innenfor en setningstank (dvs. en separator) har en stor påvirkning på kvaliteten av separasjonsprosessen vil denne kvaliteten ofte typisk være påvirket av andre faktorer, slik som sammensetningen av blandingen, fluidegenskapene og de interne komponentene i separasjonsutstyret. Ofte vil utallige kjemiske tilleggsstoffer bli bruk i forskjellige trinn i prosessen for å hjelpe i separasjonsprosessen, slik som dråpefangere, antiskummiddel og emulsjonsbrytere. Videre vil den fullstendige separasjonsprosessen involvere flere trinn med separatorer, kompressorer, varmeutvekslere og mulig annet utstyr, der ytelsen i hvert trinn har en påvirkning på ytelsen til det neste trinnet. Samlet er det en svært komplisert empirisk, men kritisk prosess i olje- og gassproduksjon. Uheldigvis er det imidlertid slik at muligheten for å optimalisere denne prosessen, for eksempel maksimal oljeproduksjon, er hindret av den manglende muligheten til effektivt å monitorere effektiviteten, eller kvaliteten til separasjonsprosessen på en sanntidsbasis.

En fluidstrømningsprosess (strømningsprosess) inkluderer enhver prosess som involverer strømmingen av fluid gjennom rør, kanaler eller andre ledere, så vel som gjennom fluidkontrollinnretninger, slik som pumper, ventiler, strupeplater, varmeutvekslere og lignende. Strømningsprosesser er funnet i mange forskjellige industrier, slik som olje- og gassindustri, foredling, matvare- og drikkeindustri, kjemisk og petrokjemisk industri, papir- og masseindustri, kraftgenerering, farmasøytisk industri, og vann- og avfalls- vannbehandlingsindustri. Fluidet innenfor strømningsprosessen kan være et enkeltfase-fluid (dvs. gass, væske eller væske/væskeblanding) og/eller en multifaseblanding (dvs.

papir og masseslam eller andre faste stoffer/væskeblandinger). Multifaseblandingen kan være en tofase væske/gassblanding, en faststoff/gassblanding eller en faststoff/væskeblanding, der gass er innblandet i væsken eller er en trefaseblanding.

- 5 I visse strømningsprosesser, slik som de som er funnet i olje- og gassindustrien, er det ønskelig å separere væske (dvs. olje og/eller vann) og gass (dvs. luft) –komponenter i en fluid. Dette blir typisk oppnådd ved å bruke en separator som er en gjenstand for produksjonsutstyr brukt for å separere væskekomponenter fra fluidstrømmen fra gassholdige komponenter. Væsken og gasskomponentene strømmer fra separatoren i separate grener (rør), der grenen som inneholder gasskomponenten er referert til som "gassgrenen", og grenen som inneholder væskekomponenten er referert til som "vækegrenen". Hver av grenene inkluderer typisk et strømningsmeter for å bestemme den volumetriske strømningsraten til gassen og flytkomponentene, respektivt, hvor den volumetriske strømningsraten for gassgrenen vanligvis er målt ved å bruke en strupeplate. I tillegg vil vækegrenen kunne inkludere et vannandelsmeter for å bestemme prosenten (eller faseandelen) av vann i vækestrømmen for derved å bestemme prosenten av olje i strømmen. Faktisk vil noen separatorkonfigurasjoner være slik at væskekomponenter blir separert til en "vanngren" og en "oljegren".
- 20 Som det er velkjent i olje- og gassproduksjonen vil spillvæske over i gassgrenen i en gass/væskeseparator være vanlig, hvor væsken typisk har formen av en tåke innbefattende små væskedråper. Dette er uønsket siden spillvæsken kan resultere i et uttall av uønskede hendelser som i stor del er avhengig av graden av spill som finner sted. Slik sett vil det for å kunne minimalisere størrelsen av spillvæske være slik at de fleste separatorer har tåkefangere konstruert til å gjenvinne væsken som blir ført over. Videre vil gassovertføring inn i vækegrenen (eller oljegrenen og vanngrenen) i gass/væskeseparatoren også vanligvis finne sted i olje- og gassproduksjonen, hvor gassen typisk er i små bobler dannet av fanget gass i væsken.
- 30 For nåværende vil hoveddelen av verdens oljeproduksjon bli fordelt ved å bruke separatorbaserte målinger, hvor testseparatorer blir brukt til å bestemme individuell brønnproduksjon og høytrykksproduksjonsseparatorer er ofte brukt til å fordele produksjonen fra individuelle felt før blandingen av produserte fluider for den videre prosesseringen. Nøyaktigheten av disse målingene er basert på antagelsen om fullstendig separasjon av gass- og vækefasen. Dermed vil separasjonen av olje-, vann- og gassfasene være kritiske trinn i prosesseringen av hydrokarbonproduksjonsstrømmer. Separatorkonstruksjoner strekker seg fra store, horisontale beholdere for trefase olje/vann/gasseparasjon til
- 35

kompatte tofase væske/gasseparatorer. I alle tilfeller vil nøyaktig brønntest og oppbeva-
ringsoverføringsmålinger være avhengige av den fullstendige separasjonen av væske-
og gassfasen. Imidlertid vil 100% separasjon ofte være vanskelig eller upraktisk å
oppnå. Slik sett vil et lite, men ukjent nivå av gass i væskelinjer være vanlig og kan re-
5 sultere i signifikante målefeil i både strømningsrate og vannandel. Videre, siden oljen
eksisterer i separatoren på eller nær damptrykk, vil tilleggsutgassing kunne finne sted
ved lave trykkpunkter i nedstrømsprosessen.

Imidlertid, målingen av oljeproduksjon inkluderer mange variabler som strekker seg fra
10 å variere råoljeegenskaper, vannandel og gass/oljeforhold for å variere produksjonsrate,
trykk og temperaturer. Gitt denne variasjonen assosiert med oljeproduksjon vil fullsten-
dig separasjon av gassen og væskefasen før måling ofte bli vanskelig, om ikke uprak-
tisk, å oppnå. Mens den variable mengden med gass tilstede under målingen av væske-
fasen og den variable mengden av væske tilstede under målingen av gassfasen ofte er
15 liten, vil tilstedeværelsen av disse sekundære fasene forårsake at hoveddelen av gass- og
væskestrømningsmetere som er brukt i separatorapplikasjoner overrapportere mengden
av produkter som strømmer gjennom linjene. Faktisk vil feilen på grunn av ufullstendig
separasjon ofte være den største kilden til feil i brønn- og feltallokeringsmålinger, som
resulterer i en forstyrrelse av reservoiringeniørens syn på brønn-til-brønn-produksjon og
20 innfører systematiske feil i den finansielle tildelingen av produksjonen. Det er å forstå at
ved direkte å måle og å kompensere for sekundærfaser i separatorutstrømmer, vil må-
lingsfeil på grunn av ufullstendig separasjon kunne bli unngått.

Volumet av væske som strømmer gjennom væskeuttaket er typisk målt ved å bruke tur-
25 binmetere, positiv forskyvning eller Coriolis-metere, hvor nøyaktigheten til væske-
strømratemetere er avhengig i stor del av betingelsene i væskestrømmen. Uheldigvis vil
innfanget gass tilstede i væsken typisk forårsake at primærstrømningsmåleinnretningen
overrapporterer den volumetriske strømningsraten og, der dette er anvendbart, underrap-
porterer væsketettheten. Dermed vil tilstedeværelsen av innfanget gass innenfor et
30 strømningsmeter på et væskeuttak kunne bli fulgt tilbake til én av to primære kilder, en-
ten gass som er overført og/eller gassutbrudd. Den første primærkilden, gass som over-
føres, er generelt et resultat av tilstedeværelsen av små gassbobler som er innfanget i
væsken når den forlater separatoren. På grunn av fysikken til gravitasjon (eller sentrifu-
gal) separasjon, vil typisk bare de minste boblene bli overført med den volumetriske an-
35 delen av gassen som overføres som øker med økende strømningsrater gjennom separa-
toren. Som nevnt ovenfor vil den sekundære, primære kilden for innfanget gass i måle-
stedet være på grunn av gassutbrudd. Ideelt vil væske slippe ut av en separator på met-

tede betingelser, dvs. gi tilstrekkelig oppholdstid i separatoren, slik at all gassen som vil komme ut av løsningen på separatorens trykk og temperatur har gjort dette når fluidet forlater separatoren. Denne væsken kan imidlertid fremdeles inneholde signifikante mengder av oppløst gass som typisk vil fortsette å strømme ut fra væsken ved videre minkning i trykk under separatortrykket. I tillegg vil trykktapet på grunn av strømning gjennom røret før måling og trykktap på grunn av strømmålingsinnretningen i seg selv kunne lede til tilleggsutgassing før målingen.

Gassutløp for gassgren

10

Videre vil væskespillet over i gassutløpet fra separatoren typisk være i formen av små væskedråper innblandet i en tåke og som kan variere svært i mengde, der estimerer på 2% til 3% av væskeinntaksraten ikke er uvanlig. Virkningen av væskespillet er dobbel. Først kan væskedråpene forårsake at differensielle trykkbaserte (DP) gasstrømningsm-

15 tere, dvs. strupeplater, v-koner, venturiventiler, overrapportere gasstrømraten i proporsjon med våtheten. For det andre vil det avhengig av gass-olje-forholdene og andre parametere være slik at væskeratene som går gjennom gassgrenen kan ha meningsfulle prosentandeler av den totale væskeraten.

20 Dermed vil alle separasjonsscenarier der muligheten til nøyaktig å bestemme olje- og vannstrømraten være avhengige av både strømningsraten og vannandelsmålingene, hvor væskestrømraten typisk er gjort med en turbin, positiv forskyvning eller Coriolismeter og vannandelen er vanligvis målt ved å bruk mikrobølge eller Coriolis-tetthet. Utfordringen er å beholde nøyaktigheten til disse målingene når gassboblene forlater

25 væsken. Strømningsratemålingene vil, på et minimum, overrapportere væskestrømmen med en størrelse som er lik med volumprosentdelen av gassen som er tilstede. For eksempel, 1% av volumgassen resulterer i 1% feil i strømningsratemålingen. Selv etter at alle prosesseringstrinnene er ferdige før et avgiftsoverføringsmålepunkt, vil flere talls eller mer av en prosent kunne være igjen som resulterer i en signifikant finansiell

30 påvirkning. Videre vil vannandel målingsfeil på grunn av gassoverføring ofte være den enkelte største kilden til målingsfeil. For eksempel, en tetthet eller mikrobølgemåling vil rapportere en høyere enn faktisk oljeandel når innblandet gass eksiterer i strømmen som resulterer i en overrapportering av oljeraten og en unøyaktig brønntest. Drevet av formålet med å redusere størrelsen og kostnadene ved separasjoner, kan mange operatører

35 bruke mindre tofase væske/gasseparasjonsinnretninger for å bestemme olje- og vannstrømraten. Uheldigvis er det slik at de eksisterende fremgangsmåtesystemene er ute av stand til å oppnå de ønskede resultater.

Derfor er det et behov for et system og en fremgangsmåte for å kvantisere målefeilene assosiert med hver gren i en separator og å gi en nøyaktig måling av olje-, vann- og gassuttaket fra et brønnhode eller multifase-inngangsstrøm. Som beskrevet i større detalj heretter vil foreliggende oppfinnelse gi en nøyaktig og sanntidsmåling av strømningsprosessparametrene, slik som væskespill og gassoverføring. Slik sett vil foreliggende oppfinnelse tillate kontrollen og/eller optimaliseringen av separasjonsprosessen via kontroll av effektueringen av omformer/dråpefanger og/eller ved å vedlikeholde separatoren på et foretrukket nivå.

10

Et apparat for å optimalisere gass/væskeseparasjonsprosessen i en fluid som strømmer i et rør er gitt, hvor apparatet inkluderer en separatorinnretning som kommuniserer med røret som mottar fluidet. Separatorinnretningen separerer fluidet i en gasskomponent og en væskekomponent, hvor gasskomponenten strømmer innenfor en gassgrendel og hvor væskekomponenten strømmer innenfor en vækegrendel. Et gassgrenmåleapparat er også gitt, hvor gassgrenmåleapparatet kommuniserer med gasskomponenten for å generere gasskomponentdata som svar på væskespill inn i gasskomponenten. Et vækegrenmåleapparat er også gitt hvor vækegrenmåleapparatet kommuniserer med væskekomponenten for å generere væskekomponentdata som svar på gass overført til væskekomponenten. Videre er en prosesseringsinnretning gitt, hvor prosesseringsinnretningen kommuniserer med gassgrenmåleapparatet og vækegrenmåleapparatet, slik at prosesseringsinnretningen mottar og prosesserer gasskomponentdataene og væskekomponentdataene for å generere apparatets optimaliseringsdata.

20

En fremgangsmåte for å optimalisere gass/væskeseparasjonsprosessen for et fluid som strømmer innenfor et rør er gitt, hvor fremgangsmåten inkluderer å ta i mot en fluidstrøm som har en væskekomponent og en gasskomponent. Fremgangsmåten innbefatter videre å separere væskekomponenten fra gasskomponent, hvor væskekomponenten er separert fra gasskomponenten via en separatorinnretning. Fremgangsmåten inkluderer også å generere gasskomponentdata og væskekomponentdata, hvor gasskomponentdataene er reaksjon på væskespill over i gasskomponenten og hvor væskekomponentdataene er svar på gass overført i væskekomponenten. Videre inkluderer fremgangsmåten prosessering av gasskomponentdataene og væskekomponentdataene for å generere apparatets optimaliseringsdata.

30

35

Et apparat for å optimalisere separasjonsprosessen i en fluid som strømmen innenfor et rør er gitt, hvor apparatet inkluderer en separatorinnretning som kommuniserer med rø-

ret som tar i mot fluidet, hvor separatorinnretningen separerer fluidet til en første komponent og en andre komponent. Apparatet inkluderer videre i det minste én måleinnretning, der den i det minste ene måleinnretningen er assosiert med separatorens for å generere meterdata som svar på i det minste én av den første komponenten og den andre komponenten, videre inkluderer apparatet en prosesseringsinnretning, hvor prosesseringsinnretningen kommuniserer med den i det minste ene måleinnretningen for å generere prosessordata som svar på fluidet.

Med referanse til tegningene vil det foregående og andre egenskaper og fordeler med foreliggende oppfinnelse være mer forstått fra følgende detaljerte beskrivelse av illustrerte utførelser, tatt i samband med de vedlagte tegningene hvor like elementer er nummerert likt.

Figur 1a er et skjematisk diagram over et system for å måle væskespill og gassoverføring i en fluidseparator som har en gassgren, oljegren og vanngren, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

Figur 1b er et skjematisk diagram over et system for å måle strømningsparametrene til en multifasefluid kompensert for væskespill og gassoverføring i en fluidseparator som har en gassgren og væskegren, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

Figur 1c er et plott som indikerer kostnadene kontra ytelsen til en skumdemper som brukes i henhold til foreliggende oppfinnelse.

Figur 2 er et skjematisk diagram over et system for å måle strømningsparametrene til en multifasefluid kompensert for væskespill og gassoverføring i en fluidseparator som har en gassgren, oljegren og en vanngren, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

Figur 3 er et blokkdiagram over en separatorutstrømningsprosessor i figur 2, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

Figur 4 er et skjematisk diagram over et apparat for å måle våthet og volumetrisk strømningsrate til en gasstrøm innenfor et rør i figur 1a, figur 1b og figur 2, som er utførelser av foreliggende oppfinnelse.

Figur 5 er et plott over overrapportering (overutlesning) av en Emersom Modell 1595 strupeplatebasert strømningsmeter som en funksjon av Lockhardt-Martinellitallet, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

- 5 Figur 6 er et plott som viser avviket mellom et sonarvolumetrisk strømningsmeter og en referansevolumetrisk strømningsrate som en funksjon av Lockhardt-Martinellitallet, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

- Figur 7a er et plott som viser våtheten til gassblandingen som en funksjon av forskjellen
10 mellom strømningsraten til et DP-meter og et sonarmeter, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

- Figur 7b er et plott som viser våtheten til gassblandingen som en funksjon av forskjellen
mellom strømningsraten til et DP-meter og et sonarmeter, som er en utførelse av fore-
15 liggende oppfinnelse.

- Figur 8 er en skjematisk visning av et apparat for å gi en fluidandelsmåling av en multi-
væskeblanding kompensert for innblandet gass, som er en utførelse av foreliggende
oppfinnelse.

20

Figur 9 er et funksjonelt flytdiagram over en fremgangsmåte for å kompensere fluidandelsmålingen ved å bruke en innblandet gassmåling, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

- 25 Figur 10 er en skjematisk illustrasjon over et apparat som har en matrise med sensorer på et rør for å måle den volumetriske strømningen og gassvolumandelen av blandingen som strømmer i røret som har innblandet gass/luft i seg, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

- 30 Figur 11 er et blokkdiagram over et apparat for å måle hastigheten til lyd som brer seg gjennom en prosesstrøm som strømmer innenfor et rør, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

- Figur 12 er et plott som viser effekten av fri gass på interpretert oljeandel ved å bruke en
35 tetthetsbasert vannandelsmåling, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

Figur 13 er et plott som viser effekten av fri gass på interpretert oljeandel ved å bruke en resonansmikrobølge-hulromsinnretning, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

- 5 Figur 14 er et plott som viser effekten av fri gass på interpretert oljeandel ved å bruke en mikrobølgeabsorpsjonsinnretning, som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse.

Figur 15 er et blokkdiagram over en første utførelse av en strømningslogikk brukt i apparatet i henhold til foreliggende oppfinnelse.

10

Figur 16 er en tverrsnittstegning av et rør som har en koherent struktur i seg.

- Figur 17 er et $k-\omega$ -plott over data prosessert fra et apparat som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse som illustrerer helningen til den konvektive furen, og et plott over
15 optimaliseringsfunksjonen til den konvektive furen.

Figur 18 er et blokkdiagram over en andre utførelse av en strømningslogikk brukt i apparatet i henhold til foreliggende oppfinnelse.

- 20 Figur 19 er et $k-\omega$ -plott over data prosessert fra et apparat som er en utførelse av foreliggende oppfinnelse som illustrerer helningen til de akustiske furene.

- Med referanse til figur 1a er et system 200 vist for måling av væskespill og overført gass i en fluidseparator 102 i henhold til foreliggende oppfinnelse, og som lærer bruken
25 av sonarstrømningsmeter 104 og gassvolumetrisk fraksjon (GVF) metere 106, 108 for å monitorere separasjonseffektiviteten for hver komponent i en separasjonsskjede for å optimalisere ytelsen til det samlede systemet. Som vist monitorerer systemet ytelsen til hver separator, kontrollerer innføringsrater, varmeutvekslingsytelse, separatornivåer, kjemisk dosering etc., som sikrer at hver separator i separasjonsprosessen forblir innenfor
30 separatoreffektivitetsmålene definert på et systemnivå. Det bør være forstått at mens figur 1a illustrerer bruken av en enkeltseparator 102 innbefatter foreliggende oppfinnelse at utgangen fra hver av strømmene er kaskader fra et tilsvarende separasjonssystem, som kan ha en tilsvarende konfigurasjon av metere som vist her, hvor den optimale ytelsen kan være maksimal tilgjengelighet, dvs. unngåelse av prosessopphold, minimalisering av kjemikaliebruk (dvs. lavere kostnader), eller maksimalisering av gjennomstrømning.
35 Videre definerer fremgangsmåten én eller flere separasjonseffektivitetsmetriker

basert på sanntidsmåling av gassovertføring i væskegrenene og væskespill i gassgrenene som vist. For eksempel, et separatormeter kan være definert som:

$$\eta_{sep} \equiv 1 - \alpha(GVF) - \beta(LGMR), \quad (\text{Lign. 1})$$

5

hvor α og β er funksjoner som blir definert, GVF er den innblandede gassen som er tilstede i væskegrenen og LGMR er væske-til-gass-masseforholdet i gassgrenen. Disse målingene kan bli funnet med sonarstrømningsmeters direkte på væskegrenen og DP + sonarmeters på gassgrenene, som beskrevet heretter i større detalj. Konseptet kan videre strekke seg til å inkludere vannandel i væskegrenen og/eller inkluderer trefaseseparatører så vel som tofaseseparatører, også vist i større detalj heretter. Det bør være forstått at skumdempere og dråpefangere er svært utbredt brukt i produksjonen av olje og gass.

Med referanse til figur 1b separerer en gass/væskeseparator 102 væskeandelen og gassdelen i den innkommende fluidstrømmen 110, som vil bli beskrevet i større detalj heretter. Mens separatoren 102 separerer de to fasene til fluidstrømmen 110, er det et spill av væsker inn i gassgrenen 112 i separatoren 102 og en overføring av gass i væskegrenen 114 i separatoren 102. For å redusere gassen som føres over og væske (tåke) –overføringen vil tilsetningen (dvs. skumdempere og dråpefangere, respektivt) kunne bli brukt for å sikre adekvat separasjon av produsert gass og væske. Et gassvolumandelsmeter 116, slik som SONARtrac GVF-100 produsert av CIDRA Corporation, kan bli brukt for å måle gassovertføringen i væskegrenen i sann tid, som vil bli beskrevet i større detalj heretter. I tillegg vil et strømningsmeter 104, slik som SONARtrac VF-100 produsert av CIDRA Corporation, i kombinasjon med et DP-meter 118 kunne bli brukt til å måle væskespillet i gassgrenen 112 i sann tid. Både gassvolumandelsmeter 116 og strømningsmeters 104 kan være påklemningsinnretninger som beskrevet heretter. Disse monitoreringsinnretningene muliggjør sanntidsmåling av produksjonsseparatorytelsen. Denne sanntidsmålingen muliggjør kvantifisering av kostnad kontra ytelse for en gitt skumdemper og/eller dråpefanger. Med andre ord, monitoreringsinnretningene muliggjør en bruker å kvantifisere fordelene assosiert med kjemikalieutgiftene som vist i figur 1c.

Det bør videre være forstått at de fleste skumdempere og/eller dråpefangere blir tilført fluidet via et åpent sløyfekontrollsystem, som kan resultere i overdosering. Foreliggende oppfinnelse tillater sanntidsmonitorering av skumdemper og/eller dråpefangerydelse og muliggjør kostnadsreduksjon gjennom en lukket sløyfekontroll. Spesifikt vil utgangene fra én av monitoreringssystemene i væskegrenen 114 og/eller gassgrenen 112

35

i separatoren 102 bli kommunisert til en prosessor 120 som så kan gi et kontrollsignal til en pumpe og/eller ventil som doserer eller gir skumdemperen og/eller dråpefangeren til det strømmende fluidet 110 eller separert fluid 122, 124 som svar på et inngangssignal som indikerer den ønskede mengden av væske (dvs. tåke) i gassgrenen 112 eller ønsket
 5 mengde av gass i væskegrenen 114. Videre vil strømmingen og/eller separasjonsprosessen tillate brukeren å kvantifisere kjemikaliebruken i hver gren for å optimalisere bruken av respektive kjemikalier i en åpen eller lukket sløyfekonfigurasjon.

Det bør være forstått at foreliggende oppfinnelse tillater bedre kontroll og/eller optima-
 10 lisering av prosessflyten (dvs. mer nøyaktig måling av GVF, væskespill og/eller gass-overføring) ved å kontrollere i det minste én av nivået til separatoren, aktiveringen av ventiler lagt ut i strømningsprosessen og/eller kontrollen av skumdemper/dråpefangerinfusjonen. For eksempel, dersom en situasjon oppstår hvor væskespillet er høyt, vil en alarm kunne bli gitt til en operatør eller en kontrollprosessor, som så kan heve nivået av
 15 infusjon av dråpefangerkjemikaliet i strømmen og/eller senke nivået til separatoren. Et annet eksempel kan være en situasjon som oppstår hvor gassoverføringen er høy, hvor så en alarm kan bli gitt til en operatør eller en kontrollprosessor, som så kan heve nivået av infusjon av skumdemperkjemikaliet i strømmen og/eller heve nivået til separatoren. Videre vil ventilene (se figur 1a) kunne selektivt bli operert for å gi bedre kontroll over
 20 strømningsprosessen innenfor hver av grenene.

Med referanse til figur 1b og figur 2 er en gass/væskeseparator 102 vist, hvor gass/-væskeseparatoren 102 er en gjenstand for produksjonsutstyr brukt for å separere væskekomponentene 122 fra en innkommende fluidstrøm 110 fra gasskomponentene 124 i
 25 den innkommende fluidstrømmen 110. I utførelsen vist i figur 1b strømmer væskekomponenten 122 og gasskomponenten 124 fra separatoren 102 i separate rør eller "grener" 112, 114 der gasskomponenten 124 strømmen i gassgrenen 112 og væskekomponenten 122 strømmer i væskegrenen 114. Mens gass/væskeseparatoren 102 er vist som en vertikal beholder, kan gass/væskeseparatoren 102 være enhver innretning for separasjon av
 30 gass fra én eller flere væsker som er passende for det ønskede sluttformålet, slik som det som er vist i figur 2. For eksempel, separatoren 102 kan inkludere en sylinder eller sfærisk beholder, og kan være enten horisontalt eller vertikalt posisjonert. Videre kan separatoren 102 bruke gravitasjonssegregering, sentrifugalseparasjon, syklonseparasjon, eller enhver annen kjent måte å oppnå separasjonen, og kan inkludere én eller flere
 35 trinn.

Som diskutert her vil gassblandingen 124 som strømmer i gassgrenen 124 inkludere gass og væskespill fra separatoren 102. Et apparat 126 kan være gitt for å måle våtheten og strømningsraten til gassblandingen 124, hvor apparatet 126 kan inkludere et differensielt strømningsmeter ("DP-meter") 118 og et sonarstrømningsmeter 104 som har en

5 matrise med stress-baserte sensorer, tilsvarende til det som er beskrevet i US-patentsøknad 11/xxx.yyy, advokat-dokument nr. CC-0858, som her er referert til under referanse. Kombinasjonen av DP-meteret 118 og sonarstrømningsmeteret 104 gir strømningsratemålinger for de respektive væske- og gassfasene. Som vil bli beskrevet i større detalj heretter, vil separatorutstrømningsprosessen 120 bestemme våtheten til gassblandingen 124 i gassgrenen 112, som vist i figur 3, såvel som den volumetriske strømningsraten til gassen, og den volumetriske strømningsraten til væskespillet. Den volumetriske strømningsraten til komponentene i væskespillet (dvs. olje og vann) kan bli bestemt ved å anta en kjent eller typisk vannandel (eller faseandel) eller ved å bruke vannandelsmålingen gitt av apparatet 128 lagt ut på væskegrenen 114 i separatoren 102.

15

Apparatet 128 for måling av væskegrenen 114 som har gass overført inkluderer et vannandelsmeter 130, et gassvolumandelsmeter 116, et strømningsmeter 132, en trykksensor 134 og en temperatursensor 136. Mens en trykksensor 134 og en temperatursensor 136 er gitt vil det være forstått at både én eller begge av disse parameterne kan være enkelt

20 estimert. Det bør videre være forstått at vannandelsmeteret 130 gir et signal som indikerer prosentvis andel av vann i væskeblandingen 122, gassvolumandelsmeteret 116 gir et signal (eller trykksignaler) som indikerer gassvolumandelen av væskeblandingen 122 og strømningsmeteret 132 gir et signal som indikerer hastigheten og/eller volumetrisk strømningsrate til væskeblandingen 122. Disse signalene er gitt til separatorutstrømningsprosessen 120 som bestemmer gassvolumandel (GVF) av væskeblandingen 122,

25 den volumetriske strømningsraten til oljen i væskeblandingen 122, den volumetriske strømmingen til vannet i væskeblandingen 122, og den volumetriske strømmingen av gassen i væskeblandingen 122.

30 Med referanse igjen til figur 3 vil en hovedprosessor 138 være gitt og som mottar hver av de bestemte volumetriske strømningsratene for hver fase fra en gassgrenprosessor 140 og en væskegrenprosessor 142, hvor hovedprosessen 138 summerer hver respektive volumetriske strømningsrate for hver fase for å bestemme den totale volumetriske strømningsraten for hver av de tre fasene (dvs. olje, vann og gass) for den innførte blandingen 110. Med referanse igjen til figur 2 vil gass/væskeseparatorene 102 kunne inkludere en gassgren 112 som mottar en gassblanding 124 som har olje- og vannspill, og oljegrer 144 som tar imot oljeblanding 146 som har vann- og gassandeler, og en

35

vanngren 148 som tar imot en vannblanding 150 som har olje- og gassoverføringer.

Tilsvarende til systemet i figur 1b, kan systemet i figur 2 inkludere et apparat 126 lagt ut på gassgrenen 112 for å måle de samme parametrene som diskutert ovenfor. Tilsvarende kan systemet i figur 2 inkludere et apparat 152 lagt ut på oljegrenen 144 for å måle den volumetriske strømmingen av hver fase (dvs. gass, vann og olje) til oljeblandingen 146, så vel som gassvolumandelen av gasspillet og vannvolumandelen av vannspillet.

Apparatet 152 for måling av oljegrenen 144 som har gasspill og vannspill kan inkludere et vannandelsmeter 154, et gassvolumandelsmeter 106, et strømningsmeter 156, en trykksensor 158 og en temperatursensor 160. Mens en trykksensor 158 og en temperatursensor 160 er gitt, bør det være forstått at den ene eller begge av disse parametrene enkelt kan bli estimert. Det bør videre være forstått at vannandelsmeteret 154 gir et signal som indikerer den prosentvise andelen av vann i oljeblandingen 156, gassvolumandelsmeteret 106 gir et signal (eller trykksignaler) som indikerer gassvolumandelen av oljeblandingen 146 og strømningsmeteret 156 gir et signal som indikerer hastigheten og/eller volumetrisk strømningsrate til oljeblandingen 146. Disse signalene er gitt til en separatorutstrømningsprosessor 162 som bestemmer gassvolumandel av oljeblandingen 146, vannvolumandelen av oljeblandingen 146, volumetrisk strømningsrate til oljen i væskeblandingen, volumetrisk strømning av vannet i væskeblandingen, og volumetrisk strømning av gassen i væskeblandingen.

Systemet i figur 2 kan videre inkludere et apparat 164 lagt ut på vanngrenen 148 for måling av volumetrisk strømning av hver fase (dvs. gass, vann og olje) i vannblanding 150, så vel som gassvolumandelen av gasspillet og oljevolumandelen av vannspillet.

Apparatet 164 for måling av vanngrenen 148 som har gasspill og oljespill kan inkludere et vannandelsmeter 166, et gassvolumandelsmeter 108, et strømningsmeter 168, en trykksensor 170 og en temperatursensor 172. Mens en trykksensor 170 og en temperatursensor 172 er gitt, bør det være forstått at én eller begge av disse parametrene enkelt kan bli estimert. Det bør videre være forstått at vannandelsmeteret 166 gir et signal som indikerer prosentvis andel av vannet i vannblanding 150, gassvolumandelsmeteret 108 gir et signal (eller trykksignaler) som indikerer gassvolumandelen av vannblanding 150 og strømningsmeteret 168 gir et signal som indikerer hastigheten og/eller volumetrisk strømningsrate til vannblanding 150. Disse signalene er gitt til separatorutstrømningsprosessen 162 som bestemmer gassvolumandelen av vannblanding 150, oljevolumandelen av vannblanding 150, den volumetriske strømningsraten til oljen i væskeblandingen, den volumetriske strømmingen til vannet i væskeblandingen, og den volumetriske strømmingen til gassen i væskeblandingen.

Med referanse igjen til figur 3 vil hovedprosessen 138 motta hver av de bestemte volumetriske strømningsratene til hver fase fra gassgrenprosessen 140, oljegrænprosessen 142 og vanngrænprosessen 174 og summerer hver respektive volumetriske strømningsrate for hver fase for å bestemme den totale volumetriske strømningsrate til hver av de tre fasene (dvs. olje, vann og gass) for den innførte blandingen 110. Man bør forstå at foreliggende oppfinnelse gir signifikant informasjon med hensyn til funksjoneringen, operasjon og effektiviteten til separatoren 102. For eksempel, systemene i figur 1b og figur 2 gir informasjon om mengden av væskespill i gassgrenen, gassspill i væskgrenen, gass- og oljespill i vanngrenen, og gass- og vannspill i oljegrænen i separatoren som er indikerende for operasjonen til separatoren 102. Det er derfor å forstå at foreliggende oppfinnelse at disse parametrene og andre parametre som er målt av foreliggende oppfinnelse kan bli brukt til å kontrollere bestemte parametre i separatoren 102, slik som separatornivået, innmatingsraten til separatoren 102 og innmatingsraten til gass-, væske-, olje- og/eller vanngrenene. Videre kan separatorutstrømningsprosessorer 120, 162 gi et kontrollsignal til en ventil, pumpe eller andre aktuatorer for å kontrollere en parameter i separatoren 102 for derved å gi et lukket sløyfesystem. I tillegg vil foreliggende oppfinnelse også være å forstå slik at de gitte målingene kan bli brukt til å diagnostisere problemer, og/eller feil i separatoren 102, eller kan være brukt til å gi en prediksjonsanalyse med hensyn til ytelsen av separatoren 102. Det bør være forstått at foreliggende oppfinnelse innbefatter å gi en alarm til en operatør og/eller en kontrollprossessor dersom en bestemt hendelse opptrer. Dette vil tillate en hurtig og rettet respons på operasjonelle betingelser.

Med referanse til figur 4 er det vist et apparat 300 for måling av våthet og volumetrisk strømningsrate i en gasstrøm 302 innenfor et rør 304 som vist og inkluderer et differensielt trykktbasert strømningsmeter 306 og et sonarstrømningsmeter 308, tilsvarende det som er beskrevet i US-patentsøknad 11/xxx.yyy advokatdokument nr. CC0858, som her er referert til ved referanse. Som vil bli beskrevet i videre detalj heretter, vil den volumetriske strømningsraten til gasstrømmen 302 bli bestemt av det differensielle trykktbaserte strømningsmeteret 306 ($Q_{\Delta P}$) som ble brukt sammen med den volumetriske strømningsraten i gasstrømmen 302 bestemt av sonarstrømningsmeteret 308 (Q_{sonar}) for å bestemme våtheten til gasstrømmen 302, som så kan bli uttrykt som et Lockhardt Martinelli- (LM) tall. Det bør være forstått at feilene i den interpreterte væskestrømningsraten er generelt korrigerbare til en svært høy grad av nøyaktighet gitt at mengden av innblandet gass er kjent. Heldigvis, fra et målingsperspektiv, vil kilden til den frie

gassen i væskegrenen ikke ha noen påvirkningseffekt på strømningsmålingen. Imidlertid, påvirkningen av den frie gassen skalerer seg direkte med den unngåtte gassandelen.

I eksemplet vist i figur 4 er røret 304 vist som en gassgren 112 i en gass/væskeseparator 102, som vist i figur 1b og figur 2. Det er å forstå imidlertid at apparatet 300 kan bli brukt på enhver kanal, leder eller annen form for rør 304 gjennom hvilket en gass 302 strømmes. Det differensielle trykkbaserte strømningsmeteret 306 kan inkludere enhver type av strømningsmeter som muliggjør strømningsmåling ved å bruke et differensielt trykk (ΔP) i strømmen 302. For eksempel, meteret 306 kan muliggjøre strømningsmåling ved å bruke en strømningshindring 310 for å skape et differensielt trykk som er proporsjonalt med kvadratet av hastigheten til gasstrømmen 302 i røret 304, i henhold til Bernoullis teorem. Dette differensielle trykket (ΔP) tvers over hindringen 310 blir målt og konvertert til en strømningsrate ved å bruke en sekundær innretning 312, slik som en differensiell trykksender. I eksemplet som er vist vil strømningshindringen 310 være en strupeplate 310 gjennom hvilken gasstrømmen 302 passerer. Senderen 312 følger fallet i trykket i strømmen 302 tvers over strupeplaten 310, og bestemmer en volumetrisk strømningsrate i gasstrømmen 302 ($Q_{\Delta P}$) som en funksjon av det følte trykkfallet. Mens et strupebasert strømningsmeter er vist, vil det være forstått at det differensielle trykkbaserte strømningsmeteret 306 kan inkludere et venturimeter, et albustrømningsmeter, et V-konemeter eller lignende.

Sonarstrømningsmeteret 308 inkluderer en romlig matrise 314 med i det minste to trykksensorer 316 lagt på forskjellige aksiale steder $X_1 \dots X_N$ langs røret 304. Hver av trykksensorene 316 gir et trykksignal $P(t)$ som indikerer ustadig trykk innenfor røret 304 på de tilsvarende aksiale stedene $X_1 \dots X_N$ i røret 304. En signalprosessor 318 mottar trykksignalene $P_1(t) \dots P_N(t)$ fra trykksensorene 316 i matrisen 314, og bestemmer hastigheten og volumetrisk strømningsrate til gasstrømmen 302 ved å bruke trykksignalene fra trykksensorene 316. Signalprosessoren 318 anvender matriseprosesserings teknikker på trykksignalene $P_1(t) \dots P_N(t)$ for å bestemme hastigheten, volumetrisk strømningsrate og/eller andre parametere i gasstrømmen 302.

Mens sonarstrømningsmeteret 308 er vist å inkludere fire trykksensorer 316, er det å forstå at matrisen 314 med trykksensorer 316 kan inkludere to eller flere trykksensorer 316, som hver gir et trykksignal $P(t)$ som indikerer ustadig trykk innenfor røret 304 på et korresponderende aksialt sted X i røret 304. For eksempel, sonarstrømningsmeteret 308 kan inkludere 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 eller 24 trykksensorer 316. Generelt vil nøyaktigheten til målingen forbedres når an-

tallet av sensorer 316 i matrisen 314 økes. Graden av nøyaktighet gitt av det store antallet av sensorer 316 blir forskjøvet av økningen i kompleksitet og tiden for å beregne den ønskede utgangsparameteren til strømmen. Derfor vil antallet av sensorer 316 brukt være bestemt av i det minste graden av nøyaktighet som er ønsket og den ønskede oppdateringsraten for utgangsparameteren gitt av meteret 318.

Signalene $P_1(t) \dots P_N(t)$ gitt av trykksensorene 316 i matrisen 314 er prosessert av signalprosessoren 318, som kan være del av en større prosesseringsenhet 320. For eksempel, signalprosessoren 318 kan være en mikroprosessor og prosesseringsenheten 320 kan være en personlig datamaskin eller annen generell datamaskin. Det er å forstå at signalprosessoren 318 kan være enhver analog eller digital signalprosesseringsinnretning som utfører programmerte instruksjoner, slik som én eller flere mikroprosessor- eller applikasjonsspesifikke integrerte kretser (ASICS), og kan inkludere hukommelse for å lagre programmerte instruksjoner, innstillingspunkter, parametere og for bufring eller på annen måte lagring av data.

For å bestemme den volumetriske strømningsraten Q_{sonar} i gasstrømmen 302 anvender signalprosessoren 318 dataene fra trykksensorene 316 på strømningslogikk 322 eksekvert av signalprosessoren 318, hvor strømningslogikken 322 er beskrevet i videre detalj heretter. Det er også å forstå at én eller flere av funksjonene utført av den andre innretningen 312 i det differensielle trykkstrømningsmeteret 306 kan være utført av signalprosessoren 318. For eksempel, signaler som indikerer gasstrøm 302 trykk oppstrøms og nedstrøms i forhold til strupeplaten 310 kan være gitt til signalprosessoren 318, og signalprosessoren 318 kan bestemme den volumetriske strømningsraten $Q_{\Delta P}$. Ved å bruke den volumetriske strømningsraten til gasstrømmen 302 bestemt av sonarstrømningsmeteret 308 (Q_{sonar}), kan signalprosessoren 318 bestemme våtheten til strømmingen 302.

Som tidligere bemerket vil væskespill i gassgrenen 112 i gass/væskeseparatoren 102 kunne finne sted. Et mål på mengden av væskespill er våtheten til strømmen 302, og et mål på våtheten til en kontinuerlig gassblanding er kjent som Lockhardt Martinelli (LM) tallet, hvor LM-tallet er definert som kvadratroten av forholdet mellom produktet av væskemassestrøm ganger væskevolumetrisk strøm til produktet av gassmassestrømmen ganger gassvolumetrisk strøm og kan bli uttrykt som:

$$LM \equiv \sqrt{\frac{\dot{m}_{\text{liq}} Q_{\text{liq}}}{\dot{m}_{\text{gas}} Q_{\text{gas}}}} \equiv \sqrt{\frac{\rho_{\text{liq}} Q_{\text{liq}}^2}{\rho_{\text{gas}} Q_{\text{gas}}^2}} \equiv \left(\sqrt{\frac{\rho_{\text{liq}}}{\rho_{\text{gas}}}} \right) \left(\frac{Q_{\text{liq}}}{Q_{\text{gas}}} \right), \quad (\text{lin. 2})$$

hvor m_{liq} er væskemassestrømmen, Q_{liq} er væskevolumetrisk strøm, ρ_{liq} er tettheten til væsken, m_{gas} er gassmassestrømmen, Q_{gas} er den gassvolumetriske strømmen, og ρ_{gas} er tettheten til gassen. Det differensielle trykbaserte strømningsmeteret 306 vil overrap-
 5 portere den volumetriske strømningsraten til gasstrømmen 302 med et forhold på $1 + LM$ sammenlignet med den volumetriske strømmen rapportert for en ekvivalent strømningsrate med tørr gass. Figur 5 viser et plott over rapportering (overutlesning) av en Emerson-modell 1595 strupebasert strømningsmeter som en funksjon av LM-tallet. Som vist skalerer overrapporteringen seg lineært med LM-tallet.

10

I kontrast til dette har det sonarvolumetriske strømningsmeteret 308 demonstrert nøyaktig rapportering av volumetriske strømmer av våt gass med liten følsomhet overfor LM-tallet (dvs. liten følsomhet overfor våthet eller spill). Figur 6 viser avviket mellom et sonarstrømningsmeter 308 og en referansevolumetrisk strømningsrate som en funksjon av
 15 LM-tallet. Som vist er avviket en relativt svak funksjon av LM-tallet. Følgelig:

$$Q_{SONAR} = Q_{gas}, \quad (\text{lign. 3})$$

hvor Q_{SONAR} er strømningsraten til gassen i strømmen 302. Med referanse til figur 6 vil
 20 de to metrene 306 og 308 rapportere de samme strømningsratene for tørre gasser, mens det vil rapporteres avvikende strømningsrater med økende våthet. Dermed vil kombinasjonen av strømningsratene $Q_{\Delta P}$ og Q_{SONAR} fra det differensielt baserte trykkstrømningsmeteret 306 og sonarstrømningsmeteret 308 gi et mål på både strømningsraten og våtheten til en kontinuerlig gasstrøm 302, som kan bli bestemt av signalprosessoren 318 ved
 25 å bruke ligningene:

$$Q_{\Delta P} = q_{gas} (1 + \alpha LM) \quad (\text{lign. 4a})$$

eller

30

$$LM = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{Q_{\Delta P}}{Q_{SONAR}} - 1 \right) \quad (\text{lign. 4b})$$

hvor α er en empirisk bestemt våthetssensitivitetskoeffisient som kan bli innført av forskjellige faktorer, slik som miljøfaktorer (dvs. temperatur og/eller trykk) og/eller fakto-
 35 rer relatert til metere som blir brukt (dvs. en karakteristikk av et individuelt eller en gruppe av metere og/eller toleransen til metere). Videre bør det være forstått at et kali-

breringspunkt kan bli lagt til ved å regne ut utgangene av det differensielle trykktbaserte strømningsmeteret 306 og sonarstrømningsmeteret 308 under strømningsbetingelser hvor gassen er kjent å være tørr.

- 5 Det bør forstås at LM kan bli bestemt ved å bruke den målte volumetriske strømningsraten (dvs. Q_{AP} og Q_{SONAR}) målt av DP-strømningsmeteret og sonarstrømningsmeteret, respektivt, ved å bruke ligning 4b. Ved å kjenne LM-tallet og tettheten til gassen og væsken vil den volumetriske strømningsraten til væsken kunne bli bestemt ved å bruke ligning 2 og ligning 3.

10

Mens overrapportering kan bli definert som den lineære funksjonen $1 + \alpha LM$, vil en forstå at foreliggende oppfinnelse innbefatter at overrapporteringen kan være definert som enhver funksjon passende for det ønskede sluttformålet, slik som en lineær, kvadratisk, polynom og/eller logaritmisk funksjon som definerer en overrapporteringskarakteristikk til metrene som vil bli beskrevet i større detalj heretter. Med andre ord, enhver overrapporteringsfunksjon kan bli brukt som nøyaktig tilpasser utgangen av strømningsmetrene over det ønskede området av LM-tall (dvs. kurvetilpasning).

Signalprosessoren 318 kan sende ut LM-tall, den volumetriske strømningsraten Q_{AP} , Q_{SONAR} , våtheten til gassblandingen (faseandel av væske og gass, eller væske/gassforhold), volumetrisk strømningsrate til væsken og/eller volumetrisk strømningsrate til gassen, eller kombinasjoner av disse, og forskjellige andre parametere som kan bli bestemt fra disse verdiene som et signal 324. Ved å anta olje/væskeandeler eller ved å bruke en olje/væskeandel bestemt fra væskegrenene, kan volumet og volumetrisk strømningsrate til oljen og vannet kunne bli bestemt. Signalet 324 kan bli gitt til en skjerm 326 eller en annen inngang/utgang- (I/O) innretning 328, hvori I/O-innretningen 328 også kan akseptere brukerinnmattede parametere 330 som kan være nødvendige eller ønsket for strømningslogikken 322. I/O-innretningen 328, skjermen 326 og signalprosessorheten 318 kan være montert i et felles hus, som kan være festet til matrisen 314 med en fleksibel kabel, ved trådløs forbindelse, eller lignende. Den fleksible kabelen kan også bli brukt til å gi operativ strøm fra prosesseringsenheten 320 til matrisen 314 om nødvendig.

Det bør være forstått at relasjonen mellom LM-tallet og utgangen til DP-strømningsmeteret (Q_{AP}) og sonarstrømningsmeteret (Q_{SONAR}) som beskrevet foran grafisk er illustrert i figur 7a. Som vist vil forskjellen 400 mellom den volumetriske strømningsraten 402 i DP-strømningsmeteret og den volumetriske strømningsraten 404 til sonarmeteret

være relatert til våtheten av gasstrømmen, og er gitt av $1 + \alpha LM$. Mens beskrivelsen av sonarmeteret gir et utgangssignal som representerer hastigheten eller strømningsraten til gassen som blir brukt i bestemmelsen av våtheten, innbefatter foreliggende oppfinnelse at enhver annen utgang fra sonarmeteret, som er ufølsom overfor våthet, kan bli brukt til
5 å bestemme våtheten til gassen.

Det bør videre være forstått at en utgangsfunksjon for hver av strømningsmetrene kan være gitt som er avhengig av ikke-dimensjonale parametere relatert til våtheten av strømmen. For eksempel, ved å bruke relasjonen mellom den volumetriske strømnings-
10 raten eller hastigheten til strømmen funnet av sonarstrømningsmeteret, og den volumetriske strømningsraten eller hastigheten til strømmingen funnet av DP-strømningsmeteret (dvs. venturimeter), hvor den volumetriske strømningsraten til den våte gasstrømmen
104 funnet av sonarstrømningsmeteret Q_{SONAR} kan bli uttrykt som:

$$15 \quad Q_{\text{SONAR}} = (1 + \alpha MR) Q_{\text{gas}}, \quad (\text{lign. 5})$$

$$20 \quad Q_{\text{venturi}} = (1 + \beta MR + \chi MR^2) Q_{\text{gas}}, \quad (\text{lign. 6})$$

hvor α , β og χ er empirisk bestemte våthetssensitivitetskoeffisienter, MR er væske-til-gass-massestrømningsforholdet og Q_{gas} er den volumetriske strømningsraten til gassandelen av den våte gasstrømmen. Mens overrapporteringen av sonarmeteret kan være definert som $1 + \alpha MR$ og overrapporteringen av DP-meteret (dvs. venturimeteret) kan
25 være definert som $1 + \beta MR + \chi MR^2$, vil en forstå at foreliggende oppfinnelse innbefatter at overrapporteringen kan være definert som enhver funksjon passende for det ønskede sluttformålet, slik som en lineær, kvadratisk, polynom og/eller logaritmisk funksjon som definerer en overrapporteringskarakteristikk for metrene som vil bli beskrevet i større detalj heretter. Videre, mens Q_{SONAR} er vist som å være definert av funksjonen i ligning 5 og Q_{venturi} er vist som å være definert av funksjonen i ligning 6, bør
30 det være forstått at Q_{SONAR} og Q_{venturi} kan være definert av enhver funksjon som passer for det ønskede sluttformålet, slik som en lineær, kvadratisk, polynom og/eller logaritmisk funksjon som definerer en overrapporteringskarakteristikk for metrene som vil bli beskrevet i større detalj heretter. Med andre ord, enhver overrapporteringsfunksjon kan
35 bli brukt som nøyaktig tilpasset utgangen fra strømningsmetrene over det ønskede området av MR (dvs. kurvetilpasning).

Verdien til MR kan bli bestemt ved å løse ligningene ovenfor (ligning 5 og ligning 6) for Q_{gas} og å regne ut de to resulterende ligningene på følgende måte:

1

$$5 \quad Q_{\text{gas}} = \frac{Q_{\text{sonar}}}{(1 + \alpha MR)}, \quad (\text{lign. 7})$$

og

$$Q_{\text{gas}} = \frac{Q_{\text{venturi}}}{(1 + \beta MR + \chi MR^2)} \quad (\text{lign. 8})$$

10

Dermed følger det at:

$$\frac{Q_{\text{SONAR}}}{(1 + \alpha MR)} = \frac{Q_{\text{venturi}}}{(1 + \beta MR + \chi MR^2)}, \quad (\text{lign. 9})$$

15 og, derfor

$$MR = \frac{-(\beta - \alpha \frac{Q_{\text{venturi}}}{Q_{\text{SONAR}}}) + \sqrt{(\beta - \alpha \frac{Q_{\text{venturi}}}{Q_{\text{SONAR}}})^2 - 4\chi(1 - \frac{Q_{\text{venturi}}}{Q_{\text{SONAR}}})}}{2\chi} \quad (\text{lign. 10})$$

20 På dette punkt vil gasstrømningsraten Q_{gas} og væskestrømningsraten Q_{Liq} kunne bli bestemt ved å bruke følgende relasjoner:

$$Q_{\text{gas}} = \frac{Q_{\text{SONAR}}}{(1 + \alpha MR)}, \quad (\text{lign. 11})$$

og

25

$$Q_{\text{liq}} = \left(\frac{\rho_{\text{gas}}}{\rho_{\text{liq}}} MR \right) Q_{\text{gas}} \quad (\text{lign. 12})$$

der ρ_{gas} er tettheten til gasstrømmen og ρ_{liq} er tettheten til væskestrømmen.

Det bør være forstått at relasjonen til MR for utgangen av DP-strømningsmeteret (Q_{DP}) og sonarstrømningsmeteret (Q_{SONAR}) som beskrevet foran grafisk er illustrert i figur 7b. Som vist vil forskjellen 410 mellom den volumetriske strømningsraten 412 fra DP-strømningsmeteret og den volumetriske strømningsraten 414 fra sonarmeteret være relativ til våtheten av gasstrømmen, og er gitt av forskjellen av $1 + \beta MR + \chi MR^2$ og $1 + \alpha MR$. Mens beskrivelsen av sonarstrømningsmeteret gir et utgangssignal som representerer hastigheten eller volumetrisk strømningsrate til gassen som blir brukt i bestemmelsen av våtheten, innbefatter foreliggende oppfinnelse at enhver annen utgang fra sonarstrømningsmeteret, som er ufølsom overfor våthet, kan bli brukt for å bestemme våtheten til gassen. I tillegg, mens DP-strømningsmeteret er beskrevet her som å være et venturimeter, innbefatter foreliggende oppfinnelse at enhver annen type av DP-strømningsmeter passende for det ønskede sluttformålet kan bli brukt.

Det bør også være forstått at mens karakteristikene til utgangen var definert som volumetriske strømningsrater fra metrene, innbefatter foreliggende oppfinnelse at karakteristikene kan være definert av enhver annen utgang målt av strømningsmetrene, slik som strømningshastighet, gitt at sensitiviteten til utgangene overfor våthet er sammenlignbar med sensitiviteten til den målte volumetriske strømningsraten. Med andre ord, de målte parametrene til DP-strømningsmeteret er sensitive overfor våthet og den målte utgangen fra sonarstrømningsmeteret er relativt ufølsomt overfor våtheten i strømmen.

Videre, mens foreliggende oppfinnelse definerer utgangene fra DP-strømningsmeteret og sonarstrømningsmeteret som en respektiv formel som blir løst, vil det være forstått at dataene kan være gitt i formen av en oppslagstabell for å gi et tall for en ikke-dimensjonal parameter (dvs. LM-tall, MR), den volumetriske strømningsraten og volumetriske gasstrømraten til strømmen som svar på de målte parametrene (hastighet, volumetrisk strøm) til strømningsmetrene.

Med referanse til figur 8 vil et apparat 350 som gir en fluidandelsmåling av en multivæskeblanding 352 kompensert for innblandet gass være vist, hvor apparatet 350 inkluderer en fluidandelsmåleinnretning 354 konfigurert til å føle i det minste én parameter i blandingen 352 for å bestemme en fluidandel av en væske i multivæskeblanding 352 som strømmer i et rør, kanal, ledning eller lignende (heretter kalt "rør") 304. Apparatet 350 inkluderer videre en gassvolumandel (GVF) måleinnretning 358 konfigurert til å gi sanntidsmåling av innblandet gass i blandingen 352 som svar på en målt hastighet av lyd i blandingen 352. Utgangen fra fluidandelsinnretningen 354 er gitt til en signalpro-

sensor 360, som er konfigurert til å justere den målte fluidandelen ved å bruke den målte GVF til å bestemme en kompensert fluidandel i væsken.

Fluidandelsmåleinnretningen 354 (også kjent som en vannandelsmåleinnretning) kan
 5 være enhver typisk fluidandelsmåleinnretning, slik som et Coriolis-meter, resonans-
 mikrobølgeoscillator, og mikrobølgeabsorpsjonsinnretning. Som vil bli beskrevet i vi-
 dere detalj heretter, vil forskjellige typer av fluidandelsmåleinnretninger anvende for-
 skjellige prinsipper for operasjonen, som kan være forskjellig påvirket av innblandet
 gass i blandingen. Mens hver type av fluidandelsinnretning fortsetter å gi en måling ved
 10 tilstedeværelse av gass, vil tolkningen av deres utgang kun være signifikant påvirket
 uten spesifikk kunnskap om gassvolumandelen. Feilene i fluidandelen innført av ugjen-
 kjent innfanget gass blir diskutert her ved å bruke første-prinsipprelasjoner utviklet for
 hver type av fluidandelsinnretning, og forskjellige fremgangsmåter for å korrigere er gitt
 for hver av de forskjellige typene av fluidandelsinnretninger for å ta hensyn til tilstede-
 15 værelsen av fri gass.

I eksemplet vist i figur 1b og figur 2 er røret 304 vist som en væskegren for en gass/-
 væskeseparator 102. Det er å forstå imidlertid at apparatet 350 kan bli brukt på enhver
 leder, kanal eller annen form av rør 304 gjennom hvilket en multivæskeblanding 352
 20 strømmer. Også, for å forenkle diskusjonen, er multivæskeblandingen 352 beskrevet her
 som en vann/oljeblanding, eller forskjellige målinger er beskrevet som "vannandel",
 "oljeandel" og lignende. Det vil være forstått at bruken av vann og olje er bare med den
 hensikt å forklare, og apparatet 350 kan bli brukt for forskjellige multivæskeblandinger,
 som kan inkludere svevepartikler og andre ikke-væskematerialer.

25 GVF-innretningen 358 kan anvende enhver teknikk som måler lyd hastigheten i et fluid.
 Det er særlig synergieffekt med meteret slik som beskrevet i US-patentsøknad nr.
 10/007,736 levert 8. november 2001, nå US-patent nr. 6,889,562 og US-patentsøknad
 nr. 09/729,994, levert 4. desember 2000, nå US 6,609,069, som her er referert til ved
 30 referanse ved at lyd hastighetsmålingen, og dermed gassvolumandelsmålingen kan bli
 oppnådd ved å bruke den samme hardware som den som er brukt for den volumetriske
 strømningsmålingen. Det bør imidlertid legges merke til at gassvolumandelsmålingen
 kan bli utført uavhengig av en volumetrisk strømningsmåling, og vil ha verdi som en
 viktig prosessmåling isolert eller i samband med andre prosessmålinger. US-
 35 patentsøknad nr. 2004/0255695 publisert 23. desember 2004, US-patentsøknad nr.
 2005/0044929 publisert 3. mars 2005, og US-patentsøknad nr. 2005/0061060 publisert
 24. mars 2005 viser beskrevne eksempler på slike metere.

Med referanse til figur 9 er det vist et blokkdiagram over apparatet 350 på figur 8 som inkluderer innretningen 358 på måling av lydastigheten som brer seg i røret 304, og væskeandelsmåleinnretningen 354. En trykksensor og/eller temperatursensor 362 måler trykket og/eller temperatur til blandingen 352. Alternativt kan trykket og/eller temperaturen bli estimert heller enn faktisk å bli målt. Som svar på den målte lydastigheten, og trykk og temperatur, bestemmer signalprosessen 360 GVF til blandingen 352, som vil bli beskrevet i flere detaljer heretter. Fluidandelsinnretningen 354 gir et utgangssignal som indikerer en fluidandelsmåling (eller en prosentvis vannbestemmelse) av fluidstrømmen. Som brukt her vil "fluidandel" være forholdet av et fluidvolum i multifluidblanding 352 med total multifluidblanding 352 volum. I signalet sendt ut fra fluidandelsinnretningen 354 vil fluidandelen kunne bli uttrykt som et enkelt forhold, en prosent, forholdet mellom forskjellige fluider i multifluidblanding 352, eller enhver funksjon over forholdet av fluidvolum i blandingen 352 til det totale blandingsvolumet 352. Prosessen 360 prosesserer gassvolumandelsmålingssignalet og fluidandelsmålingssignalet for å gi et signal som indikerer kompensert fluidandel i fluidstrømmen. I signalet sendt ut fra fluidandelsinnretningen 354 vil den kompenserte fluidandelen kunne bli uttrykt som et forhold av fluidvolum i multifluidblanding 352 i forhold til multifluidblandingsvolumet 352, et væske/væskeforhold, eller enhver funksjon av forholdet av fluidvolum i blandingen 352 til det totale blandingsvolumet 352. For eksempel, signalprosessen 360 kan sende ut et signal som indikerer netto volumetrisk strømningsrate til én av fluidene i multifluidblanding 352, som vil bli beskrevet i større detalj heretter.

Figur 10 og figur 11 illustrerer et gassvolumandels- (GVF) meter som kan bli brukt som innretningen 308 i figur 1b og/eller figur 4. GVF-meteret 308 kan inkludere en føleinnretning 364 lagt ut på røret 304 og en prosesseringsenhet 366 operativt koblet til føleinnretningen 364. Føleinnretningen 364 kan innbefatte en matrise med i det minste to trykksensorer 380, 382, plassert i det minste to steder x_1 , x_2 aksielt langs røret 304 for å føle respektive stokastiske signaler som brer seg mellom sensorene 380, 382 innenfor røret 304 på deres respektive steder. Hver sensor 380, 382 gir et signal som indikerer et ustadig trykk på stedet for sensoren 380, 382 i hver instans en serie av samplingsinstanser. Med referanse til figur 10 vil et apparat, generelt vist som 308, være gitt for å måle gassvolumandel i væsker og blandinger (dvs. papir- og masseslam eller andre faste væskeblandinger) som har innblandet gass i seg (inkludert luft). Apparatet 308 i henhold til foreliggende oppfinnelse bestemmer hastigheten med hvilken lyden brer seg gjennom fluidet 352 innenfor et rør 14 for å måle innblandet gass i væsker og/eller blan-

dinger 352. For å forenkle forklaringen av foreliggende oppfinnelse vil strømmen 352 som brer seg gjennom røret 304 bli referert til som en blanding eller slam med den forståelse at strømmen kan være en væske eller enhver annen blanding som har innblandet gass i seg. Følgende fremgangsmåte kan bli brukt med enhver teknikk som måler lyd-
 5 hastigheten til en strøm eller hastigheten med hvilken lyd brer seg gjennom strømmen 352. Imidlertid, det er særlig synergi med strømningsmeteret som bruker sonarbasert matriseprosessering, slik som beskrevet i US-patentsøknad nr. (Cidra dokument nr. CC-0122A) og US-patentsøknad nr. 09/729,994 (Cidra dokument nr. CC-0297), levert 4 desember 200, nå US-patent nr. 6,609,069 som er referert til her ved referanse. Mens det
 10 sonarbaserte strømningsmeteret bruker en matrise med sensorer for å måle hastigheten av lyd til en akustisk bølge som brer seg gjennom blandingen som er vist og beskrevet, vil en forstå at enhver innretning for å måle hastigheten av lyd til den akustiske bølgen kan bli brukt for å bestemme den innblandede gassvolumandelen til blandingen/fluidet.

15 Med referanse til figur 11 er det vist et blokkdiagram over apparatet 308 i figur 10, hvor apparatet 308 inkluderer en innretning for å måle lyd hastigheten (SOS) som brer seg gjennom strømmen 352 innenfor et rør 304. En trykksensor og/eller temperatursensor 372, 374 måler trykket og/eller temperatur, respektivt, til blandingen 352 som strømmer gjennom røret 304. Som svar på lyd hastighetssignalet 376 og karakteristikken 362 til
 20 strømmen (dvs. trykk og temperatur) bestemmer en innblandet gassprosesseringsenhet 378 gassvolumandelen (GVF) til strømmen 352. Trykk- og temperatursensorene muliggjør at apparatet 308 kan kompensere eller bestemme gassvolumandelen for dynamiske forandringer i trykket og temperaturen i strømmen 352. Alternativt kan trykket og/eller temperaturen bli estimert heller enn faktisk å bli målt.

25 Et flytdiagram vist i figur 9 illustrerer funksjonen til den innblandede gassprosesseringsenheten 378. Som vist i figur 10 vil inngangen til prosesseringsenheten 378 inkludere hastigheten til lyden (SOS) 376 innenfor blandingen 352 i røret 304, og trykket og/eller temperaturen til blandingen 352. Fluidegenskapene til blandingen 352 (dvs. SOS og
 30 tetthet) blir bestemt ved å kjenne trykket og temperaturen til blandingen 352. Gassvolumandelen av blandingen (GVF) blir bestemt ved å bruke SOS-målingen og fluidegenskapene, som vil bli beskrevet i større detalj heretter. Figur 10 illustrerer en skjematisk tegning over en utførelse av foreliggende oppfinnelse. Apparatet 308 inkluderer en føleinnretning 364 innbefattende en matrise med trykksensorer (eller transdusere) 380 – 386
 35 plassert i avstand aksielt langs den ytre overflaten 388 til et rør 304, som har en prosessstrømning som brer seg i dette. Trykksensorene 380 – 386 måler ustabile trykk produsert av akustiske forstyrrelser innenfor røret 304, som indikerer SOS-utbredelsen gjen-

nom blandingen 352. Utgangssignalene ($P_1 - P_N$) fra trykksensorene 380 – 386 er gitt til prosessoren 366, som prosesserer trykkmålingsdataene å bestemme hastigheten til lyden og gassvolumandelen (GVF).

- 5 I en utførelse av foreliggende oppfinnelse som vist i figur 10 har apparatet 308 i det minste fire trykksensorer 380 – 386 lagt ut aksielt langs røret 304 for å måle ustabile trykk $P_1 - P_N$ i blandingen 352 som strømmer gjennom det. Hastigheten til lyden som brer seg gjennom strømmen 352 blir utledet ved å tolke de ustabile trykkfeltene innenfor prosessrøret 304 ved å bruke flere transdusere lagt ut aksielt over ~ 2 diameter i
- 10 lengde. Strømningsmeteret kan bli utført ved å bruke innførte trykktransdusere eller påspente, stressbaserte sensorer. Apparatet 308 har muligheten til å måle gassvolumandelen ved å bestemme lyd hastigheten til akustiske forstyrrelser eller lydbølger som brer seg gjennom strømmen 352 ved å bruke matrisen med trykksensorer 380 – 386. Mens apparatet i figur 10 viser i det minste fire trykksensorer 380 – 386, innbefatter foreliggende oppfinnelse et apparat som har en matrise med to eller flere trykksensorer og som
- 15 kan ha så mange som seksten (16) trykksensorer.

- Generelt måler apparatet 308 ustabile trykk skapt av akustiske forstyrrelser som brer seg gjennom strømmen 352 for å bestemme hastigheten av lyden (SOS) som brer seg gjennom strømmen 352. Ved å kjenne trykket og/eller temperaturen til strømmen og lyd hastigheten til den akustiske forstyrrelsen, kan prosesseringsenheten 366 bestemme gassvolumandelen i blandingen. Apparatet i figur 10 må også forstås å omfatte én eller flere akustiske kilder 390 som muliggjør målingen av hastigheten til lyden som brer seg gjennom strømmen for tilfeller av akustisk rolige strømmer. Den akustiske kilden 390 kan
- 25 være en innretning som slår eller vibrerer på veggen til røret 304 for eksempel. De akustiske kildene 390 kan være lagt ut ved inngangsenden eller utgangsenden til matrisen med sensorer 380 – 386, eller ved begge ender som vist. Det bør forstås at i de fleste tilfeller er de akustiske kildene ikke nødvendige, og apparatet kan passivt detektere den akustiske furen gitt i strømmen 352. Den passive støyen inkluderer støy generert av
- 30 pumper, ventiler, motorer og turbulente blandinger i seg selv.

- Apparatet 308 i henhold til foreliggende oppfinnelse kan være konfigurert og programmert til å måle og å prosessere de detekterte ustabile trykkene $P_1(t) - P_N(t)$ skapt av akustiske bølger som brer seg gjennom blandingen for å bestemme SOS gjennom
- 35 strømmen 352 i røret 304. Et slikt apparat er vist i figur 4 som måler hastigheten til lyd (SOS) av endimensjonale lydbølger som brer seg gjennom blandingen for å bestemme gassvolumandelen i blandingen. Det er kjent at lyd brer seg gjennom forskjellige medier

på forskjellige hastigheter i slike felt som sonar- og radarfelt. Hastigheten til lyden brer seg gjennom røret 304 og blandingen 352 som kan bli bestemt ved å bruke et antall av kjente teknikker, slik som de som er vist i US-patentsøknad nr. 09/344,094 med tittelen "Fluid Parameter Measurement in Pipes Using Acoustic Pressures", levert 25 juni 1999
 5 som nå er US 6,354,147; US-patentsøknad nr. 09/729,994 innlevert 4 desember 2002, nå US 6,609,069, US-patentsøknad nr. 09/997,221, levert 28 november 2001, nå US 6,587,798 og US-patentsøknad nr. 10/007,749, med tittelen "Fluid Parameter Measurement in Pipes Using Acoustic Pressure", levert 7 november 2001, som her er referert til ved referanse.

10

I henhold til en utførelse av foreliggende oppfinnelse vil hastigheten til lyden bre seg gjennom blandingen 352 som ble målt ved passivt å lytte på strømmen med den matrise av ustabile trykksensorer for å bestemme hastigheten med hvilken endimensjonale kompresjonsbølger brer seg gjennom blandingen 352 inneholdt innenfor røret 304. Som vist
 15 i figur 11 er et apparat 308 som er en utførelse i henhold til foreliggende oppfinnelse vist som har en matrise med i det minste tre akustiske trykksensorer 380, 382, 384 plassert på tre steder x_1 , x_2 , x_3 aksielt langs røret 304. Man vil forstå at sensormatrisen kan inkludere mer enn tre trykksensorer som vist med trykksensoren 386 ved stedet x_N .

20

Trykket generert av de akustiske bølgene kan bli målt gjennom trykksensorer 380 –
 20 386. Trykksensorene 380 – 386 gir trykktidsvarierende signaler $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$, $P_N(t)$ på linjene 392, 394, 396, 398 til en signalprosesseringsenhet 400 som har kjent hurtig Fourier-transform- (FFT) logikker 402, 404, 406, 408, respektivt. FFT-logikkene 402 – 408 beregner Fourier-transformen til de tidsbaserte inngangssignalene $P_1(t) - P_N(t)$ og gir komplekse frekvensdomener (eller frekvensbaserte) signaler $P_1(\omega)$, $P_2(\omega)$, $P_3(\omega)$,
 25 $P_N(\omega)$ på linjene 410, 412, 414, 416 som indikerer frekvensinnholdet i inngangssignalene. Istedenfor FFT'er kan enhver annen teknikk for å oppnå frekvensdomenekaraktistikkene av signalene $P_1(t) - P_N(t)$, bli brukt. For eksempel, krysspektraltettheten og effektspektraltettheten kan bli brukt til å forme en frekvensdomeneoverføringsfunksjon (eller frekvensrespons eller -forhold) diskutert nedenfor.

30

Frekvenssignalene $P_1(\omega) - P_N(\omega)$ blir matet til en matriseprosesseringsenhet 418 som gir et signal til linje 420 som indikerer hastigheten av lyden i blandingen a_{mix} , diskutert nedenfor. a_{mix} -signalet blir gitt til en innblandet gassprosesseringsenhet 422, tilsvarende til prosesseringsenheten 378, som konverterer a_{mix} til en prosentvis sammensetning av
 35 en blanding og gir et gassvolumandel- eller %Comp-signal til linje 424 som indikerer dette (som diskutert nedenfor). Dataene fra matrisen med sensorer 380 – 386 kan bli prosessert i ethvert domene, inkludert frekvens/romlig domene, tidsmessig/romlig do-

mene, tidsmessig/bølge-talldomene eller bølge-tall/frekvens- (k - ω) domene. Slik sett vil enhver kjent matriseprosesseringsteknikk i enhver av disse eller andre relaterte domener kunne bli brukt om ønsket, tilsvarende til teknikkene brukt i feltet for SONAR og RADAR.

5

En slik teknikk for å bestemme hastigheten til lyd som brer seg gjennom strømmen 352 er å bruke matriseprosesseringsteknikker som definerer en akustisk fure i k - ω -planet. Helningen til den akustiske furen indikerer hastigheten til lyden som brer seg gjennom strømmen 352, som vil bli beskrevet i større detalj nedenfor. Denne teknikken er tilsvarende til den som er beskrevet i US-patent nr. 6,587,798 levert 28 november 2001 med tittelen "Method and System for Determining The Speed of Sound in a Fluid Within a Conduit", som her er referert til ved referanse. Lydhastigheten (SOS) er bestemt ved å anvende sonarmatriseprosesseringsteknikker for å bestemme hastigheten med hvilken den endimensjonale akustiske bølgen brer seg forbi den aksielle matrisen med ustabile trykkmålinger distribuert langs røret 304. Signalprosessoren utfører en hurtig Fourier-transform (FFT) av de tidsbaserte trykksignalene $P_1(t) - P_N(t)$ for å konvertere trykksignalet til frekvensdomenet. Effekten av frekvensdomenetrykksignalene blir så bestemt og definert i k - ω -planet ved å bruke matriseprosesseringsalgoritmer (slik som Capon- og Music-algoritmer). Den akustiske furen i k - ω -planet, som vist i k - ω -plottet i figur 25, blir så bestemt. Hastigheten til lyden (SOS) blir bestemt ved å måle helningen til den akustiske furen. Gassvolumandelen blir så beregnet eller på annen måte bestemt som beskrevet nedenfor.

Det bør være forstått at strømningsmeteret i henhold til foreliggende oppfinnelse bruker kjente matriseprosesseringsteknikker, i særlig grad minimum-varians, forstyrrelsesløs respons (MVDR, eller Capon-teknikk), for å identifisere trykkfluktuasjoner, som har konveksjon med materialene som strømmer i en ledning og som nøyaktig angir hastigheten, og dermed strømningsraten, til materialet. Disse prosesseringsteknikkene bruker kovariansen mellom flere sensorer på et flertall av frekvenser for å identifisere signaler som oppfører seg i henhold til en gitt antatt modell, for eksempel, i tilfellet av apparatet 308, en modell som representerer trykkvariasjoner som har konveksjon med en konstant hastighet på tvers av trykksensorene innbefattende strømningsmeterets monitoreringshode. For å beregne effekten i k - ω -planet av ett av trykksignalene, beregner prosessoren bølgelengden og det romlige bølgenummeret k , og også den tidsmessige frekvensen og også vinkelfrekvensen ω til forskjellige spektralkomponenter i de akustiske bølgene skapt passivt eller aktivt innenfor røret. Det er utallige algoritmer som er tilgjengelige

35

det offentlige domene for å utføre romlig/tidsmessig dekomponering av matrisen med sensorenheter.

Sensormatrisen kan inkludere mer enn to trykksensorer som vist med trykksensorene 384, 386 på steder x_3 , x_N , respektivt. Matrisen med sensorer i føleinnretningen 364 kan inkludere ethvert antall av trykksensorer 380 – 386 større enn to sensorer, slik som tre, fire, åtte, seksten eller N antall av sensorer mellom to og tjuefire sensorer. Generelt vil nøyaktigheten til målingen forbedres nå antallet av sensorer i matrisen økes. Graden av nøyaktighet gitt av det større antallet av sensorer blir avdekket av økningen av kompleksiteten og tiden for å beregne den ønskede utgangsparameteren i blandingen. Derfor vil antallet av sensorer som blir brukt være avhengig av i det minste graden av nøyaktighet som er ønsket og den ønskede oppdateringsraten av utgangsparameteren gitt av apparatet. Trykksensorene 380 – 386 kan være klemmt på eller generelt være fjernbart montert på røret av enhver utløsbar festeanordning, slik som bolter, skruer og klemmer. Alternativt kan sensorene være permanent festet til, være ført inn eller være integrert (dvs. lagt inn) i røret 304. Innretningen kan inkludere én eller flere akustiske kilder 390 som muliggjør målingen av hastigheten til lyden som brer seg gjennom blandingen 352 for tilfeller at akustiske rolige strømmer. Den akustiske kilden kan være en innretning som banker eller vibrerer på veggen til røret, for eksempel. De akustiske kildene kan være lagt ut på inngangsenden eller utgangsenden av matrisen av sensorer 380 – 386, eller i begge ender som vist. Det bør forstås at i de fleste tilfeller er de akustiske kildene ikke nødvendige, og apparatet kan passivt detektere den akustiske furen gitt i strømmen 352, som vil bli beskrevet i større detalj nedenfor. Den passive støyen inkluderer støy generert av pumper, ventiler, motorer og den turbulente blandingen i seg selv.

Trykket generert av den akustiske trykkforstyrrelsen blir målt gjennom trykksensorer 380 – 386, som gir analoge trykktidsvarierende signaler $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$, $P_N(t)$ til signalprosesseringsenheten 360. Prosesseringsenheten 360 prosesserer trykksignalene for først å gi utgangssignaler som indikerer hastigheten av lyden som brer seg gjennom strømmen 352, og etterfulgt, gir en GVF-måling som svar på trykkforstyrrelsen generert av akustiske bølger som brer seg gjennom strømmen 352, som vil bli beskrevet i større detalj nedenfor. Med referanse igjen til figur 1b vil gass/væskeseparatoren 102 være en gjenstand for produksjonsutstyr brukt til å separere væskekomponenter i en innkommende fluidstrøm 110 fra gasskomponenter. Væske- og gasskomponentene strømmer fra separatoren 102 i separate rør (grener) 112 og 114, der grenen 114 inneholder væskekomponenten og grenen 112 inneholder gasskomponenten. Gassgrenen 112 kan inkludere et gasstrømningsmeter 104, som måler den volumetriske strømningsraten til

en gass som strømmer gjennom den. Tilsvarende vil fluidgrenen 114 kunne inkludere et fluidstrømningsmeter 128 som måler den volumetriske strømningsraten til blandingen 122 som strømmer gjennom fluidgrenen 114. Det bør være forstått at fluidstrømningsmeteret 128 kan være separat fra fluidandelsinnretningen 130 og GVF-innretningen 116, som er tilfellet hvor turbintype-strømningsmetere er brukt, eller fluidstrømningsmetere 132 kan være kombinert med fluidandelsinnretningen 130, som i tilfellet hvor et Coriolis-meter blir brukt, eller med GVF-innretningen 116, som kan være konfigurert til å gi strømningsmåling som beskrevet ovenfor.

- 10 Mens separatoren 102 er vist som en vertikal beholder, kan gass/væskeseparatoren 102 være enhver innretning for separasjon av gass fra en multilfluidblanding. For eksempel, separatoren 102 kan inkludere en sylindrisk eller sfærisk beholder, og kan være enten horisontalt eller vertikalt posisjonert. Videre kan separatoren 102 bruke gravitasjonssegregasjon, sentrifugalseparasjon, syklonseparasjon eller enhver annen kjent måte å oppnå
15 separasjonen, og kan inkludere ett eller flere trinn som opererer i kontinuerlig eller bakgrunnsmodus. I multifasemålingsfremgangsmåte som bruker gass/væskeseparatører, vil netto oljevolumetrisk strømningsrate, Q_{NO} , bli bestemt av produktet av netto volumetrisk strøm, Q , som blir bestemt av fluidstrømningsmeteret og oljefaseandelen i væskgrenen til separatoren, ϕ_O , og kan være gitt av:

20

$$Q_{NO} = Q \cdot \phi_O \quad (\text{lign. 5})$$

- Oljefaseandelen blir bestemt ved å bruke fluidandelsinnretningen. Under antagelsen at ingen gass er tilstede, vil kunnskap om vannandelen unikt bestemme oljeandelen, og
25 kan være gitt av:

$$\phi_O + \phi_W = 1 \quad (\text{lign. 6})$$

- Dersom gass er tilstede vil vannandelen, oljeandelen og gassvolumandelen summere seg
30 til enhet og den direkte 1 : 1-relasjonen mellom vannandelen og oljeandelen er tapt, og kan være gitt av:

$$\phi_O + \phi_W + \phi_G = 1 \quad (\text{lign. 7})$$

- 35 Dersom det er tilstede fri gass vil netto oljeproduksjon være gitt av produktet av oljeandelen av den totale blandingen av olje, vann og gass ganger den totale volumetriske strømningsraten til blandingen. Som tidligere nevnt vil forskjellige typer av fluidandels-

målingsinnretninger anvende forskjellige prinsipper for virkning, som er forskjellig på-
 virket av innblandet gass i blandingen. Mens hver type av fluidandelsinnretning fortset-
 ter å gi en måling under tilstedeværelse av gass, vil tolkningen av deres utgang kunne
 være signifikant påvirket uten spesifikk kunnskap om gassvolumandelen. Feilene i
 5 fluidandelen innført av ugjenkjent innfanget gass, og forskjellige fremgangsmåter for å
 korrigere disse feilene, vil nå bli diskutert for tre forskjellige fluidandelsinnretninger:
 tetthetsbaserte fluidandelsinnretninger, resonante mikrobølgeoscillatorer og mikrobøl-
 geabsorpsjonsinnretninger.

10 Tetthetsbaserte fluidandelsinnretninger, slik som Coriolis-metere, er svært utbredt brukt
 i netto oljemåling og siden disse metrene gir både massestrøm og tetthet er de vel tilpas-
 set for netto oljemålinger. Selv om ytelsen til Coriolis-metere under tilstedeværelse av
 innblandet gass er, generelt, avhengig av dets konstruksjonsparameter, er det antatt at
 Colriolis-metrene som betraktes her gir en nøyaktig blandingsmassestrøm og tetthet for
 15 væsken og lett luftede væsker. Foreliggende oppfinnelse er særlig hensiktsmessig for
 bruk med U-rør Coriolis-metere, som har blitt demonstrert til nøyaktig å rapportere
 massestrøm og tetthet på luftede blandinger. Imidlertid vil det være å forstå at foreligg-
 ende oppfinnelse kan bruke rette rør-Coriolis-metere og andre typer av tetthetsbaserte
 fluidandelsinnretninger.

20

Ved å bruke et Coriolis-meter vil netto oljerate bli bestemt ved først å beregne brutto
 volumetrisk rate fra forholdet av målt massestrømrte og målt tetthet. Ved fravær av fri
 gass vil oljeandelen i olje/vannblandingen være relatert til blandingstettheten gjennom
 kunnskap om den enkelte komponentoljen og vanntettheten, som gitt av:

25

$$\phi_O^* = \frac{\rho_W - \rho_{mixture}}{\rho_W - \rho_O} \quad (\text{lign. 8})$$

Her er stjernen brukt til å definere oljeandelen og vannandelen dedusert fra målingene
 ved å anta at ingen gass er tilstede. Vannandelen er relatert il oljeandelen gjennom an-
 30 tagelsen om at de to komponentene fyller røret:

$$\phi_W^* = 1 - \phi_O^* = \frac{\rho_{mixture} - \rho_O}{\rho_W - \rho_O} \quad (\text{lign. 9})$$

Effekten av fri gass på tetthetsbasert, oljeandelsbestemmelse kan bli vurdert ved å ekspandere interpretasjonen av tettheten til å inkludere en trekomponentblanding av olje, vann og gass. Tettheten til en N-komponentblanding er gitt av et volumetrisk-veiet gjennomsnitt av de individuelle komponentenes tettheter. For olje-, vann- og gassblandinger er blandingstettheten dermed gitt av:

$$\rho_{\text{mixture}} = \phi_O \rho_O + \phi_W \rho_W + \phi_G \rho_G \quad (\text{lign. 10})$$

med

10

$$\phi_O + \phi_W + \phi_G = 1 \quad (\text{lign. 11})$$

der O-, W- og G-indeksene refererer seg til olje, vann og gass, respektivt.

15 Ved å bruke disse definisjonene vil oljeandelen kunne bli vist å være en funksjon av den målte blandingstettheten, ren oljekomponent og vanntettheter, så vel som gassvolumetrisk andel, som gitt av:

$$\phi_O = \frac{\rho_W - \rho_{\text{mixture}} + \phi_G(\rho_W - \rho_G)}{\rho_W - \rho_O} \quad (\text{lign. 12})$$

20

Sammenligning av dette uttrykket for oljeandelen, ϕ_O , med den utledede når det antas bare olje og vann, er tilstede ϕ_O^* , viser hvordan tilstedeværelsen av gass resulterer i en overprediksjon av nettoolje som gitt av:

$$25 \quad \phi_O = \phi_O^* - \phi_G \frac{\rho_W - \rho_G}{\rho_W - \rho_O} \quad (\text{lign. 13})$$

Figur 12 viser feilen i interpretert oljeandel i væskestrømmen på grunn av tilstedeværelsen av relativt små, men ukjente, mengder med innblandet gass i olje/vannstrømmen. Eksemplet betrakter olje med en spesifikk gravitasjon på 0,85 og vann med en spesifikk gravitasjon på 1. Som diskutert her er det antatt at Coriolis-meteret nøyaktig rapporterer blandingstettheten og tetthetene til olje-, vann- og gassfaser som er kjent. Som vist i figur 12 vil tilstedeværelsen av den frie gassen ha en signifikant påvirkning på den tolkede oljeandelen i væskestrømmen, og dermed netto olje. Selv om fremdeles på en signifikant lavere vannandel vil påvirkningen av innblandet gass dominere målingen ved

30

høye vannandeler. Som vist vil 1% innblandet gass resultere i tilnærmet 2X overrapportering av netto olje ved 90% vannandel. Disse feilene blir fjernet dersom den frie gassen blir nøyaktig målt og tatt hensyn til når det beregnes oljeandel.

- 5 Ved å bruke relasjonen diskutert ovenfor, vil følgende korreksjonsfaktor kunne bli summert direkte med utgangen av fluidandelsmeteret (figur 1b og figur 9) for å gi en mer nøyaktig bestemmelse av oljeandelen under tilstedeværelse av fri gass:

$$-\phi_G \frac{\rho_W - \rho_G}{\rho_W - \rho_O} \quad (\text{lign. 14})$$

10

Denne korreksjonsfaktoren kan bli anvendt av signalprosessen 120 i figur 1b med følgende ligning:

$$\Phi_{\text{compensated}} = \Phi_{\text{liquid}} - \phi_G \frac{\rho_{\text{liquid2}} - \rho_G}{\rho_{\text{liquid2}} - \rho_{\text{liquid}}} \quad (\text{lign. 15})$$

15

- der $\Phi_{\text{compensated}}$ er den kompensert fluidandelen i den første væsken, Φ_{liquid1} fluidandelen til væsken gitt av fluidandelsmålingsinnretningen 120, Φ_G er konsentrasjonen av gassen gitt av GVF-målingsinnretningen 116, ρ_{liquid1} er en tetthet av den første væsken, ρ_{liquid2} er en tetthet av en andre væske i blandingen, og ρ_G er en tetthet av gassen. Konstantene ρ_{liquid1} og ρ_{liquid2} er felles for de som er krevet for grunnlinjekalibreringen av Coriolis-meteret. Konstanten ρ_G kan være estimert.
- 20

- Det bør være forstått at resonant mikrobølgeoscillatorer utjevner forskjellen i relativ permittivitet mellom olje og vann for å bestemme vannandelen, hvor den relative permittiviteten til et medium, ϵ_i , kan bli sett på som et mål på hastighet med hvilken mikrobølger brer seg gjennom et gitt medium V_i , som sammenlignet med hastigheten til mikrobølger i et vakuum, c , som kan være gitt av:
- 25

$$V_i = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_i}} \quad (\text{lign. 16})$$

30

Dermed ville hastigheten til utbredelsen av mikrobølger avta i mediet med økende permittivitet. For multikomponentblandinger vil den gjennomsnittlige utbredelseshastigheten være en volumetrisk veid funksjon av utbredelseshastighetene til komponentene og kan være gitt av :

$$V_i = \frac{1}{\sum \frac{\phi_i}{V_i}} = \frac{c}{\sum \phi_i \sqrt{\epsilon_i}} \quad (\text{lign. 17})$$

Vann har typisk en relativ permittivitet på 68 – 80, der råolje typisk er i området 2,2 til 2,6. Siden vannfasen har den største relative permittiviteten, vil mikrobølgeutbredelses-
5 hastigheten minke med økende vannandel.

For et resonanshulrom med en fast geometri vil resonansfrekvensen være proporsjonal med hastigheten til utbredelsen av mikrobølger på innsiden av hulrommet. Dermed, for et hulrom fylt med en blanding av olje og vann, vil økning i vannandel minke utbredel-
10 seshastigheten og på sin side minke resonansfrekvensen. Dermed vil frekvensen til resonansmikrobølgehulrommet med en gang det er kalibrert, være et mål på hastigheten til utbredelsen og dermed den relative permittiviteten til blandingen på innsiden av hulrommet, ϵ_{mix} . Oljeandelen til olje/vannblandingen er relatert til den målte permittiviteten og permittiviteten til vann- og oljekomponentene ved:

$$\phi_O^* = \frac{\sqrt{\epsilon_W} - \sqrt{\epsilon_{\text{mixture}}}}{\sqrt{\epsilon_W} - \sqrt{\epsilon_O}} \quad (\text{lign. 18})$$

Igjen, under antagelsen av ingen gass, er det en direkte relasjon mellom den tolkede oljeandelen og vannandelen og kan være gitt av:

$$\phi_W^* = 1 - \phi_O^* = \frac{\sqrt{\epsilon_{\text{mixture}}} - \sqrt{\epsilon_O}}{\sqrt{\epsilon_W} - \sqrt{\epsilon_O}} \quad (\text{lign. 19})$$

Tilsvarende til den tetthetsbaserte vannandeleninnretningen, vil resonansmikrobølgeoscil-
lаторer fortsette å operere under tilstedeværelse av gass, hvor deres mulighet til uavhen-
25 gig å bestemme vannandelen minker. Effekten av gass kan bli innarbeidet ved å tillate tilstedeværelsen av en tredje komponent i analysen. Gass har en relativ permittivitet på ~ 1 og slik sett vil fri gass opptre på tilsvarende måte som olje, og resulterer i at resonansmikrobølgeoscillatoren overrapporterer den faktiske oljeandelen. Ved å bruke relasjonene ovenfor, vil relasjonen mellom faktisk oljeandel Φ_O og den tolkede antagelsen
30 om ingen gass Φ_O^* kunne være gitt av:

$$\phi_O = \phi_O^* - \phi_G \frac{\sqrt{\epsilon_W} - \sqrt{\epsilon_G}}{\sqrt{\epsilon_W} - \sqrt{\epsilon_O}} \quad (\text{lign. 20})$$

Figur 13 viser feilen i tolket netto oljeandel som vil være påført av en resonans mikrobølgeoscillator på grunn av tilstedeværelsen av en liten, men ukjent, mengde gass. Den relative permittiviteten til vann-, olje- og gassfasene er antatt å være 66, 2,2 og 1
 5 respektivt, i dette eksemplet. Feilen er beregnet ved å bruke ligningene utviklet ovenfor. Den predikerte feilen, som funksjon av vannandelen og gassvolumandel, er bredt konsistent med de som er gitt i litteraturen. Selv om resonansmikrobølgeoscillatorene typisk er mindre følsomme for fri luft enn tetthetsbaserte innretninger, vil effekten på netto olje kunne være signifikant, der den største proporsjonale feilen skyldes ugjenkjent fri gass
 10 som opptrer på de høyeste vannandelene. Disse feilene er fjernet dersom den frie gassen nøyaktig blir målt og tatt hensyn til når det beregnes oljeandel.

Ved å bruke relasjonene diskutert ovenfor vil følgende korreksjonsfaktor kunne bli summert direkte ved utgangen fra fluidandelsmeteret (figur 1b og figur 9) for å gi en mer
 15 nøyaktig bestemmelse av oljeandelen under tilstedeværelse av fri gass.

$$-\phi_G \frac{\sqrt{\epsilon_W} - \sqrt{\epsilon_G}}{\sqrt{\epsilon_W} - \sqrt{\epsilon_O}} \quad (\text{lign. 21})$$

Korreksjonsfaktoren kan bli anvendt av signalprosessen 120 i figur 1b som ligningen:
 20

$$\Phi_{\text{compensated}} = \Phi_{\text{liquid1}} - \phi_G \frac{\sqrt{\epsilon_{\text{liquid2}}} - \sqrt{\epsilon_G}}{\sqrt{\epsilon_{\text{liquid2}}} - \sqrt{\epsilon_{\text{liquid1}}}} \quad (\text{lign. 22})$$

hvor $\Phi_{\text{compensated}}$ er den kompenserte fluidandelen til væsken, Φ_{liquid1} er fluidandelen til væsken gitt av fluidandelsinnretningen 130, Φ_G er konsentrasjonen av gassen gitt av
 25 GVF-innretningen 116, $\epsilon_{\text{liquid1}}$ er en permittivitet til den første væsken, $\epsilon_{\text{liquid2}}$ er en permittivitet til en andre væske i blandingen, og ϵ_G er en permittivitet til gassen. Konstantene $\epsilon_{\text{liquid1}}$ og $\epsilon_{\text{liquid2}}$ er felles med de som er krevet for grunnlinjekalibrering av resonansmikrobølgeoscillasjonsinnretningen. Konstanten ϵ_G kan være estimert.

30 Den tredje typen av fluidandelsinnretning som blir betraktet er mikrobølgeabsorpsjonsfluidandelsinnretning. Vannmolekyler absorberer effektivt mørkebølgeenergi, mens hydrokarboner typisk ikke gjør det. Dermed vil mengden av mikrobølgeenergi absorbert av et gitt volum av en blanding av hydrokarboner og vann primært være bestemt av

vannandelen av blandingen. Dermed vil vannandelen kunne være bestemt med en kalibrert måling av mikrobølgeabsorpsjon, α som følgende:

$$\phi_w^* = F(\alpha) \quad (\text{lign. 23})$$

5

Igjen antas det at ingen gass er tilstede og oljeandelen kan bli bestemt direkte fra vannandelen som:

$$\phi_o^* = 1 - \phi_w^* = F(\alpha) \quad (\text{lign. 24})$$

10

Fra et mikrobølgeabsorpsjonsperspektiv vil gass og råolje begge være ikke-absorberende komponenter. Derfor vil en mikrobølgeabsorpsjonsinnretning fortsette å nøyaktig rapportere vannandel (dvs. vannandelen) i en olje/vannblanding med en liten, men ukjent mengde gass. Imidlertid, selv om vannandelen er rapportert nøyaktig vil tilstedeværelsen av gass fremdeles kunne resultere i signifikant overrapportering av netto oljeandel som kan være gitt av:

15

$$\phi_o = 1 - \phi_w - \phi_g = 1 - F(\alpha) - \phi_g = \phi_o^* - \phi_g \quad (\text{lign. 25})$$

20

For eksempel, betrakt en ikke-luftet blanding med 90% vann, 10% olje som strømmer. En korrekt kalibrert mikrobølgeinnretning vil nøyaktig rapportere 90% vannandel. Dermed som den samme væskeblanding så blir luftet med 10% innblandet gass vil den resulterende blandingen så være konsistent med 81% vann, 9% olje og 10% gass i volum. En mikrobølgeabsorpsjonsinnretning vil så nøyaktig rapportere en vannandel på 81%.

25

Imidlertid, uten kunnskap om mengden av gass som er tilstede vil det så konkluderes med at blandingen var 19% olje, som resulterer i nærmest en 2X overrapportering av oljeandelen i strømmen. Figur 14 viser feilene i oljeandel som gitt ved å bruke en absorpsjonsbasert mikrobølgeinnretning på grunn av ugjenkjent tilstedeværelse av gass som en funksjon av gassvolumandel for en rekke av vannandeler. Disse feilene blir fjernet dersom den frie gassen er nøyaktig målt og tatt hensyn til når det beregnes oljeandel. Ved å bruke relasjonen diskutert ovenfor vil følgende korreksjonsfaktor kunne bli summert direkte med utgangen fra fluidandelsmeteret (figur 1b og figur 9) for å gi en mer nøyaktig bestemmelse av oljeandelen under tilstedeværelse av fri gass.

30

35

$$-\phi_g \quad (\text{lign. 26})$$

Denne korreksjonsfaktoren kan bli anvendt av signalprosessen i figur 1b som ligning:

$$\Phi_{\text{compensated}} = \Phi_{\text{liquid1}} - \Phi_G \quad (\text{lign. 27})$$

5 hvor: $\Phi_{\text{compensated}}$ er den kompenserte fluidandelen i den første væsken, Φ_{liquid1} er fluidandelen i væsken gitt av fluidandelsinnretningen 9, og Φ_G er konsentrasjonen av gassen gitt av GVF-innretningen 10. For å illustrere diskusjonen ovenfor vil følgende eksempel være gitt.

10 Som beskrevet i det felleseide US-patent nr. 6,609,069 av Gysling, med tittelen "Method and Apparatus for Determining the Flow Velocity Within a Pipe", som her er referert til vil ustabile trykk langs et rør forårsaket av koherente strukturer (dvs. turbulente evjer og virvlende forstyrrelser) som har konveksjon med en fluid (dvs. gasstrøm 302) som strømmer i røret 304, inneholde brukbar informasjon med hensyn til parametre for fluidet.

15 Med referanse til figur 15 er et eksempel på strømningslogikk 322 vist. Som tidligere beskrevet vil matrisen 314 med i det minste to sensorer 316 plassert på to steder x_1 , x_2 aksielt langs røret 304 følge respektive stokastiske signaler som brer seg mellom sensorene 316 innenfor røret 304 på deres respektive steder. Hver sensor 316 gir et signal som indikerer et ustabil trykk på stedet for hver sensor 316, i hver instans en serie av samplinginstanser. Det bør forstås at denne matrisen 314 kan inkludere mer enn to sensorer 316 distribuert på steder $x_1, \dots, x_N$. Trykk generert av de konvekktive trykkforstyrrelser (dvs. evjer 500, se figur 16) kan bli målt gjennom stressbaserte sensorer 316 og/eller trykksensorer 316. Sensorene 316 gir analoge trykktidsvarierende signaler $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t), \dots, P_N(t)$ til signalprosessen 318 som på sin side anvender én av de valgte signalene $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t), \dots, P_N(t)$ i strømningslogikken 322.

30 Strømningslogikken 322 prosesserer de valgte signalene $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t), \dots, P_N(t)$ for først å gi utgangssignaler (parametre) 502 som indikerer trykkforstyrrelsene som har konveksjon med fluidet (prosesstrøm) 302 og etterfulgt, å gi utgangssignaler (parametre) 502 som svar på trykkforstyrrelser generert av konveksjonsbølger som brer seg gjennom fluidet 302, slik som hastighet, Mach-tall og volumetrisk strømningsrate i prosesstrømmen 302. Signalprosessen 318 inkluderer data-akvisisjonsenhet 504 (dvs. A/D-konverterer) som konverterer de analoge signalene $P_1(t), \dots, P_N(t)$ til respektive digitale signaler og gir valgte av de digitale signalene $P_1(t), \dots, P_N(t)$ til FFT-logikk 506. FFT-logikken 506 beregner Fourier-transformen til de digitaliserte tidsbaserte inngangssignalene $P_1(t), \dots, P_N(t)$ og gir kompleks frekvensdomene (eller frekvensbaserte) signa-

ler $P_1(\omega)$, $P_2(\omega)$, $P_3(\omega)$... $P_N(\omega)$ som indikerer frekvensinnholdet i inngangssignalene. Istedenfor FFT'er kan enhver annen teknikk for å finne frekvensdomenekarakteristikene av signalene $P_1(t)$ - $P_N(t)$ kunne bli brukt. For eksempel, krysspektraltetthet og effektspektraltetthet kan bli brukt til å forme en frekvensdomeneoverføringsfunksjon
 5 (eller frekvensrespons eller -forhold) som diskutert nedenfor.

En teknikk for å bestemme konveksjonshastigheten til de turbulente evjene 500 innenfor prosessstrømmen 302, er ved å karakterisere en konvektiv fure i de resulterende ustabile trykk ved å bruke en matrise med sensorer eller andre stråleformene teknikker, tilsvarende til de som er beskrevet i US-patentsøknad nr. (Cidra dokument nr. CC-0122A) og
 10 US-patentsøknad nr. 09/729,994 (Cidra dokument nr. CC-0297), levert 4 desember 200, nå US 6,609,069, som her er referert til ved referanse.

En data-akkumulator 508 akkumulerer frekvenssignalene $P_1(\omega)$ - $P_N(\omega)$ over et samplingsintervall og gir dataene til en matriseprosessor 510 som utfører en romlig-tidsmessig (todimensjonal) transformasjon av sensordataene, fra xt -domenet til $k\omega$ -domenet, og så beregnes effekten i $k\omega$ -planet, som representert i et $k\omega$ -plott. Matriseprosessoren 510 bruker standard såkalt stråleforming, matriseprosessering, eller adaptive matriseprosesseringsalgoritmer, dvs. algoritmer for å prosessere sensorsignalene ved å bruke forskjellige forsinkelser og veiinger for å skape passende faserelasjoner mellom signalene
 20 gitt av de forskjellige sensorene, for derved å skape faseantennematrixefunksjonalitet. Med andre ord, stråleforming eller matriseprosesseringsalgoritmer transformerer tidsdomenesignalene fra sensormatrisen til deres romlige og tidsmessige frekvenskomponenter (dvs. til et sett av bølgetall gitt av $k = 2\pi/\lambda$, hvor λ er bølgelengden til en spektral-
 25 komponent, og tilsvarende vinkelfrekvenser gitt av $\omega = 2\pi/\nu$.

Kjent teknikk lærer bort mange algoritmer for bruk i romlig og tidsmessig dekomponering av et signal fra en fasematrikse med sensorer, og foreliggende oppfinnelse er ikke begrenset til enhver bestemt algoritme. En særlig adaptiv matriseprosesseringsalgoritme
 30 er Capon-fremgangsmåten/algoritmen. Mens Capon-fremgangsmåten er beskrevet som én fremgangsmåte, innbefatter foreliggende oppfinnelse bruken av andre adaptive matriseprosesseringsalgoritmer, slik som MUSIC-algoritmen. Foreliggende oppfinnelse forstår at slike teknikker kan bli brukt for å bestemme strømningsrate, dvs. at signalene forårsaker av en stokastisk parameter som konveksjon med en strøm er tidsstasjonær og
 35 har en koherenslengde som er lang nok til praktisk å lokalisere sensorenheten fra hver av de andre og fremdeles være innenfor koherenslengden. Konvekative karakteristikk

eller parametrene har en dispersjonsrelasjon som kan være tilnærmet av den rette linjeligningen:

$$K = \omega/u \quad (\text{lign. 28})$$

5

hvor u er konveksjonshastigheten (fluidhastighet). Et plott over k - ω -par funnet fra en spektralanalyse av sensorsamples assosiert med konvektive parametre, gir at energien av forstyrrelsen spektralt samsvarer med parene som kan være beskrevet som en vesentlig rett fure, en fure som i turbulent grenselagteori er kalt en konvektiv fure. Det som
 10 blir følt er ikke diskrete hendelser i turbulente evjer, men heller et kontinuum av overlappende hendelser som danner en tidsmessig stasjonær, vesentlig hvit prosess over frekvensområdet av interesse. Med andre ord, de konvektive evjene 500 er distribuert over en rekkevidde av lang skala og dermed tidsmessige frekvenser.

15 For å beregne effekten i k - ω -planet, som representert av et k - ω -plott (se figur 17) for ett av signalene, bestemmer matriseprosessoren 510 bølgelengden og bølgetallet k (romlig) og også (tidsmessig) frekvens og så vinkelfrekvens ω for forskjellige spektralkomponenter til de stokastiske parametrene. Det er utallige algoritmer tilgjengelig i det offentlige domenet for å utføre romlig/tidsmessig dekomposisjon av matriser med sensorer
 20 316.

Foreliggende oppfinnelse kan bruke tidsmessig og romlig filtrering for å forhåndsbe-
 tingene signalene for effektivt å filtrere ut fellesmoduskarakteristikk $P_{\text{common mode}}$ og
 andre lange bølgelengder (sammenlignet med sensoravstanden) karakteristikk i røret
 25 304 ved forskjellige tilstøtende sensorer 316 og for å beholde en vesentlig andel av de
 stokastiske parametrene assosiert med strømningsfeltet og enhver annen kort bøl-
 lengde (sammenlignet med sensoravstanden) lavfrekvent stokastisk parameter. I tilfellet
 av passende turbulent evjer 500 (se figur 16) som er tilstede, vil effekten i k - ω -planet
 vist i et k - ω -plott i figur 17 vise en konvektiv fure 550. Den konvektive furen 550 repre-
 30 senterer konsentrasjonen av stokastisk parameter som har konveksjon med strømmen og
 er en matematisk manifestasjon av relasjonen mellom den romlige variasjonen og tids-
 messige variasjonen beskrevet ovenfor. Et slikt plott vil indikere en tendens for k - ω -par
 å opptre mer eller mindre langs en linje 550 med en viss helning, hvor helningen indike-
 rer strømningshastigheten.

35

Med en gang effekten i k - ω -planet er bestemt vil en konvektiv fureidentifikator 512
 bruke én eller annen egenskapsuttrekningsfremgangsmåte for å bestemme stedet og ori-

enteringen (helning) av enhver konvektiv fure 550 tilstede i k - ω -planet. I én utførelse vil en såkalt skråningsstablefremgangsmåte bli brukt, en fremgangsmåte hvor den akkumulerte frekvensen i k - ω -par i k - ω -plottet langs forskjellige stråler som stammer fra starten bli sammenlignet, hver forskjellig stråle er assosiert med en forskjellig forsøkskonveksjonshastighet (ved at helningen til en stråle er antatt å være strømningshastigheten eller være korrelert med strømningshastigheten på en kjent måte). Den konvekative fureidentifikatoren 512 gir informasjon om forskjellige forsøkskonveksjonshastigheter, informasjon referert til generelt som konvektiv fureinformasjon. Analysereren 514 undersøker den konvekative fureinformasjon inkludert den konvekative fureorienteringen (helning) og antar den rette linjedispersjonsrelasjonen gitt av $k=\omega/u$, analysereren 514 bestemmer strømningshastigheten, Mach-tallet og/eller volumetrisk strømming, som er sendt ut som parametere 502. Den volumetriske strømmen er bestemt av å multiplisere tverrsnittsarealet av innsiden av røret med hastigheten til prosesstrømmen. Det bør være forstått at noen eller alle av funksjonene innenfor strømningslogikken 322 kan være implementert i programvare (ved å bruke en mikroprosessor eller datamaskin) og/eller firmware, eller kan være implementert ved å bruke analog og/eller digital hardware, ved å bruke tilstrekkelig hukommelse, grensesnitt og kapasitet for å utføre funksjonene beskrevet her.

Med referanse til figur 24 er et annet eksempel på strømningslogikk 322 vist. Mens eksemplene i figur 15 og figur 18 er vist separat er det å forstå at strømningslogikken 322 kan utføre alle funksjonene beskrevet med referanse til figur 15 og figur 18. Som tidligere beskrevet vil matrisen 314 med i det minste to sensorer 316 plassert på i det minste to steder x_1 , x_2 aksielt langs røret 304 føle respektive stokastiske signaler som brer seg mellom sensorene innenfor røret på deres respektive steder. Hver sensor 316 gir et signal som indikerer et ustabilt trykk på stedet for hver sensor 316, i hver instans i en serie av samplinginstanser. Det bør forstås at sensormatrisen 314 kan inkludere mer enn to trykksensorer 316 distribuert på steder $x_1 \dots x_N$. Trykket generert av de akustiske trykkforstyrrelsene (dvs. akustiske bølger 552, se figur 16) kan bli målt gjennom stressbaserne sensorer og/eller trykksensorer. Sensorene 316 gir analoge trykktidsvarierende signaler $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t) \dots P_N(t)$ til strømningslogikken 322. Strømningslogikken 322 prosesserer signalene $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t) \dots P_N(t)$ fra valgte av sensorene 316 for først å gi utgangssignaler som indikerer hastigheten til lyden som brer seg gjennom fluidet (prosesstrøm) 302, og etterfulgt, å gi utgangssignalet som svar på trykkforstyrrelser generert av akustiske bølger som brer seg gjennom prosesstrømmen 302, slik som hastighet, Mach-tall og volumetrisk strømningsrate i prosesstrømmen 302.

Signalprosessoren 318 mottar trykksignalene fra matrisen 314 med sensorer 316 og en data-akvisisjonsenhet 516 digitaliserer valgte trykksignaler $P_1(t), \dots, P_N(t)$ assosiert med den akustiske bølgen 552 som brer seg gjennom røret 304. Tilsvarende vil FFT-logikken 506 i figur 15 beregnet via en FFT-logikk 562 Fourier-transformen av de valgte digitaliserte tidsbaserte inngangssignalene $P_1(t), \dots, P_N(t)$ og gir kompleks frekvensdomene- (eller frekvensbaserte) signaler $P_1(\omega), P_2(\omega), P_3(\omega), \dots, P_N(\omega)$ som indikerer frekvensinnholdet i inngangssignalene. En dataakkumulator 564 akkumulerer frekvenssignalene $P_1(\omega), \dots, P_N(\omega)$ over et samplingsintervall, og gir dataene til en matriseprosessor 566, som utfører en romlig-tidsmessig (todimensjonal) transformasjon av sensordataene, fra xt -domenet til $k\text{-}\omega$ -domenet, og så beregnes effekten i $k\text{-}\omega$ -planet som representert i et $k\text{-}\omega$ -plott.

For å beregne effekten i $k\text{-}\omega$ -planet, som representert av et $k\text{-}\omega$ -plott (se figur 19) for ett av signalene eller det differensierte signalet, bestemmer matriseprosessoren 566 bølglengden og så bølgetallet k (romlig), og også (tidsmessig) frekvens og så vinkelfrekvens ω , for forskjellige spektrale komponenter for de stokastiske parametrene. Det er utallige algoritmer tilgjengelig i det offentlige domenet for å utføre den romlige/tidsmessige dekomposisjonen av matriser med sensorenhet 316. I tilfellet av passende akustiske bølger 552 som er tilstede i begge aksiale retninger, vil effekten i $k\text{-}\omega$ -planet vist i et $k\text{-}\omega$ -plott i figur 19 så bli bestemt utvise en struktur som er kalt en akustiske fure 600, 602 i både det venstre og høyre planet i plottet, hvor én av de akustiske furene 600 indikerer hastigheten til lyden som beveger seg i én akseretning, og den andre akustiske furen 602 indikerer hastigheten til lyden som beveger seg i den andre akseretningen. De akustiske furene 600, 602 representerer konstellasjonen av en stokastisk parameter som brer seg gjennom strømmen og er en matematisk manifestasjon av relasjonen mellom den romlige variasjonen og tidsmessige variasjonen beskrevet ovenfor. Et slikt plott vil indikere en tendens for $k\text{-}\omega$ -par og opptre mer eller mindre langs en linje 600, 602 med en viss helning, der helningen indikerer hastigheten til lyden. Effekten i $k\text{-}\omega$ -planet som så er bestemt er så gitt til en akustisk fureidentifikator 568, som bruker en eller annen egenskapsuttrekningsfremgangsmåte for å bestemme stedet og orienteringen (helningen) til enhver akustisk fure tilstede i det venstre og høyre $k\text{-}\omega$ -planet. Hastigheten kan bli bestemt ved å bruke helningen til én av de to akustiske furene 600, 602 eller ved å ta gjennomsnittet av helningene i de akustiske furene 600, 602.

Til slutt vil informasjon som inkluderer den akustiske fureorienteringen (helningen) bli brukt av en analyserer 570 for å bestemme strømningsparametrene relatert til målehastigheten til lyd, slik som konsistens/komposisjon av strømmen, tettheten i strømmen,

gjennomsnittlig størrelse av partikler i strømmen, luft/masseforhold i strømmen, gassvolumandel i strømmen, hastigheten til lyd som brer seg gjennom strømmen og/eller prosentvis andel av innblandet luft innenfor strømmen. Tilsvarende til matriseprosessor 510 i figur 15, bruker matriseprosessoren 566 standard såkalt stråleformingsmatriseprosessering, eller adaptiv matriseprosesseringsalgoritme, dvs. algoritmer for å prosessere sensorsignalene ved å bruke forskjellige forsinkelser og veiinger for å skape passende fase-
 5 relasjoner mellom signalene gitt av de forskjellige sensorene, for derved å opprette faseantennematrixefunksjonalitet. Med andre ord, stråleforming eller matriseprosesseringsalgoritmer transformerer tidsdomenesignalene fra sensormatrisen til deres romlige og
 10 tidsmessige frekvenskomponenter, dvs. til et sett av bølgetall gitt av $k = 2\pi/\lambda$ hvor λ er bølgelengden til en spektral komponent, og tilsvarende vinkelfrekvens gitt av $\omega = 2\pi\nu$.

En slik teknikk for å bestemme hastigheten til lyd som brer seg gjennom prosesstrømmen 302 er å bruke matriseprosesseringsteknikker som definerer en akustisk fure i k - ω -
 15 planet som vist i figur 19. Helningen til den akustiske furen indikerer hastigheten til lyden som brer seg gjennom prosesstrømmen 302, hvor hastigheten til lyden (SOS) er bestemt av å anvende sonarmatriseprosesseringsteknikker for å bestemme hastigheten med hvilken den endimensjonale akustiske bølger brer seg forbi den aksiale matrisen av ustabile trykkmålinger distribuert langs røret 304. Strømningslogikken 322 i henhold til
 20 foreliggende utførelse måler hastigheten til lyden (SOS) til endimensjonale lydbølger som brer seg gjennom prosesstrømmen 302 for å bestemme gassvolumandelen av prosesstrømmen 302. Det er kjent at lyd brer seg gjennom forskjellige medier med forskjellige hastigheter i slike felt som sonar- og radarfelt. Hastigheten til lyd brer seg gjennom 304 og prosesstrømmen 302 kan bli bestemt ved å bruke et antall kjente teknikker, slik
 25 som de som er satt frem i US-patentsøknad nr. 09/344,094, levert 25 juni 1999, nå US 6,354,147, US-patentsøknad nr. 10/795,111, levert 4 mars 2004, US-patentsøknad nr. 09/997,221, levert 28 november 2001, nå US 6,587,798, US-patentsøknad nr. 10/007,749, levert 7 november 2001 og US-patentsøknad nr. 10/762,410, levert 21 januar 2004, som her hver er referert til ved referanse. Det bør være forstått at mens sonarbaserte strømningsmetere bruker en matrise med sensorer for å måle hastigheten av
 30 lyd med en akustisk bølge som brer seg gjennom blandingen er kjent og beskrevet, vil en forstå at enhver anordning for å måle hastigheten til lyden med akustisk bølge kan bli brukt for å bestemme innblandet gassvolumandel i blandingen/fluidet eller andre karakteristikker av strømmen beskrevet foran.

35

Analysereeren 570 i strømningslogikken 322 gir utgangsparemetere 502 som indikerer karakteristikkene til prosesstrømmen 302 som er relatert til den målte hastigheten av ly-

den (SOS) som brer seg gjennom prosessstrømmen 302. For eksempel, for å bestemme gassvolumandelen (eller faseandelen), antar analysereren 570 en nærmest isotermisk betingelse for prosessstrømmen 302. Slik sett vil gassvolumandelen eller den tomme andelen være relatert til hastigheten av lyd gjennom følgende kvadratiske ligning:

5

$$Ax^2 + Bx + C = 0 \quad (\text{lign. 29})$$

hvor x er hastigheten til lyden, $A = 1 + rg/rl \cdot (K_{\text{eff}}/P - 1) - K_{\text{eff}}/P$, $B = K_{\text{eff}}/2 + rg/rl$,
 $C = 1 - K_{\text{eff}}/rl \cdot a_{\text{meas}}^2$; Rg = gasstetthet, rl = væsketetthet, K_{eff} = effektiv K (modul av
 10 væske og rørvegg), P = trykk og a_{meas} = målt hastighet av lyd. Effektivt vil

$$\text{Gassvolumandel (GVF)} = (-B + \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}) / (2 \cdot A).$$

Alternativt vil lydhastighet i en blanding kunne være relatert til volumetrisk faseandel
 15 (ϕ_i) til komponentene og lydhastigheten (a) og tettheten (ρ) til komponentene gjennom Wood-ligningen:

$$\frac{1}{\rho_{\text{mix}} a_{\text{mix}\infty}} = \sum_{i=1}^N \frac{\phi_i}{\rho_i a_i^2}, \text{ der } \rho_{\text{mix}} = \sum_{i=1}^N \rho_i \phi_i \quad (\text{lign. 30})$$

20 Endimensjonale trykkbølger brer seg innenfor en prosessstrøm 302 inneholdt i et rør 304 utviser ustabile interne trykkelastninger på røret. Dermed vil graden med hvilken røret forskyves være et resultat av utstadige trykkelastninger som påvirker hastigheten til utledelsen av kompresjonsbølgen. Relasjonen blant det uendelige domenet for hastighet til lyd og tettheten til en blanding, den elastiske modulen (E), tykkelsen (t) og radius (R) til
 25 en vakuumbakket sylindrisk leder, og den effektive utbredelseshastigheten (a_{eff}) for endimensjonal kompresjon er gitt av følgende uttrykk:

$$a_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{a_{\text{mix}\infty}^2} + \rho_{\text{mix}} \frac{2R}{Et}}} \quad (\text{lign. 31})$$

30 Blandingsregelen uttaler vesentlig at sammentrykklbarheten av en prosessstrøm ($1/(\phi a^2)$) er volumetrisk veiet gjennomsnitt av sammentrykklbarheten til komponentene. For en prosessstrøm 302 som består av en gass/væskeblanding med trykk og temperatur typisk på papir- og masseindustristandard, har sammentrykklbarhet av gassfase i størrelsesorden av størrelser større enn det til væsken. Dermed vil sammentrykklbarheten til gass-

fasen og tettheten til væskefasen primært bestemme blandingens lydhastighet og slik sett er det nødvendig å ha et godt estimat av prosessstrykket for å tolke blandingens lydhastighet uttrykt i volumetrisk andel av innfanget gass. Effekten av prosessstrykket på relasjonen mellom lydhastigheten og innblandet luftvolumandel er vist i figur 13.

5

Som beskrevet her før vil strømningslogikken 322 i henhold til foreliggende utførelse inkludere muligheten til nøyaktig å bestemme gjennomsnittlig partikkelstørrelse til en partikkel/luft- eller dråpe/luftblanding innenfor røret 304 og luft-til-partikkelforholdet. Gitt at det ikke er noen oppfattbar slipp mellom luften og faste kullpartikler, vil utbredelsen av endimensjonale lydbølger gjennom multifaseblandingen være påvirket av den effektive massen og den effektive sammentrykkbarheten til blandingen. For et lufttransportsystem vil graden med hvilken ingen slippantagelse gjelder være en sterk funksjon over partikkelstørrelse og frekvens. I grensen av små partikler og lave frekvenser, vil ingen slippbetingelse være gyldig. Siden størrelsen til partiklene øker og frekvensen av lydbølgen øker vil ikke-slippantagelsen bli mindre økende gyldig. For en gitt gjennomsnittlig partikkelstørrelse vil økningen i slipp med frekvens forårsake dispersjon, eller med andre ord, lydhastigheten i blandingen forandrer seg med frekvensen. Med passende kalibrering av den dispersive karakteristikken til en prosessstrøm 302, vil dette gi en måling av den gjennomsnittlige partikkelstørrelsen såvel som luft-til-partikkelforholdet (partikkel/fluidforhold) i prosessstrømmen 302.

I henhold til foreliggende oppfinnelse vil den dispersive naturen til systemet bruke en første prinsippmodell for interaksjonen mellom luft og partikler. Denne modellen er sett på som å være representativ for en klasse med modeller som søker å ta hensyn til dispersive effekter. Andre modeller kan bli brukt for å ta hensyn til dispersive effekter uten å forandre hensikten med denne beskrivelsen (for eksempel se artikkelen med tittelen "Viscous Attenuation of Acoustic Waves in Suspensions" av R.L. Gibson, Jr. og M.N. Toksöz), som her er referert til ved referanse. Modellen tillater slipp mellom lokalhastigheten til kontinuerlige fluidfaser og den til partiklene.

30

Følgende relasjon kan bli utledet for dispersiv oppførsel for en idealisert fluid partikkelblanding:

$$a_{mix}(\omega) = a_f \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{\varphi_P \rho_P}{\rho_f \left(1 + \omega^2 \frac{\rho_P^2 \nu_P^2}{K^2} \right)}}} \quad (\text{lign. 32})$$

For relasjonen ovenfor er fluid SOS, tetthet (ρ) og viskositet (ϕ) være de som gjelder for ren fasefluid, v_p er volumet til individuelle partikler og ϕ_p er den volumetriske faseandelen av partiklene i blandingen.

- 5 Det bør være forstått at noen eller alle funksjoner innenfor strømningslogikken 36 kan være implementert i programvare (ved å bruke en mikroprosessor eller datamaskin) og/eller firmware, eller kan være implementert ved å bruke analog og/eller digital hardware, som har tilstrekkelig hukommelse, grensesnitt og kapasitet til å utføre funksjonene beskrevet her. Videre, mens figur 15 og figur 18 viser to forskjellige utførelser av
- 10 strømningslogikken 322 for å måle forskjellige parametere i strømningsprosessen, innebatter foreliggende oppfinnelse at funksjonene til disse to utførelsene kan bli utført av en enkel strømningslogikk 322. I tillegg vil apparatet i henhold til foreliggende oppfinnelse gi en konfigurerbar matrise med sensorer for bruk i bestemmelsen av i det minste én parameter assosiert med en fluid. Ved å bruke et ark med PVDF som har et flertall av
- 15 sensorer lagt ut på dette, vil et stort antall av sensorer, og dermed høy konfigurerbar matrise kunne bli produsert og installert både raskt og økonomisk.

- Med foreliggende oppfinnelse vil systempåliteligheten øke siden redundante sensorer kan bli opprettet, dvs. dersom en feil er sett på en sensor, kan en annen bli aktivert for å
- 20 erstatte den. I tillegg vil en latent funksjonalitet kunne bli skapt siden, det med foreliggende oppfinnelse, er slik at matrisen kan bli rekonfigurert til å møte behovene for nye egenskaper uten å kreve et nytt sett med sensorer som skal installeres. Foreliggende oppfinnelse tillater også at matrisen blir konfigurert forskjellig for måling av forskjellige parametere eller for å optimalisere målingen av en gitt parameter. Foreliggende
- 25 oppfinnelse tillater ikke-lineære aperturer å variere i avstanden mellom påfølgende sensorer i matrisen. Dette kan bli justert i sanntid for å tillate romlig filtrering av signalene for å bøte på betingelser (dvs. vibrasjoner) som ellers kan forhindre eller forstyrre følingen av ustabile trykk innenfor fluidet.

- 30 Sensorene 316 kan inkludere elektriske strekklapper, optiske fibere og/eller gittere, innlagte sensorer, ultralydsensorer, blant andre, som beskrevet her, og kan være festet til røret 304 med festemidler, lim, epoksy, tape eller andre passende festemidler for å sikre passende kontakt mellom sensoren og røret 304. Sensorene 316 kan alternativt være fjernbare eller permanent festet via kjente mekaniske teknikker, slik som mekaniske festere, fjærbelastet, klemmt, boksanordninger, rep eller andre ekvivalenter. Alternativt vil
- 35 strekklapper inkludere optiske fibere og/eller gittere som kan være lagt inn i kompositt-rør 304. Dersom ønsket for visse applikasjoner, vil gittere være fjernet fra (eller stress-

eller akustisk isolert fra) røret 304 om ønsket. Det er også å forstå at enhver annen strekkfølende teknikk kan bli brukt for å måle forskjellige strekk i røret 304, slik som svært sensitive piezoelektriske, elektroniske eller elektriske strekkklapper festet til eller lagt inn i røret 304.

5

I forskjellige utførelser av foreliggende oppfinnelse vil piezoelektroniske trykktransdusere kunne bli brukt som én eller flere av trykksensorene og kan måle de ustabile (eller dynamiske eller ac) trykkvariasjonene på innsiden av røret 304 ved å måle trykknivåene på innsiden av røret 304. I én utførelse av foreliggende oppfinnelse innbefatter
 10 sensorene 316 trykksensorer produsert av PCB Piezotronics i Depew, New York. For eksempel, i én trykksensor er det integrert piezoelektrisk spenningsmodustype sensor-krets som fremviser innebygget mikroelektronikkforsterkere, og konverterer høyimpedansladning til en lavimpedansspenningsutgang. Spesifikt vil en modell 106B produsert av PCB Piezotronics bli brukt med en høy sensitivitet, akselerasjonskompensert inte-
 15 grert kretspiezoelektrisk kvartstrykksensor passende for å måle lavtrykkakustiske fenomen i hydrauliske og pneumatiske systemer. Den har den unike egenskap å kunne måle små trykkforandringer på mindre enn 0,001 psi under svært statiske betingelser. 106B har en 300 mV/psi-følsomhet og en oppløsning på 91 dB (0,0001 psi).

20 Sensorene 316 kan ha innebygget MOSFET mikroelektronikkforsterkere som konverterer høyimpedansladningsutgangen til et lavimpedansspenningssignal. Sensorene 316 kan få strøm fra en konstant strømkilde og kan operere over lange koaksial- eller flatkabler uten signaldegradering. Lavimpedansspenningssignalet er ikke påvirket av triboelektronikk-kabelstøy eller isolasjonsresistansdegraderingsforurensninger. Strøm for å
 25 operere integrerte piezoelektriske sensorkretser har generelt formen av lavkostnad, 24 – 27 VDC, 2 til 20 mA konstantstrømforsyning. De fleste piezoelektriske trykksensorer er konstruert med enten kompresjonsmoduskvartskrystaller eller er forhåndsbelastet i et stivt hus, eller ikke-begrenset turmalinkrystaller. Disse konstruksjonene gir sensorene mikrosekundresponstider og resonansfrekvenser i hundreder av kHz, med minimal
 30 overskyting eller ringing. Små diafragmadiametre sikrer romlig oppløsning for smale sjokkbølger. Utgangskaraktistikkene til piezoelektriske trykksensorsystemer er et vekselstrømkoblet system, hvor repetitive signaler henfaller helt til de er helt likt arealet over og under den opprinnelige grunnlinjen. Siden størrelsesnivåer til de monitorerte hendelsene fluktuerer, vil utgangen forbli stabilisert rundt grunnlinjen der de positive og
 35 negative områdene til kurven forblir like.

Videre er det å forstå at hver av sensorene 316 kan inkludere en piezoelektrisk sensor som gir et piezoelektrisk materiale som måler ustabile trykk i strømmen 302. Det piezoelektriske materialet, slik som polymer, polarisert fluoropolymer, PVDF, måler stress induisert innenfor prosessrøret 304 på grunn av ustadige trykkvariasjoner innenfor strømmen 302. Stress innenfor røret 304 blir overført til en utgangsspenning eller strøm av den festede piezoelektriske sensoren 316. PVDF-materialet som danner hver piezoelektriske sensor 316 kan være lagt til den ytre overflaten av en stålstrøpp som strekker seg rundt og klemmer på den ytre overflaten av røret 304. Det piezoelektriske følgeelement er typisk konformt for å tillate fullstendig eller nærmest fullstendig omkretsmessig måling av induert strekk. Sensorene kan være dannet av PVDF-filmer, kopolymerfilmer eller fleksible PZT-sensorer, tilsvarende til det som er beskrevet i "Piezo Film Sensor technical Manual" gitt av Measurement Specialties, Inc. i Fairfield, New Jersey, som her er referert til ved referanse. Fordelene med denne teknikken er følgende:

1. Ikke-påvirkende strømningsratemålinger.
2. Lav kostnad.
3. Måleteknikken krever ingen eksitasjonskilde. Omkringliggende strømningsstøy er brukt som en kilde.
4. Fleksible piezoelektriske sensorer kan bli montert på forskjellige måter for å forbedre signaldeteksjonsplanen. Disse konfigurasjonene inkluderer a) samlokaliserte sensorer, b) segmenterte sensorer med motsatte polaritetkonfigurasjoner, c) brede sensorer for å få bedre akustisk deteksjon og minimalisering av virvelstøydeteksjon, d) tilpasset sensorgeometri for å minimalisere sensitivitet for rørmøduser, e) differensiering av sensorer for å eliminere akustisk støy fra virvelsignaler.
5. Høyere temperaturer (140°C) (kopolymerer).

Det bør være forstått at noen eller alle av funksjonene innenfor strømningslogikken 36 kan bli implementert i programvare (ved å bruke en mikroprosessor eller datamaskin), og/eller firmware, eller kan være implementert ved å bruke analoge og/eller digital hardware, som har tilstrekkelig hukommelse, grensesnitt og kapasitet til å utføre funksjonene beskrevet her. Videre bør det være forstått at enhver av egenskapene, karakteristikkene, alternativer eller modifikasjoner beskrevet her med hensyn til en bestemt utførelse kan også være anvendt, brukt eller innarbeidet med andre utførelser beskrevet her. Videre, selv om foreliggende oppfinnelse har blitt beskrevet og justert med hensyn til eksempler på utførelser av denne, vil det foregående og forskjellige andre tillegg og utelatelser kun bli gjort her uten å avvike fra foreliggende oppfinnelse.

P a t e n t k r a v

1.

Apparat (200) for å optimalisere gass/væskeseparasjonsprosessen i et fluid som strøm-
mer i et rør, apparatet innbefatter:

en separatorinnretning (102) som kommuniserer med røret for å ta imot fluidet (110), hvor separatorinnretningen (102) separerer fluidet i en gasskomponent (124) og en væskekomponent (122), hvor gasskomponenten (124) strømmer i en gassgrendel (112) og hvor væskekomponenten (122) strømmer i en
vækegrendel (114),

et gassgrenmeterapparat (126), der gassgrenmeterapparatet (126) kommuniserer med gasskomponenten (124) og måler væskespill inn i gasskomponenten (124) for å generere korresponderende gasskomponentdata,

k a r a k t e r i s e r t v e d at et vækegrenmeterapparat (128), der vækegrenmeterapparatet (128) kommuniserer med væskekomponenten (122) og måler gassspill inne i væskekomponenten (122) for å generere korresponderende væskekomponentdata, og

en prosesseringsinnretning (120) som kommuniserer med gassgrenmeterapparatet (126) og vækegrenmeterapparatet (128), hvor prosesseringsinnretningen (120) mottar og prosesserer gasskomponentdataene og væskekomponentdataene for å generere apparatets optimaliseringsdata, hvori separatorinnretningen (102) som kommuniserer med prosesseringsinnretningen (120) for å motta apparatets optimaliseringsdata, og hvori separatorinnretningen (102) er konfigurert for å respondere til apparatets optimaliseringsdata for å forbedre prestasjonen til separatorinnretningen (102).

2.

Apparat i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at gassgrenmeterapparatet (126) inkluderer et differensielt trykktasert strømningsmeter (118) og et sonarstrømningsmeter (104).

3.

Apparat i henhold til krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at det differensielle trykktaserte strømningsmeteret (118) inkluderer i det minste én av et strupebasert strømningsmeter, et venturimeter, et albustrømningsmeter og et V-konemeter.

4.

Apparat i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at
væskegrenmeterapparatet (128) inkluderer i det minste ett av et vannandelsmeter (130),
5 et gassvolumandelsmeter (116), et strømningsmeter (132), en trykksensor (134) og en
temperatursensor (136).

5.

Apparat i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at
10 væskegrenndelen (114) inkluderer en vanngrenndel (148) og en oljeginndel (144) og hvor
væskekomponenten blir separert til en vannkomponent som strømmer i vanngrenndelen
(150) og en oljekomponent (146) som strømmer i oljeginndelen (144).

6.

15 Apparat i henhold til krav 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at
væskegrenmeterapparatet inkluderer et vanngrenmeterapparat (164) assosiert med
vanngrenndelen (148) for å ta imot vannkomponenten (150) og for å generere
vannkomponentdata som svar på i det minste én av et oljespill og et gasspill.

20 7.

Apparat i henhold til krav 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at
væskegrenmeterapparatet videre inkluderer et oljeginmeterapparat (152) assosiert med
oljeginndelen (144) som tar imot oljekomponenten (146) og som genererer
oljekomponentdata som svar på i det minste én av et gasspill og et vannspill.

25

8.

Apparat i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at
væskegrenmeterapparatet videre inkluderer et vanngrenmeterapparat (164) som
kommuniserer med prosesseringsinnretningen (162), vanngrenmeterapparatet inkluderer
30 i det minste én av et vannandelsmeter (166), et gassvolumandelsmeter (108), et
strømningsmeter (168), en trykksensor (170) og en temperatursensor (172).

9.

Apparat i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at
35 væskegrenmeterapparatet videre inkluderer et oljeginmeterapparat (152) som
kommuniserer med en prosesseringsinnretning (162), oljeginmeterapparatet (152)

inkluderer i det minste én av et vannandelsmeter (154), et gassvolumandelsmeter (106), et strømningsmeter (156), en trykksensor (158) og en temperatursensor (160).

10.

- 5 Apparat i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at apparatet omfatter i det minste en ventil (A) for å regulere fluidstrømningen (110, 112, 114, 146, 150) inn i det minste en av grenene (112, 114; 144, 148), hvori i det minste en ventil (A) er konfigurert for å bli selektivt operert for å regulere fluidstrømningen i nevnte gren.

10

11.

- Apparat i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at apparatet videre omfatter minst en av en pumpe og en ventil for måling av i det minste en skumdemper og en dråpefanger til væsken (110, 122, 124) som svar til et
15 reguleringssignal frembragt av prosesseringsinnretning.

12.

Fremgangsmåte for å optimalisere gass/væskeseparasjonsprosessen for et fluid (110) som strømmer i et rør, der fremgangsmåten innbefatter:

- 20 å ta imot en fluidstrøm, hvor fluidstrømmen inkluderer en væskekomponent og en gasskomponent,
 å separere væskekomponenten (112) fra gasskomponenten (124), hvor væskekomponenten (122) er separert fra gasskomponenten (124) via en separatorinnretning (120),
25 k a r a k t e r i s e r t v e d at å måle væskespill inn i gasskomponenten (124) og gasspill inn i væskekomponenten (122),
 og å generere korresponderende gasskomponentdata og væskekomponentdata, respektivt å prosessere gasskomponentdataene og væskekomponentdataene for å generere apparatets optimaliseringsdata, og
30 å anvende apparatets optimaliseringsdata for å forbedre prestasjonen til separatorinnretningen (102), å separere væskekomponenten (122) fra gasskomponenten (124) i fluidstrømmen (110).

13.

Fremgangsmåte i henhold til krav 12, videre k a r a k t e r i s e r t
v e d at å innbefatte å kommunisere apparatets optimaliseringsdata til
separatorinnretningen (102), hvor separatorinnretningen (102) separerer
5 væskekomponenten (122) fra gasskomponenten (124) som svar på apparatets
optimaliseringsdata.

14.

Fremgangsmåte i henhold til krav 12, hvor separeringen inkluderer å operere
10 separatorinnretningen_(102) for å separere væskekomponenten_(122) fra
gasskomponenten_(124), hvor separatorinnretningen_(102) er k a r a k -
t e r i s e r t v e d

$$\eta_{\text{sep}} \equiv 1 - \alpha(\text{GVF}) - \beta(\text{LGMR})$$

15

hvor α og β er våthetskoeffisienter, GVF er den innblandede gassen tilstede i væske-
komponenten og LGMR er væske-til-gass-masseforholdet i gasskomponenten.

15.

20 Fremgangsmåte i henhold til krav 12, hvor genereringen inkluderer å bestemme våthet
til gasskomponenten (124), hvor våtheten til gasskomponenten (124) er k a r -
a k t e r i s e r t v e d at Lockhardt Martinelli- (LM) tallet, LM-tallet
er uttrykt som

25

$$\text{LM} = \left(\frac{Q_{\Delta P}}{Q_{\text{SONAR}}} - 1 \right)$$

hvor $Q_{\Delta P}$ er strømningsraten tvers over et differensialtrykkmeter og Q_{SONAR} er strøm-
ningsraten tvers over et sonarbasert strømningsmeter.

30 16.

Fremgangsmåte i henhold til krav 12, hvor genereringen inkluderer å bestemme en netto
oljevolumetrisk strømningsrate (Q_{NO}) i væskekomponenten (122), hvor nevnte
oljevolumetriske strømningsrate er k a r a k t e r i s e r t v e d

$$Q_{\text{NO}} = Q \cdot \phi_O$$

35

hvor Q er netto volumetrisk strømming i væskekomponenten (122) og ϕ_O er oljefaseandelen av væskekomponenten (122).

17.

- 5 Fremgangsmåte i henhold til krav 12, hvor genereringen inkluderer å bestemme vannandel og oljeandel i væskekomponenten (122), hvor vannandelen k a r a k - t e r i s e r t v e d a t

$$\phi_O + \phi_W = 1,$$

10

og hvor oljeandelen er kjennetegnet ved

$$\phi_O + \phi_W + \phi_G = 1$$

- 15 hvor ϕ_O er oljeandelen, ϕ_W er vannandelen og ϕ_G er gassandelen.

18.

Fremgangsmåte i henhold til krav 12, k a r a k t e r i s e r t v e d at anvendelsen omfatter å aktivere i det minste en ventil (A) anordnet i fluidstrømmen.

20

19.

Fremgangsmåte i henhold til krav 12, k a r a k t e r i s e r t v e d at anvendelsen omfatter å regulere infusjon av i det minste en av en skumdemper og en dråpefanger.

25

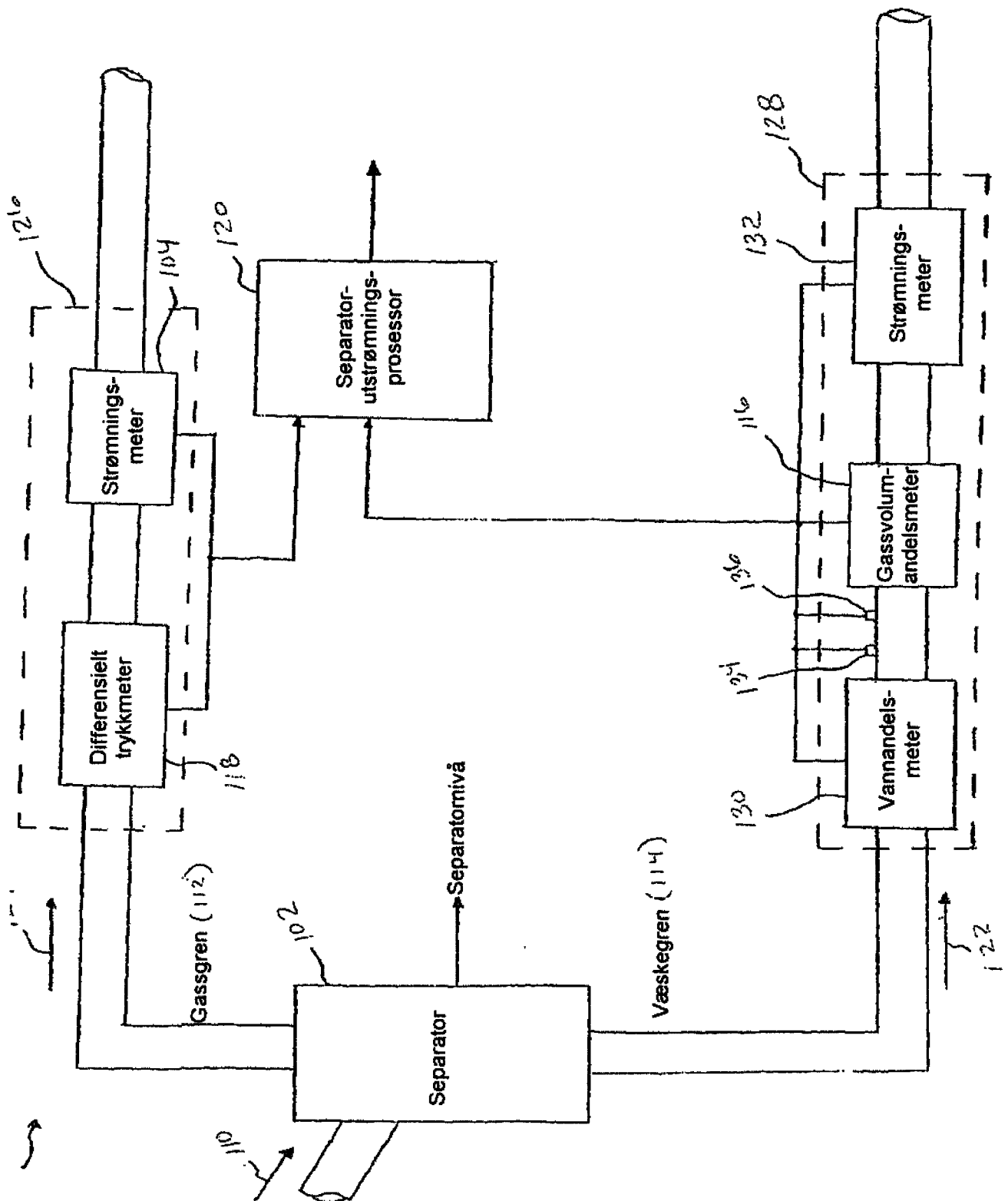
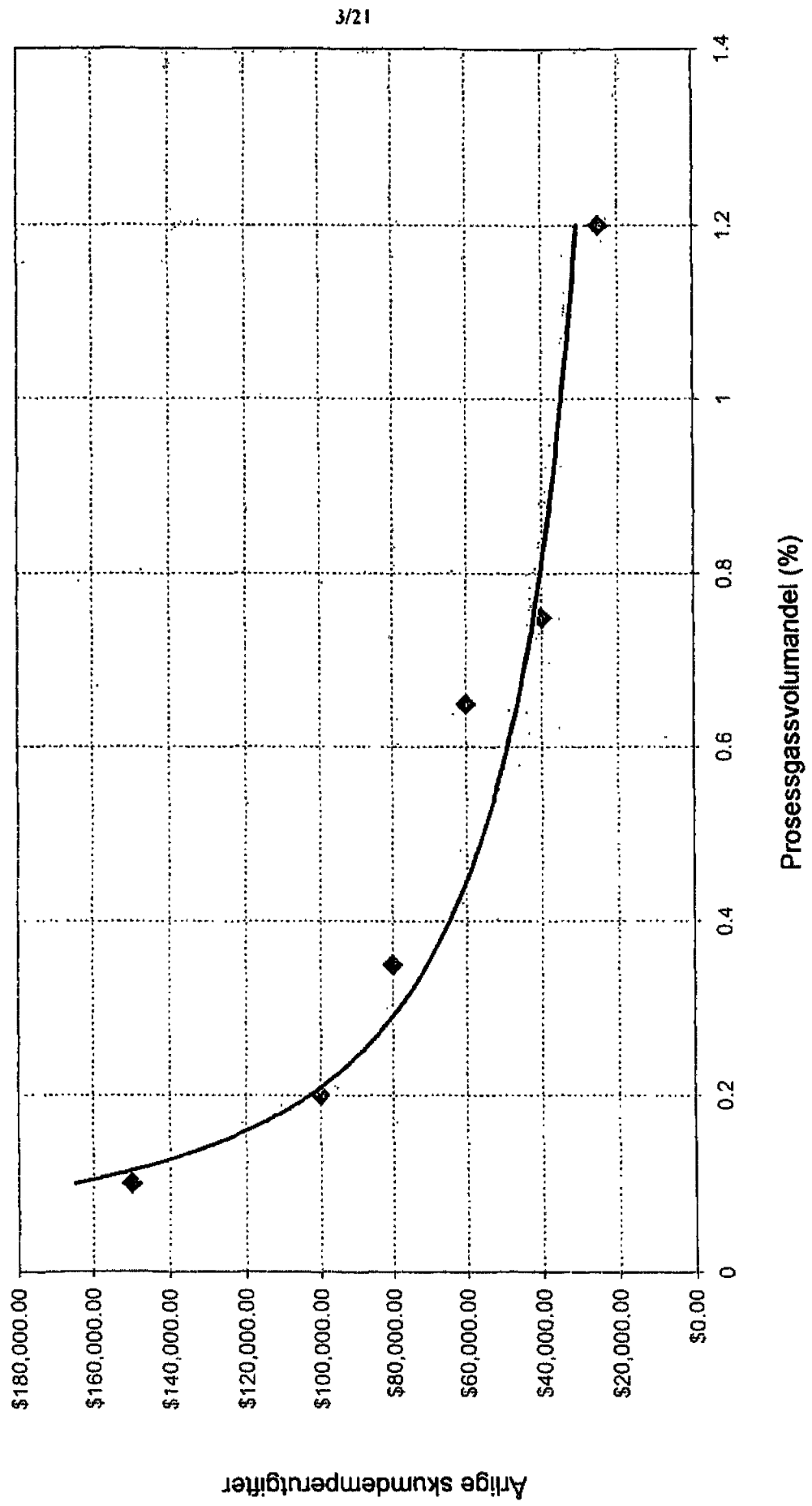


FIG. 1 B

FIG. 1 C



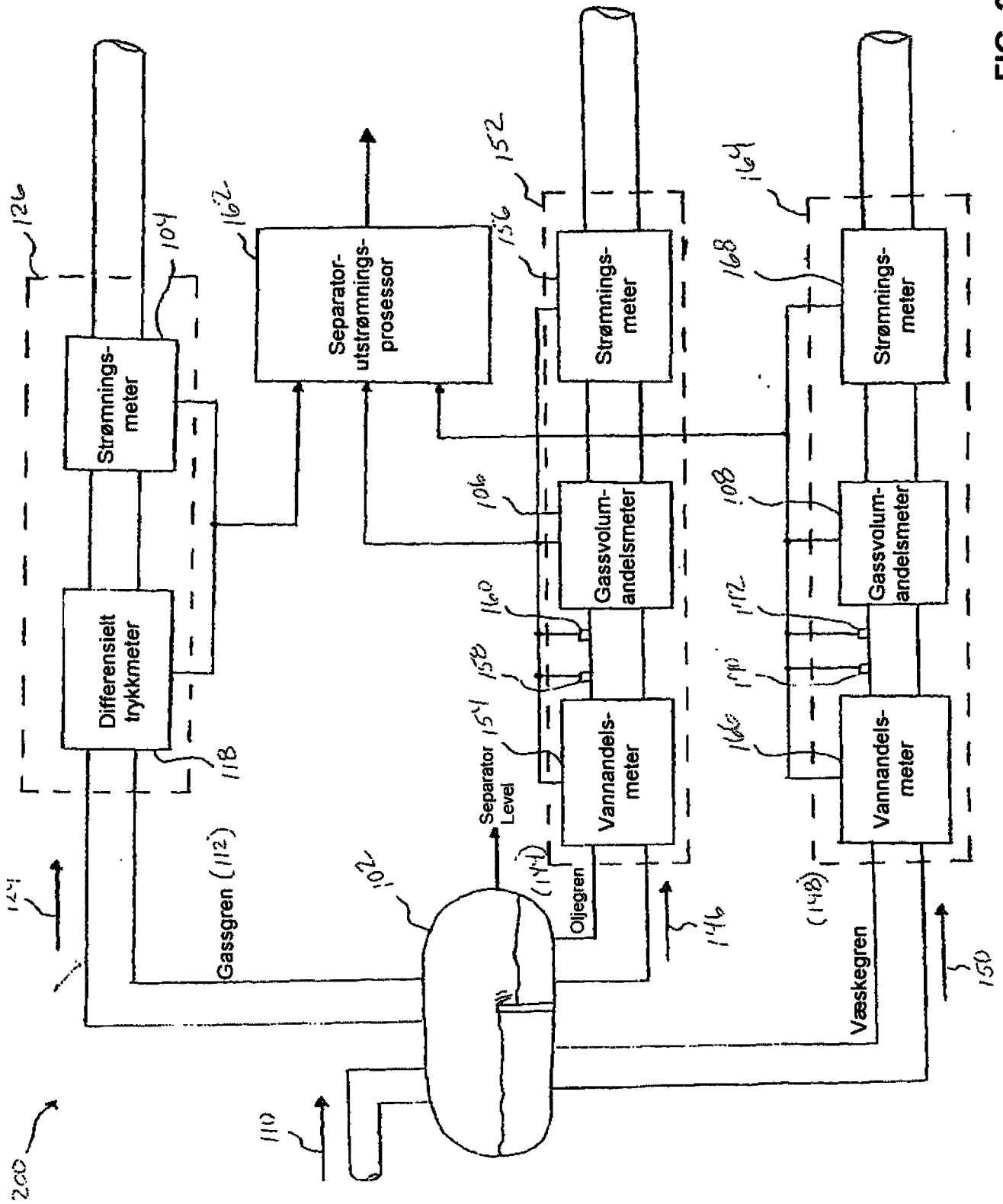


FIG. 2

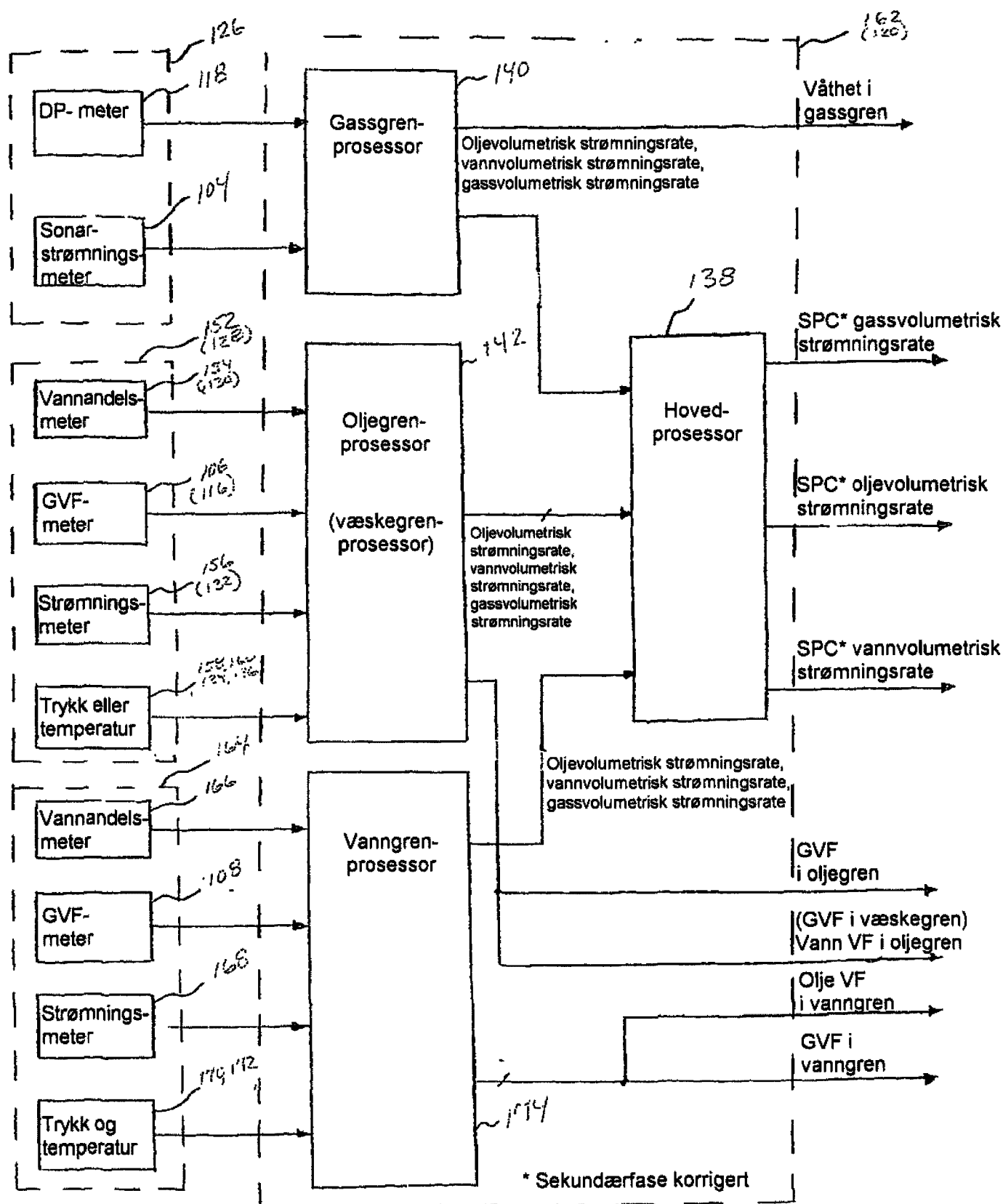


FIG. 3

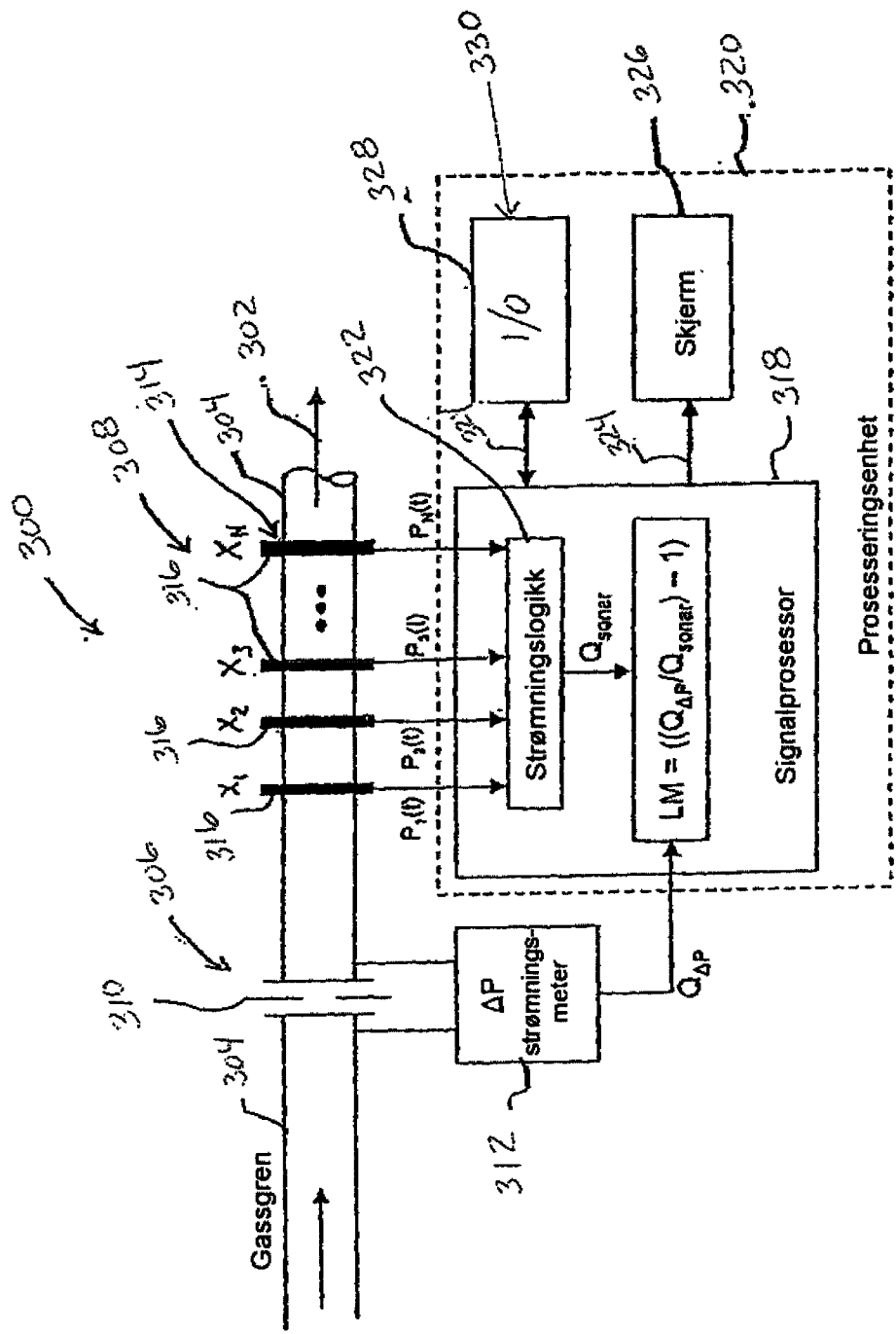
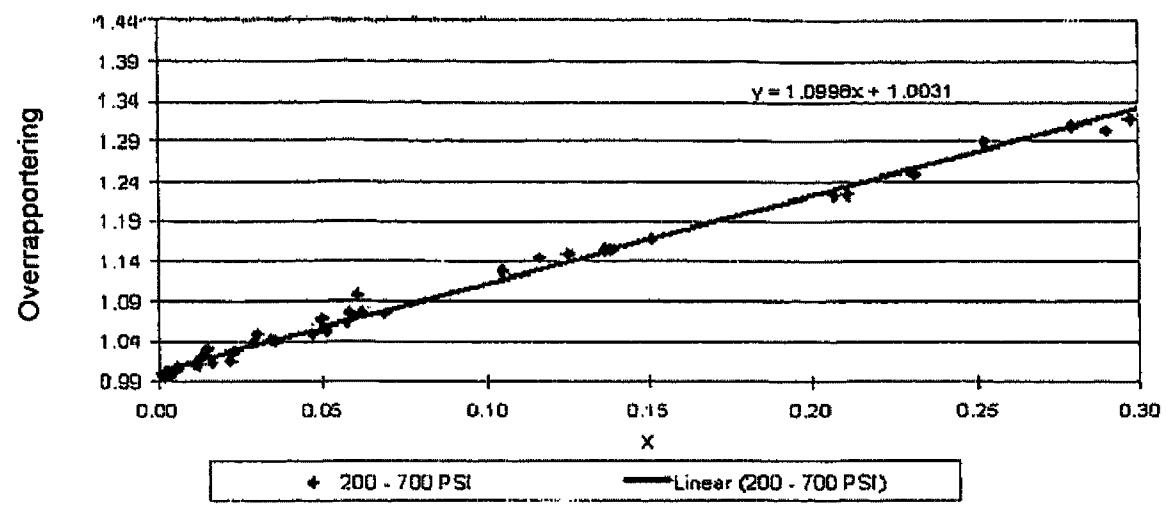


FIG. 4

7/21



Modell 1595 overutløsning vs. Lockhardt-Martinelli
0.4 Beta med kurvetilpassning

FIG. 5

VÅT GASS
VF avvik kontra LM# - enkelt meter

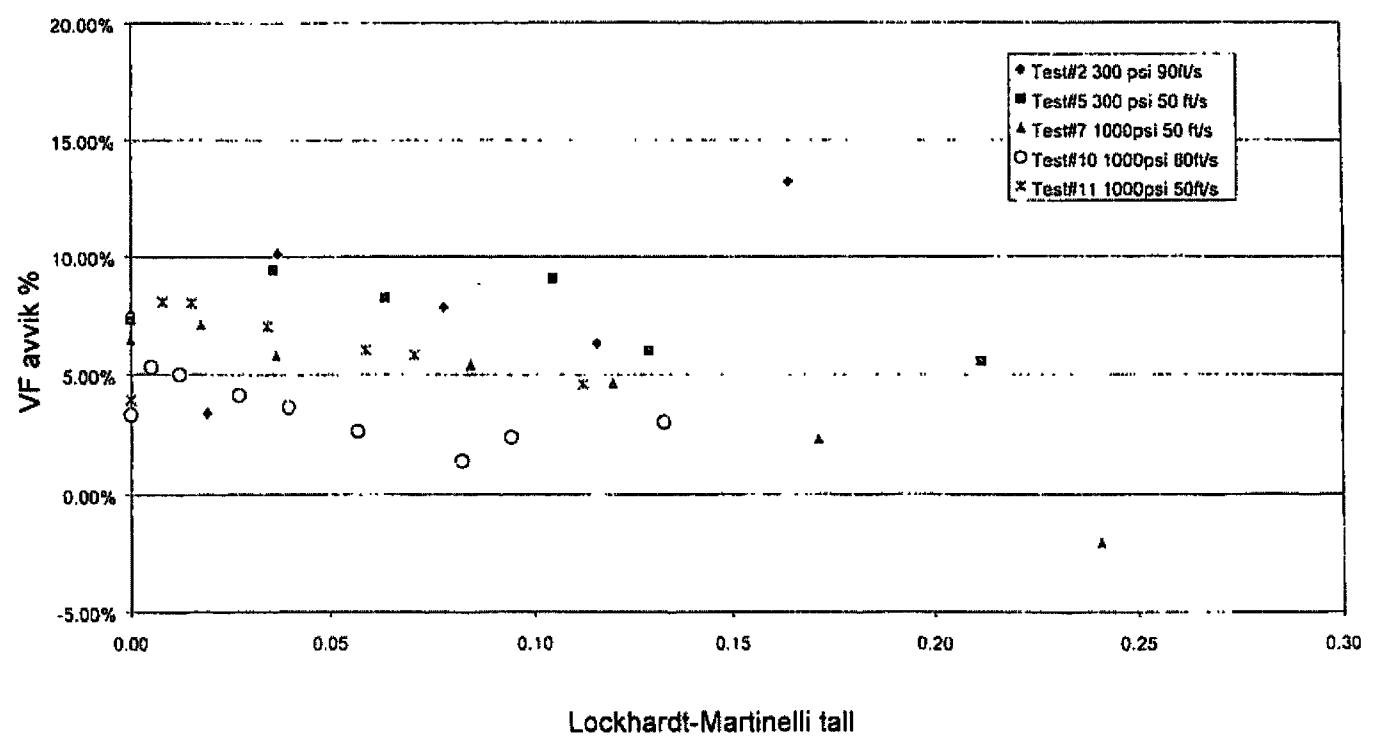


FIG. 6

8/21

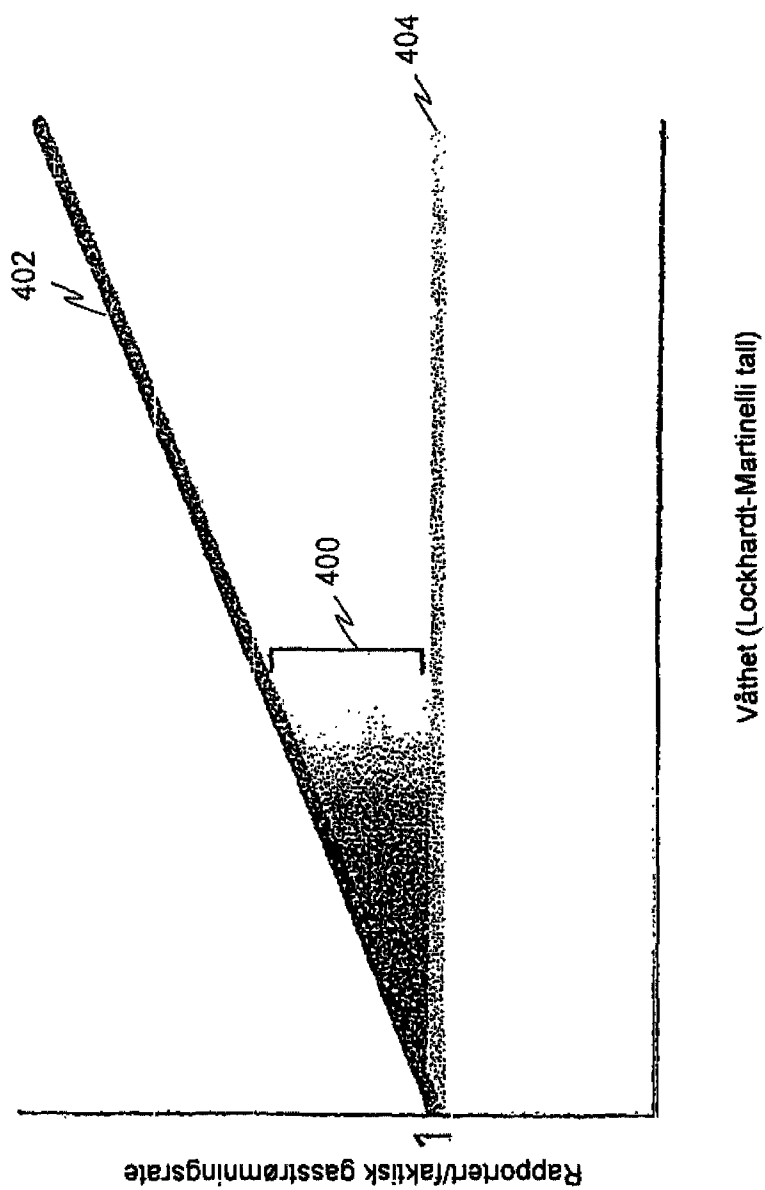


FIG. 7 A

9/21

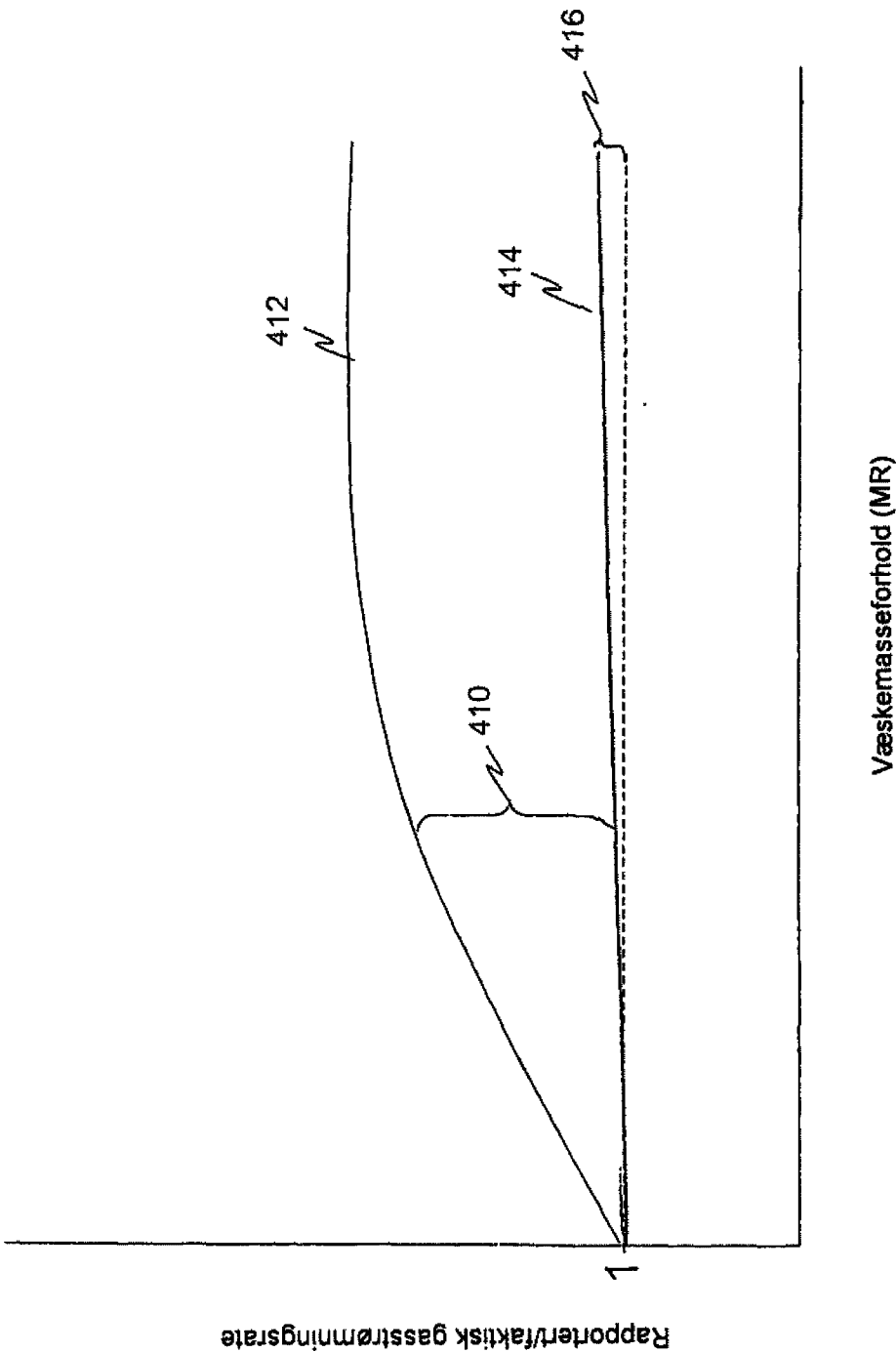


FIG. 7 B

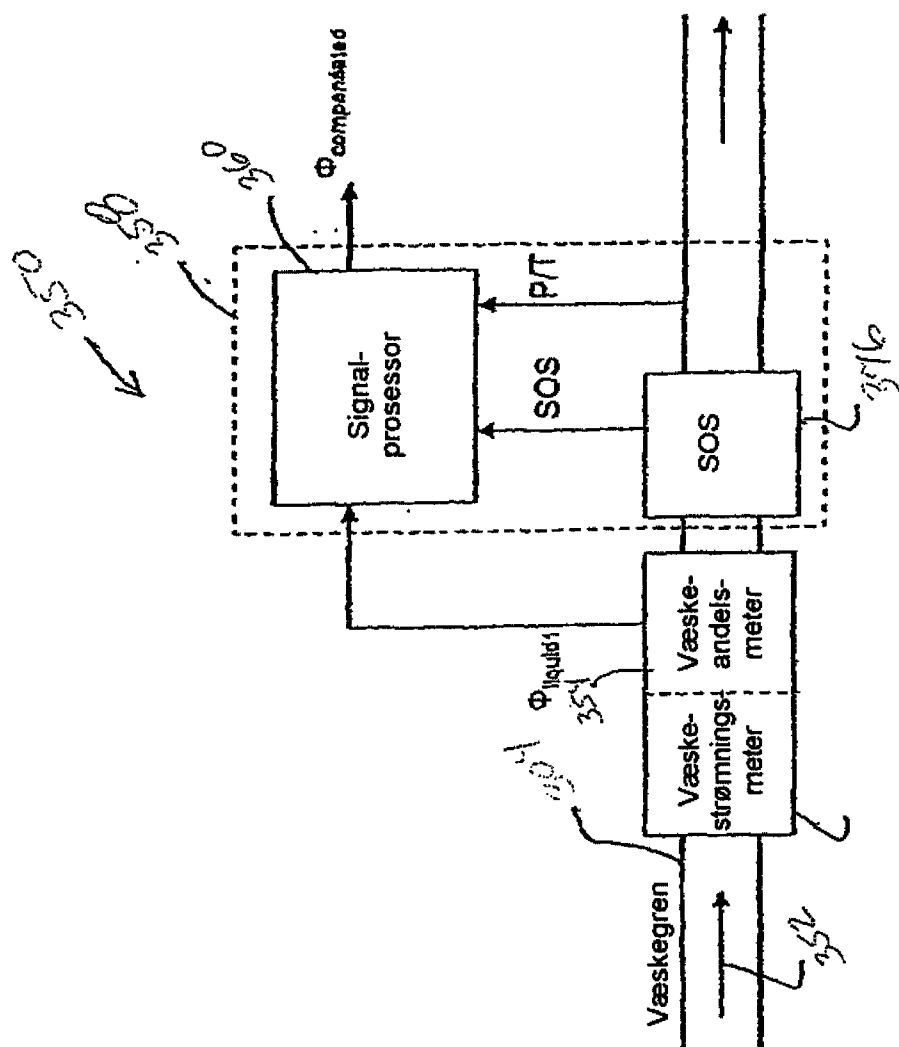


FIG. 8

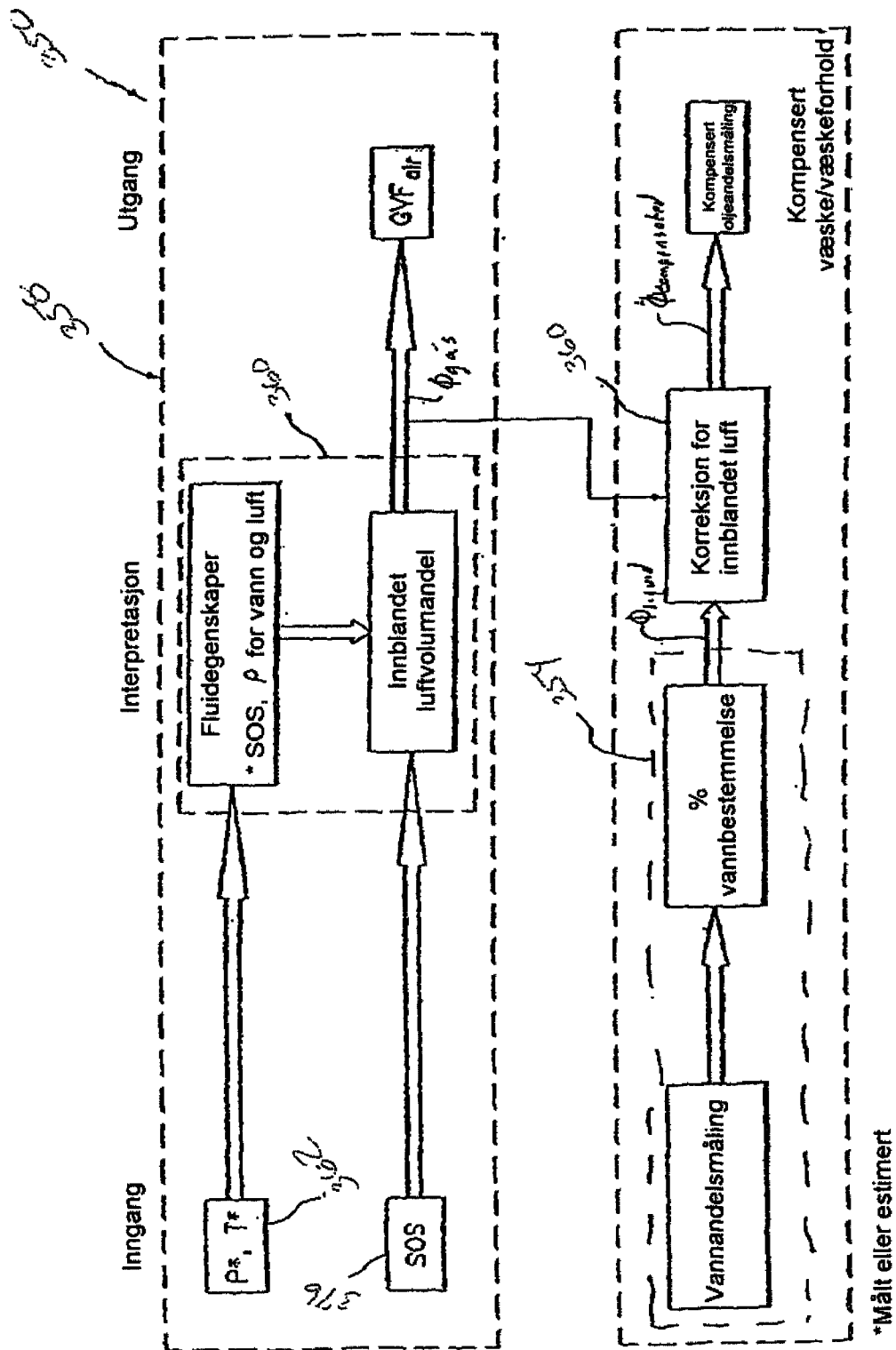


FIG. 9

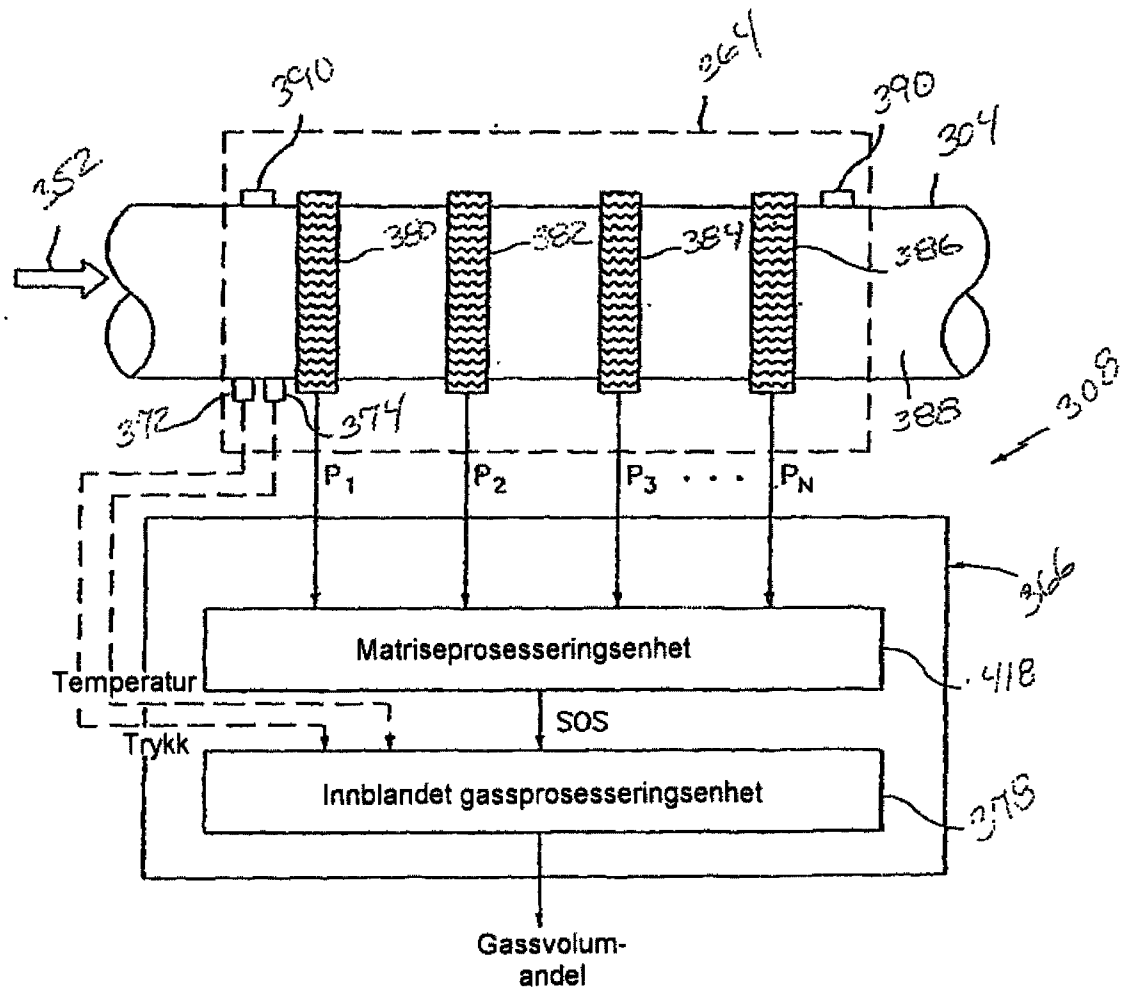


FIG. 10

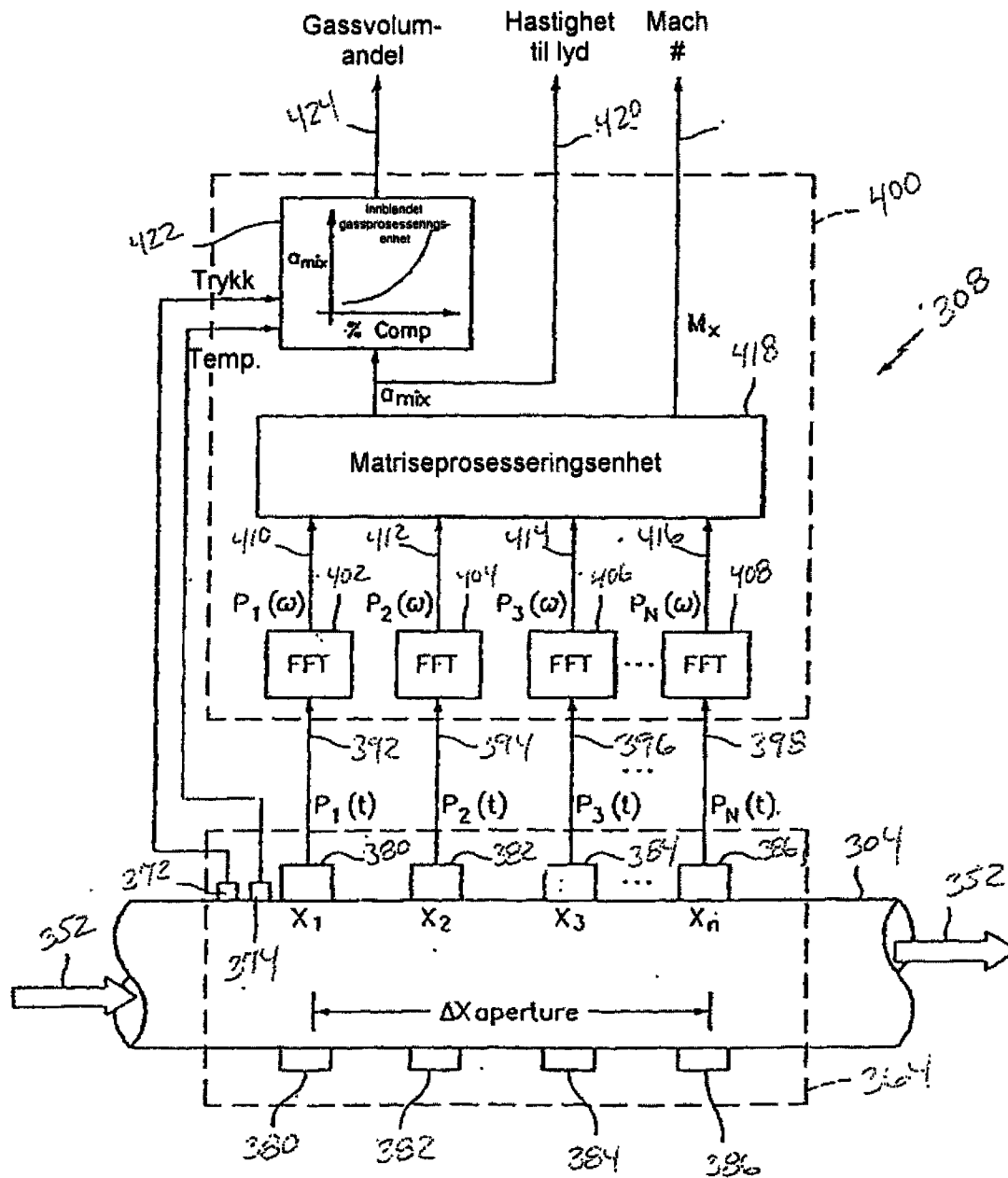


FIG. 11

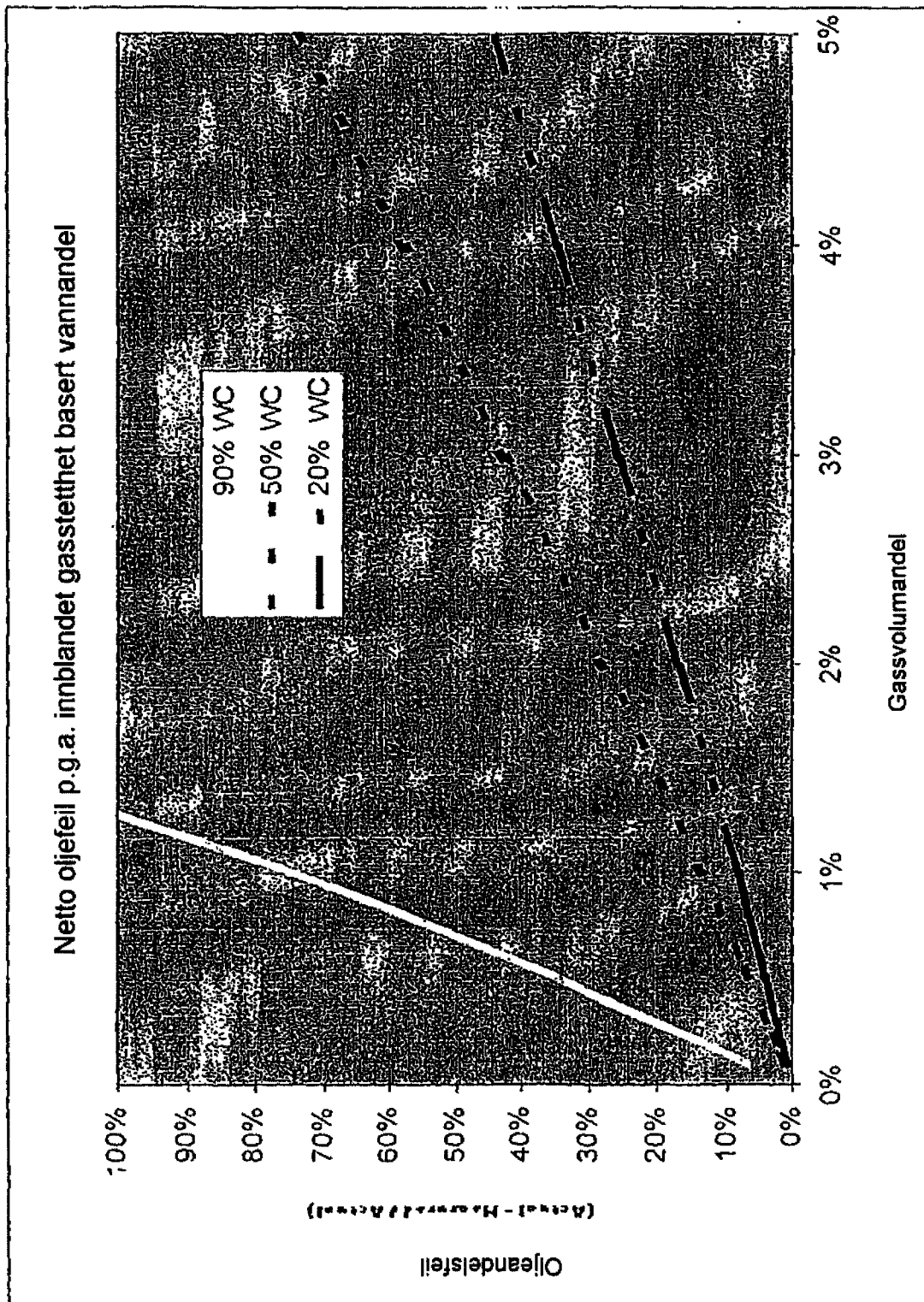


FIG. 12

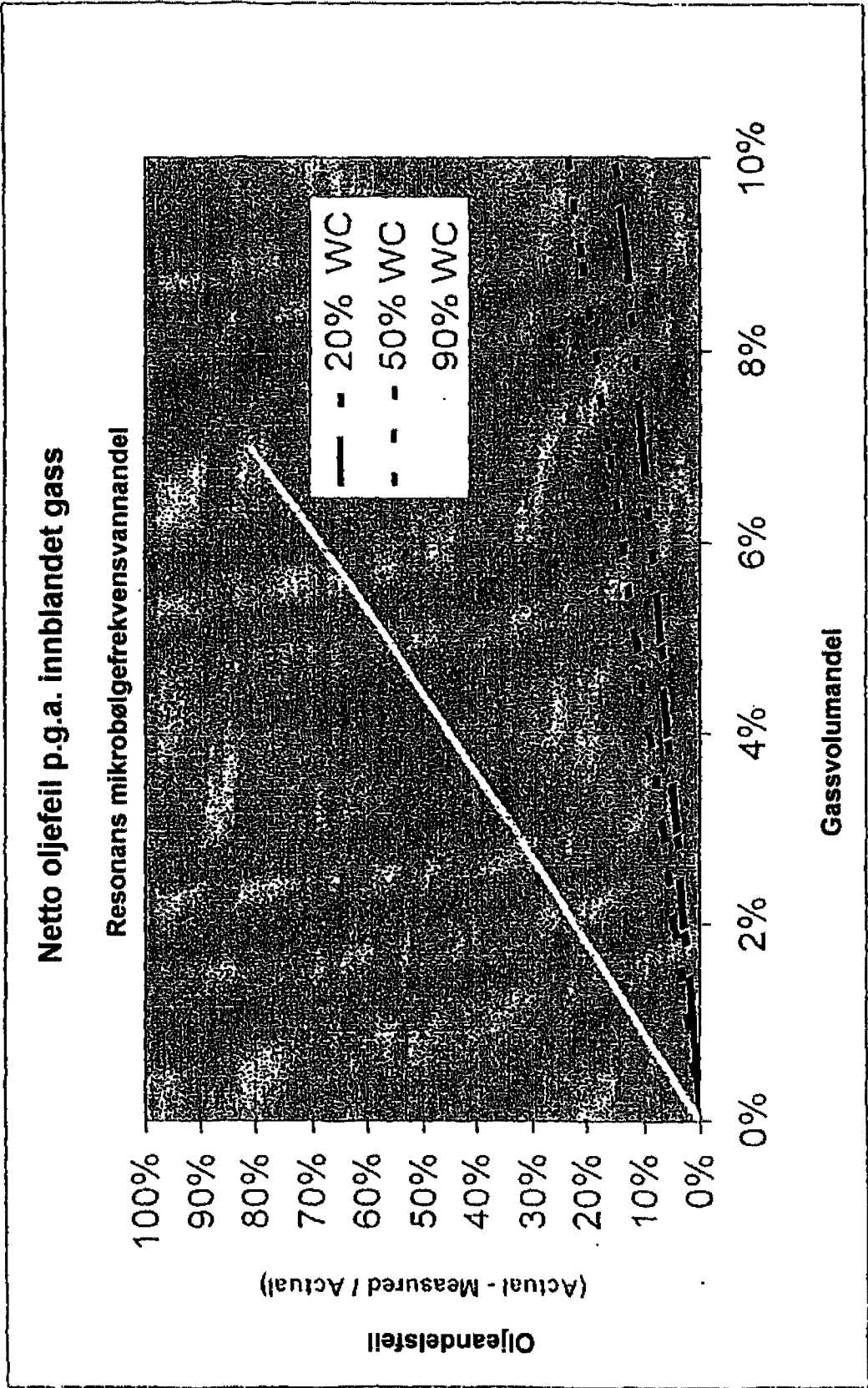


FIG. 13

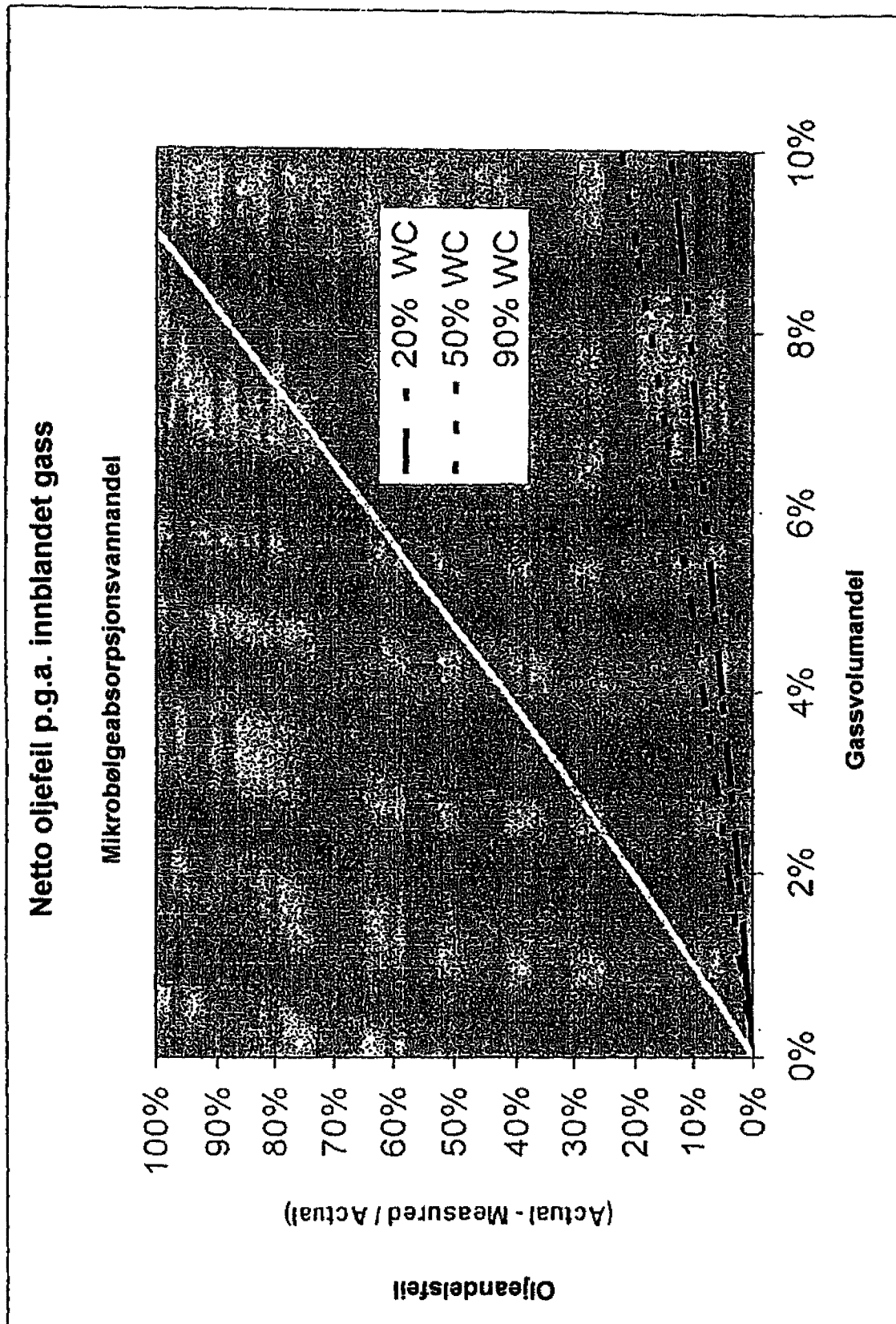


FIG. 14

17/21

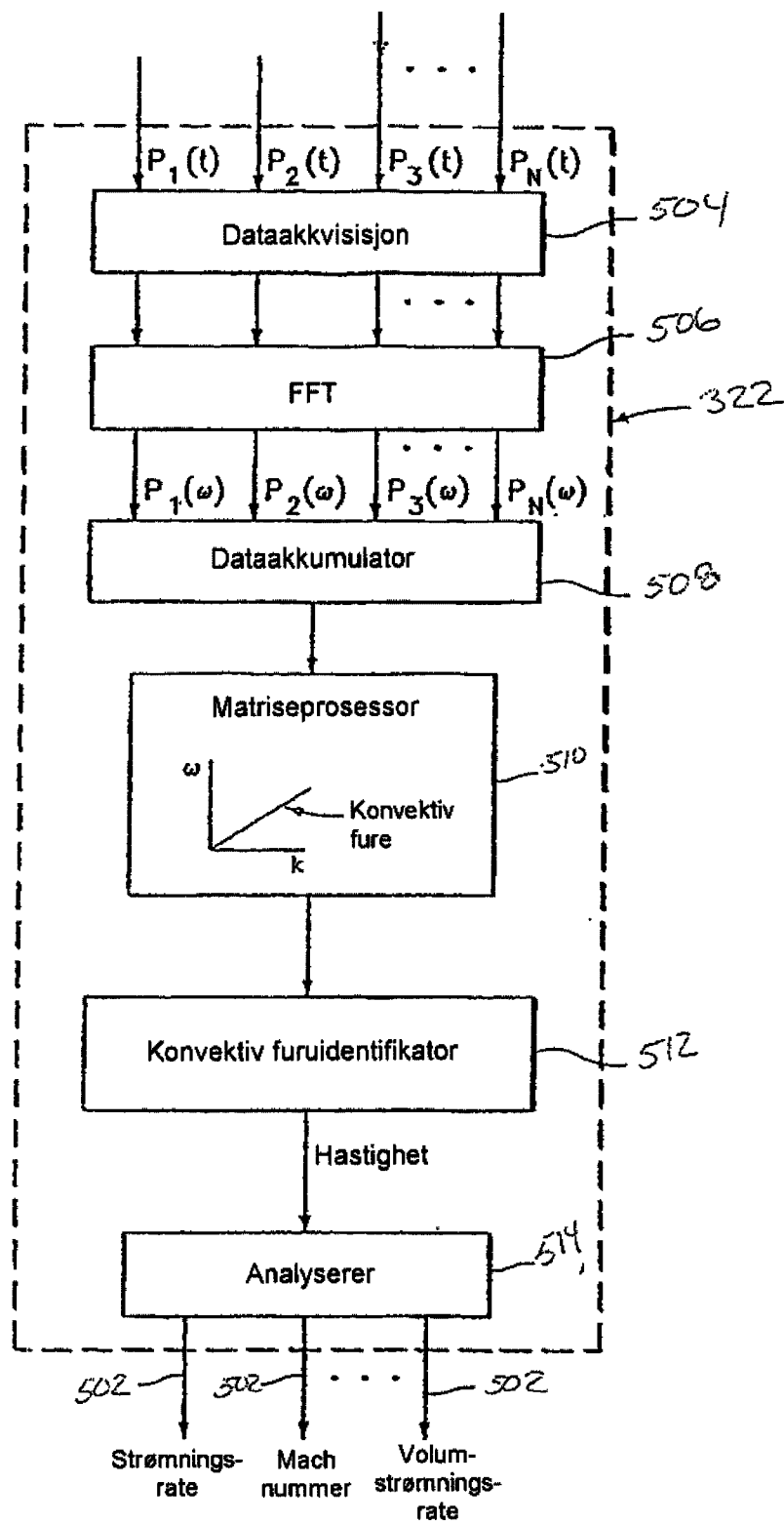


FIG. 15

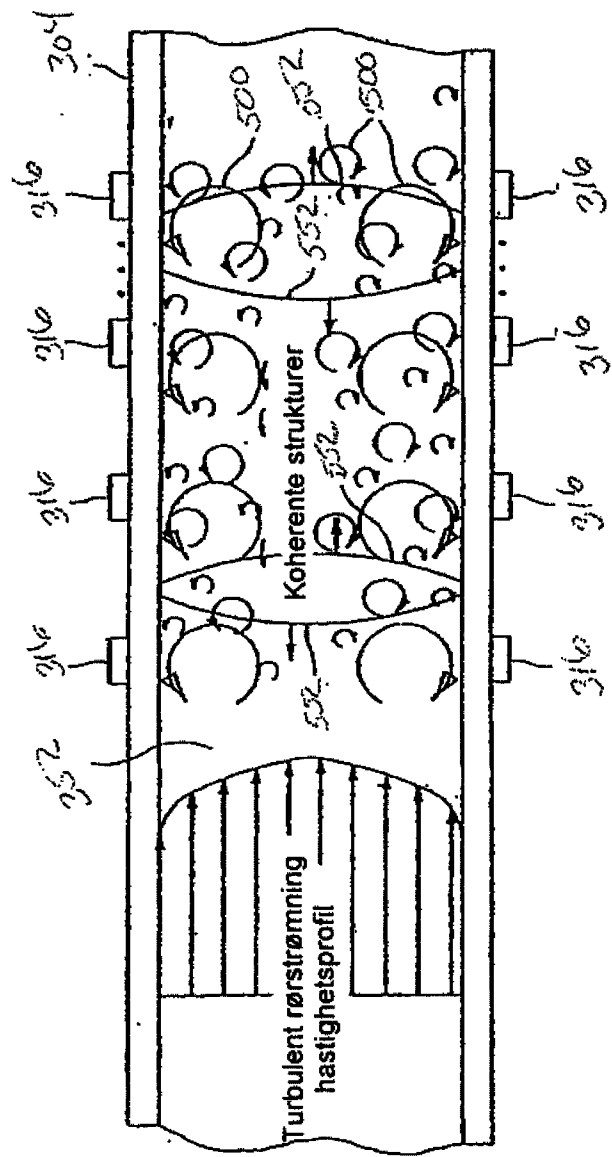


FIG. 16

19/21

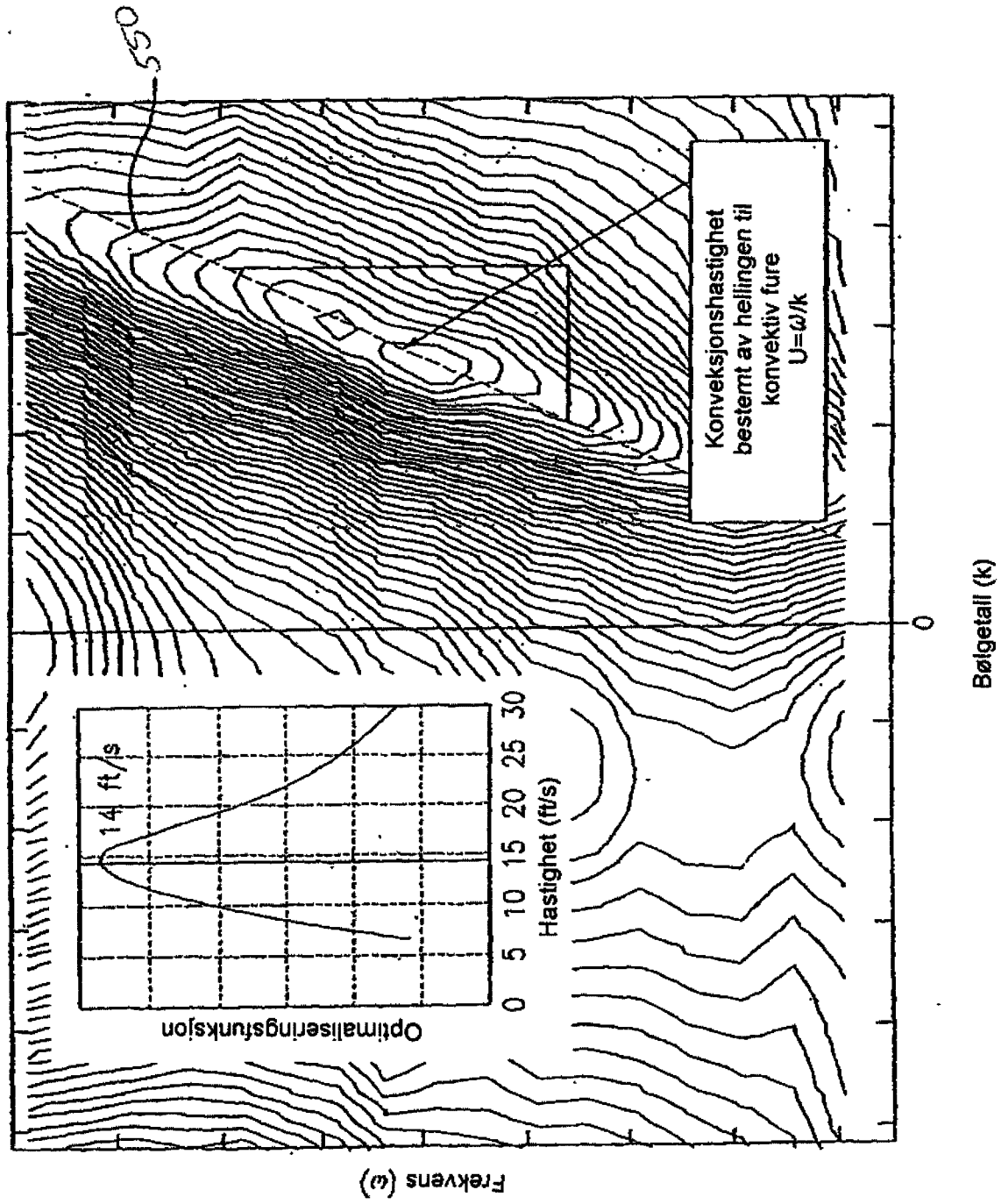


FIG. 17

20/21

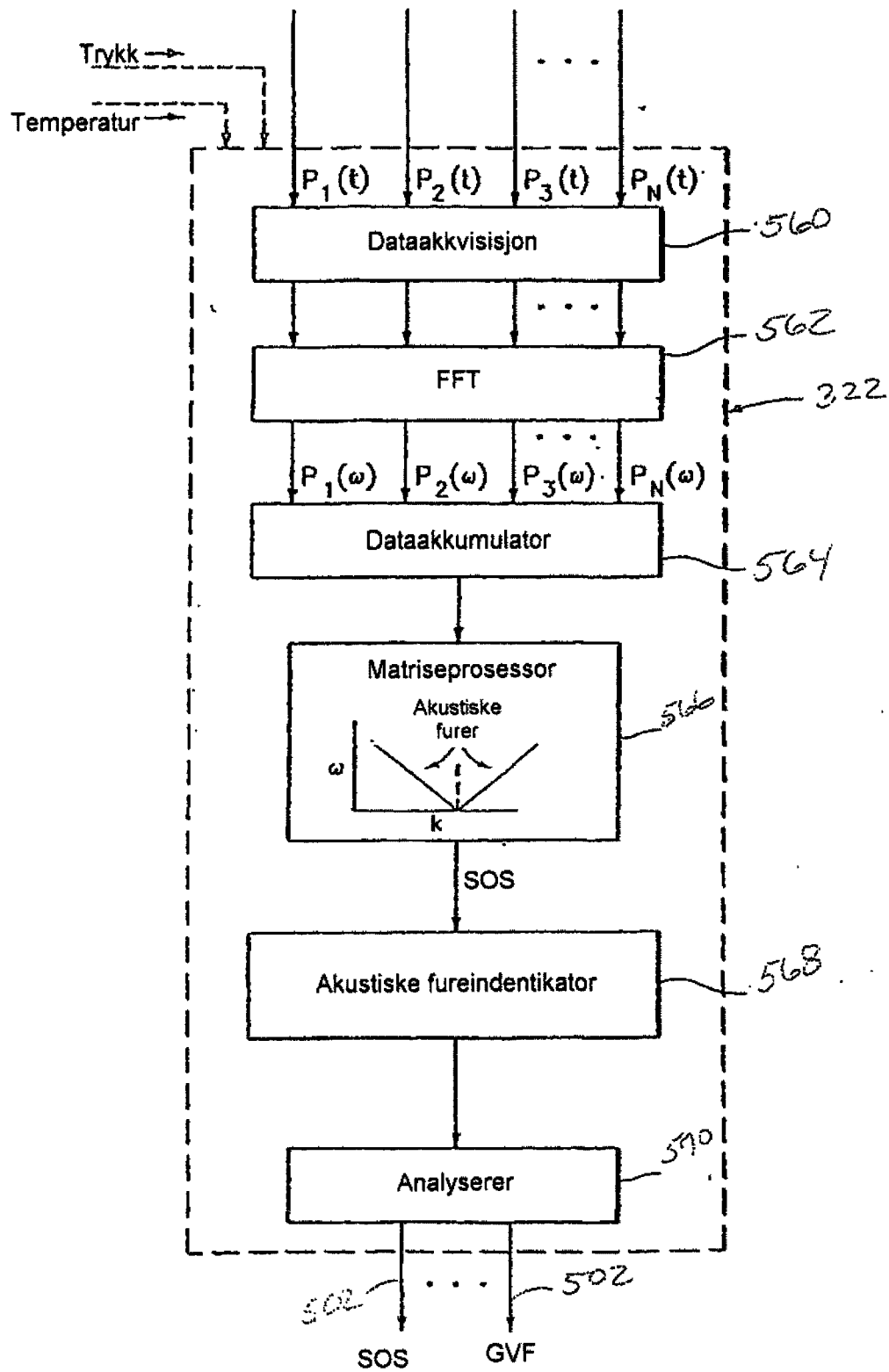


FIG. 18

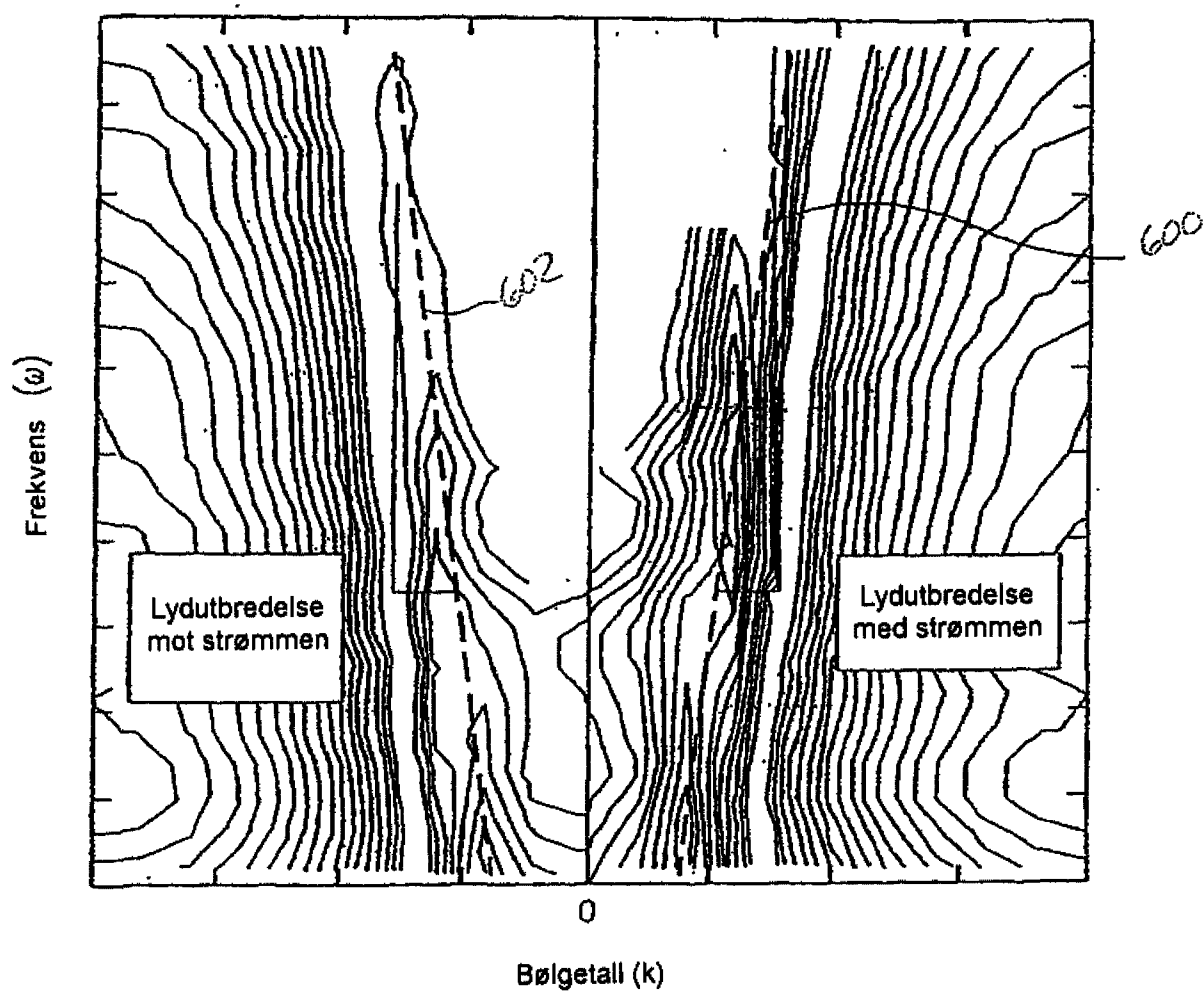


FIG. 19