

PSO 2008
Projekt 10115
**Fuldskala Demonstration
af
Seriedrift**

ForskEl
PSO projektseminar, Erritsø, August 2010

Lemvig Biogas, DTU, BWSC

P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Projektindhold & aktører

- Hovedformål:
 - Demonstration og dokumentation af seriedrift i fuld skala i tilknytning til udvidelse og renovering af Lemvig Biogasanlæg
 - Etablering af hjemmeside med on-line adgang til produktions- og driftsdata (www.lemvigbiogas.com)
- Projektaktører:
 - Lemvig Biogasanlæg/Lars Kristensen (projektansvarlig)
 - DTU/I. Angelidaki, Kanokwan Boe
 - BWSC/Lars Ellegaard

P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Baggrund

- Lemvig Biogas anno 2007:
 - Termofilt anlæg med 3 biogasreaktorer, hver ca. 2000 m³, i alt 6000 m³.
 - HRT ca. 12.6 døgn.
 - Portions holdetid i efterhyg. tanke ca. 8 timer

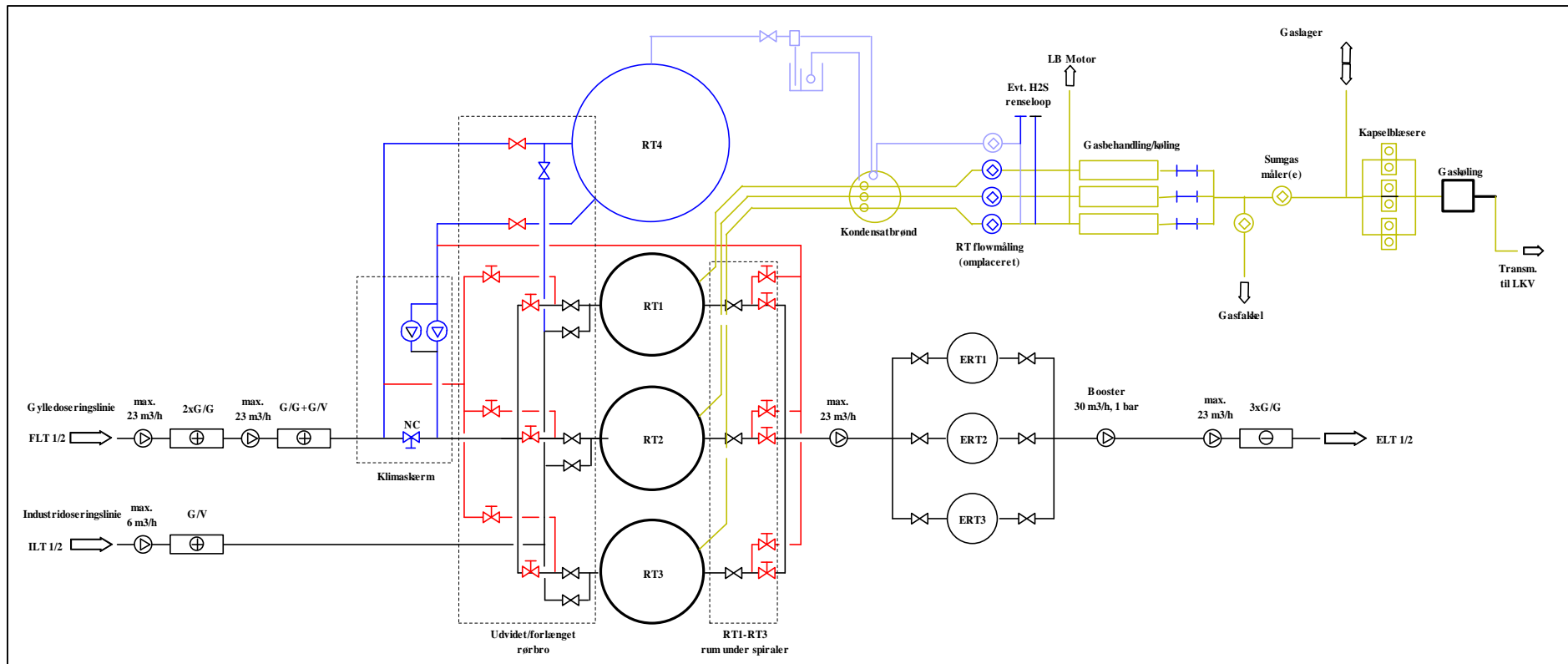
P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Baggrund

- Lemvig Biogas anno 2008/2009:
 - Termofilt anlæg med 4 biogasreaktorer, 1 stk. ny 7000 m³ + 3 eksisterende á 2000 m³, i alt ca. 13000 m³. HRT totalt ca. 27 døgn.
 - To-trins seriekobling fra/til:
 - 11000+2000 m³ (23 + 4.2 dgn, 85/15% volumenfordeling)
 - 7000+6000 m³ (15 + 12.6 dgn, 54/46% volumnefordeling)
 - Portions holdetid i efterhyg. tanke ca. 8 timer (uændret)

P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Systemdiagram, LB 2008/2009



Design: 160.000t/år

Hoveddata:

- Blandetank 600 m³
- 2 x Forlager á 1.060 m³

Ordre august 2007
RT4 Tank 7.500 m³

Gaslager, 5.000 m³



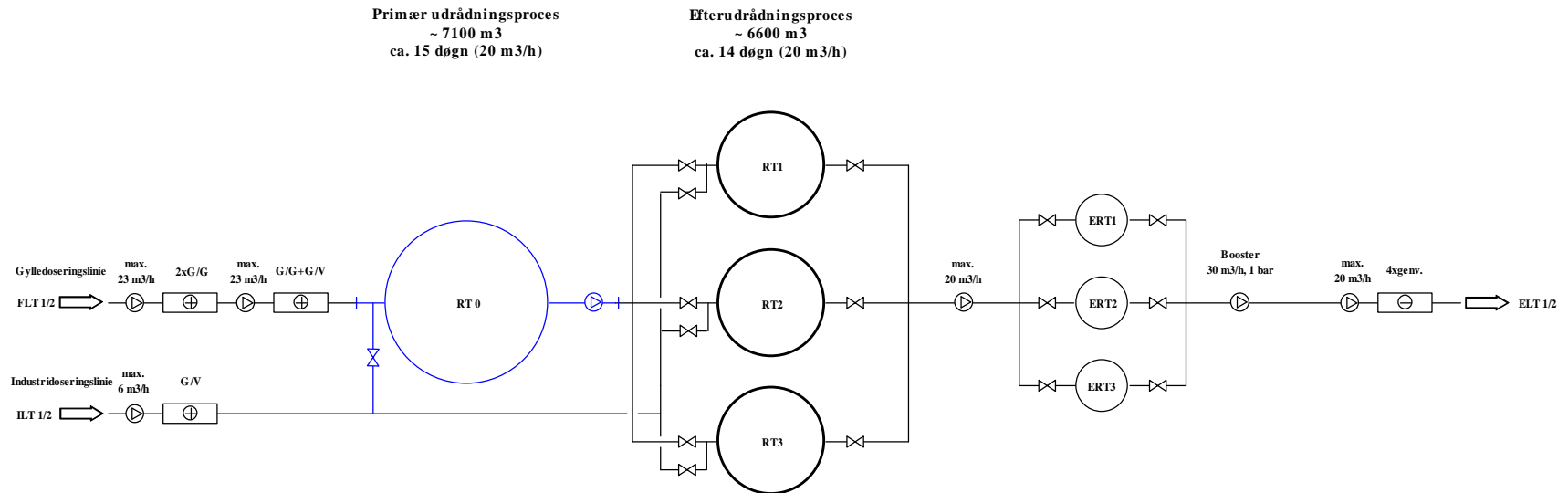
- 4 x Reaktortanke i alt 14.700 m³
- 2 x Efterlagre á 1.530 m³

860 kW Gas motor
med varmelager

RT1-3, hver 2.400 m³

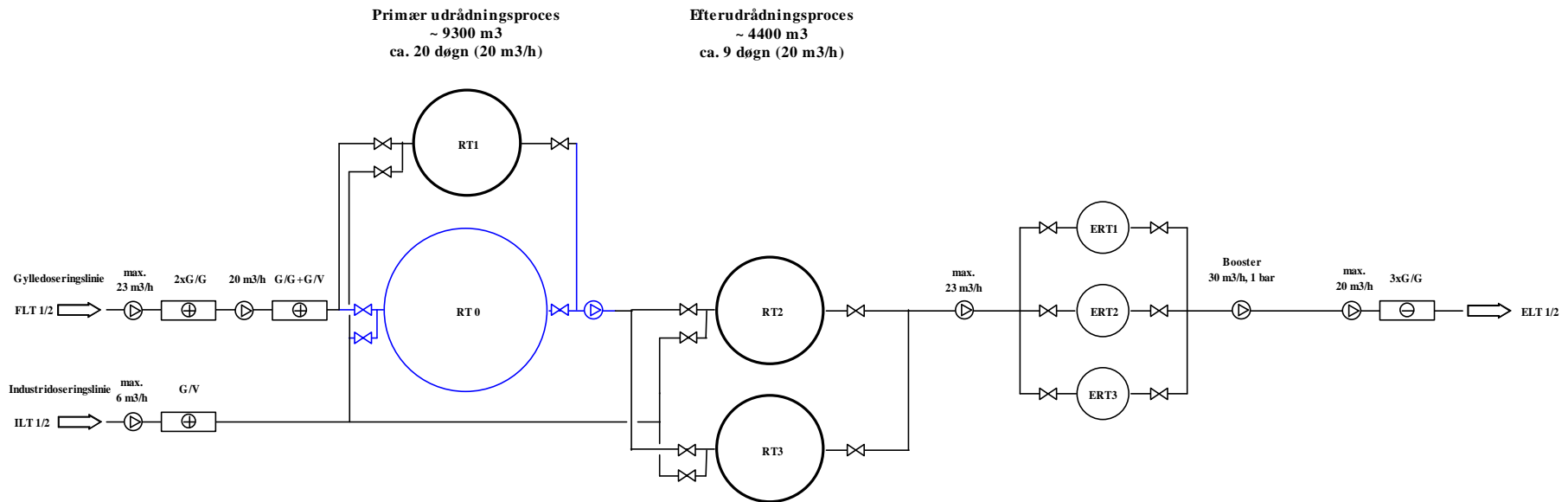
P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Proceskobling 1+3



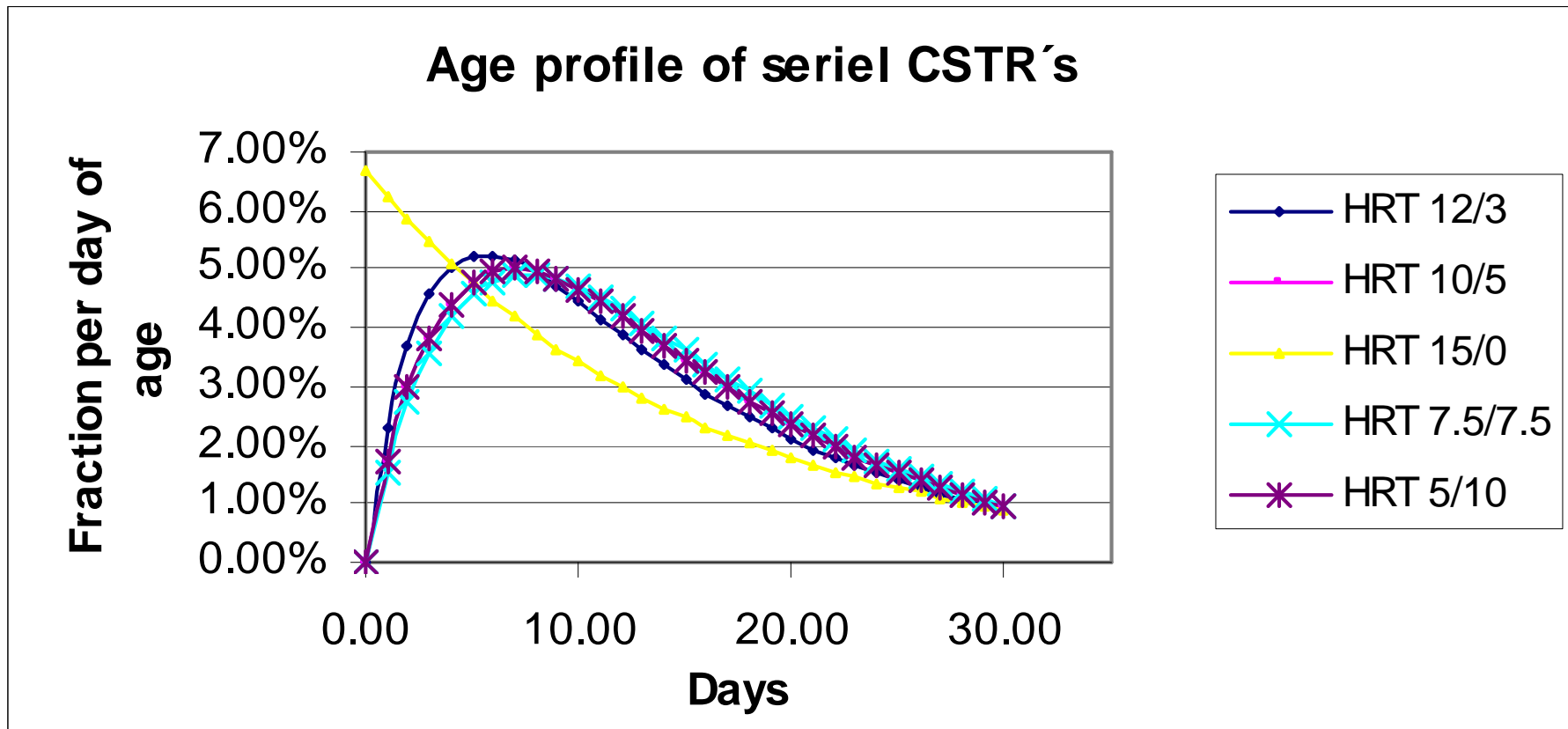
P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Proceskobling 2+2



P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Aldersprofil, 1 og 2 trinskobling



P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Projektforløb (Milestones)

- Anlæg ombygget fra efterår 2007 til Maj 2008 (opstart)
- Prøvetagning påbegyndt medio April 2008 (før ref. periode)
- Ny RT4 taget i drift fra 12. Juni 2008
- Drift omlagt til seriedrift fra 28. Juni 2008 (3+1 konfiguration)
- Eksisterende rådnetanke udtaget én af gangen for renovering (uforudset tidligt) fra 3. Sept. 2008. Afsluttet 29. Maj 2009.
- Serie konfiguration i ovenstående tidsinterval 2+1.
- 29. Maj – 5. Okt. 2009 : 3+1 konfiguration
- 6. Okt. – 31. Dec. 2009 : 2+2 konfiguration
- Løbende LB dataopsamling og egen analyser hele perioden 2008-09
- Prøvetagning (for DTU analyser) afsluttet 1. Dec. 2009
- DTU detail analyser og tests af forløb i to kampagner
- Ny hjemmeside "søsat" August 2008 og afsluttet ultimo 2009
- Projekt forsinket/forlænget i to omgange grundet reparationer

P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Resultater, generelt

- Omlægning til seriedrift foregik uden nævneværdige problemer
- Gasproduktion har siden udvidelse/omlægning kunnet holdes på et væsentlig højere niveau end tidligere uden procesproblemer (skumning o.l)
- Ammonium tolerance er konstateret at være højere end hidtil
- Udrådningseffektivitet er blevet væsentlig bedre
- Forholdsvis konstant belastnings og produktionsniveau i perioden
- Forholdsvis store variationer i råvaregrundlag og kvalitet over perioden, hvilket vanskeliggør præcis fortolkning

P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Driftskonfigurationer

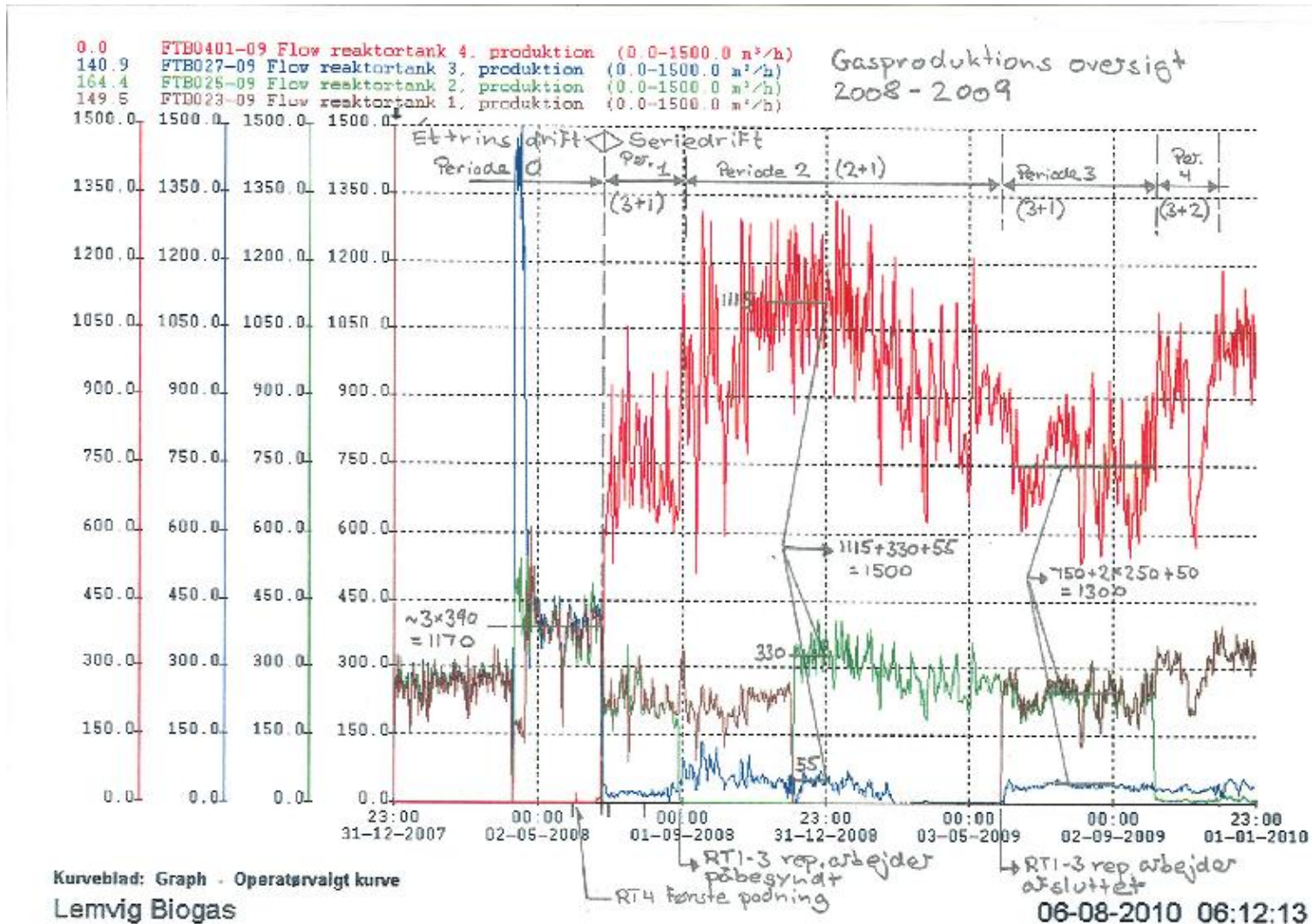
Configuration periods and production results			Average	Specific	Average	Digester	
Ref.	Plant configuration	Period	daily feed	biogas yield	HRT	Configuration	Comments
			ton/day	m ³ /ton	days		
0	Parallel, 6000 m ³	1/1-2008 -> 23/6-2008	478.6	36.8	12.7	RT1,RT2,RT3	Ref. period "before"
1	Seriel, 11000+2000 m ³	24/6-2008 -> 2/9-2009	481.6	35.9	27.2	RT1,RT2,RT4+RT3	New RT4+seriel config.
2	Seriel, 9000+2000 m ³	3/9-2008 -> 29/5-2009	452.3	40.4	24.8	RT1/RT2,RT4+RT3/RT1	RT1-3 for repair on shift
3	Seriel, 11000+2000 m ³	30/5-2009 -> 5/10-2009	487.7	37.9	26.9	RT1,RT2,RT4+RT3	As ref. period 1
4	Seriel, 9000+4000 m ³	6/10-2009 -> 31/12-2009	478.9	37.4	27.4	RT1,RT4+RT2,RT3	Increased seriel stage
0-4	Avg. 2008 & 2009	-	475.8	37.7	-		

Rimelig konstant belastning og udbytte.

Det bemærkes dog at periode 2 er en smule afvigende med lavere belastning og højere specifikt udbytte, hvilket indikerer ændring i råvaresammensætning.

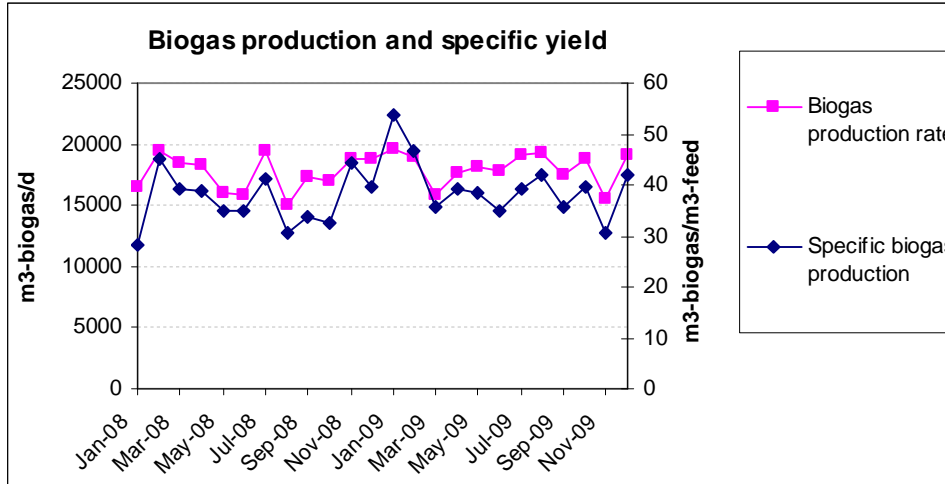
P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Oversigt, LB gasproduktion



P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

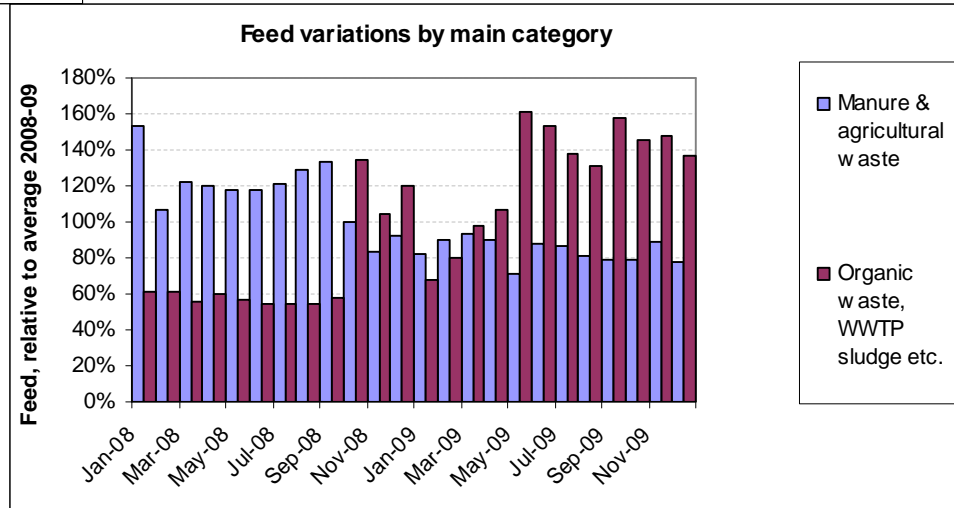
Oversigt, LB driftsdata



<=

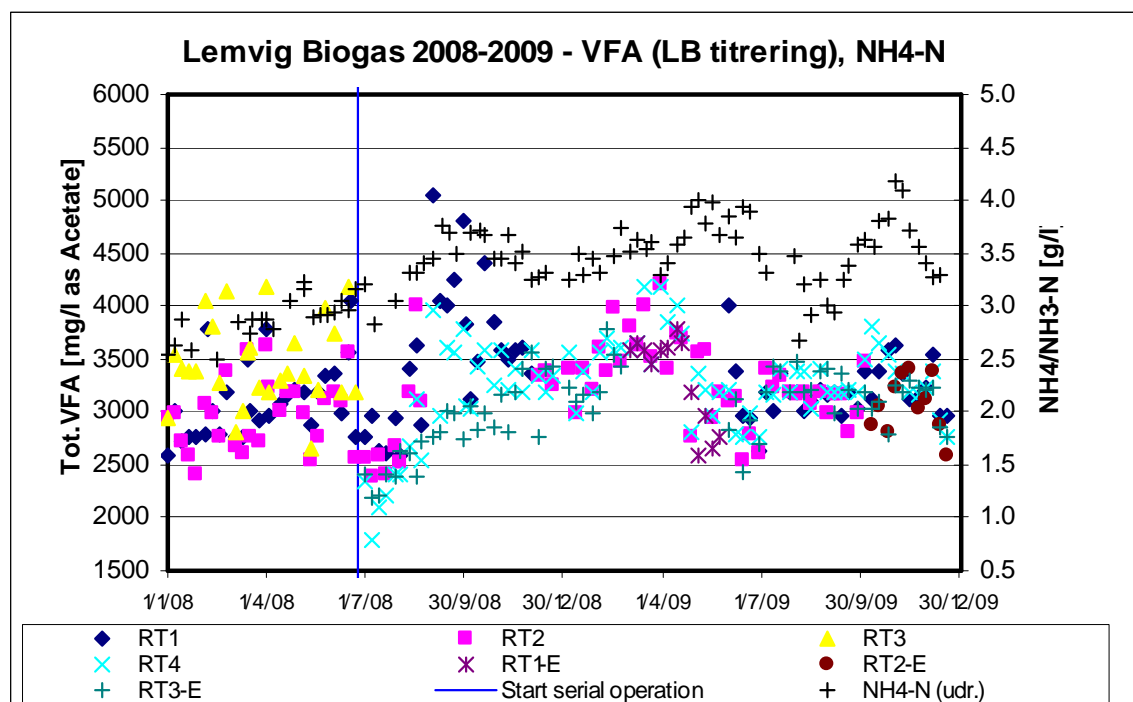
Forholdsvis konstant produktionsforløb over perioden, overordnet set

⇒
Men : Relativt store forskydninger i biomasse grundlag/sammensætning



P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Oversigt, LB data/analyser

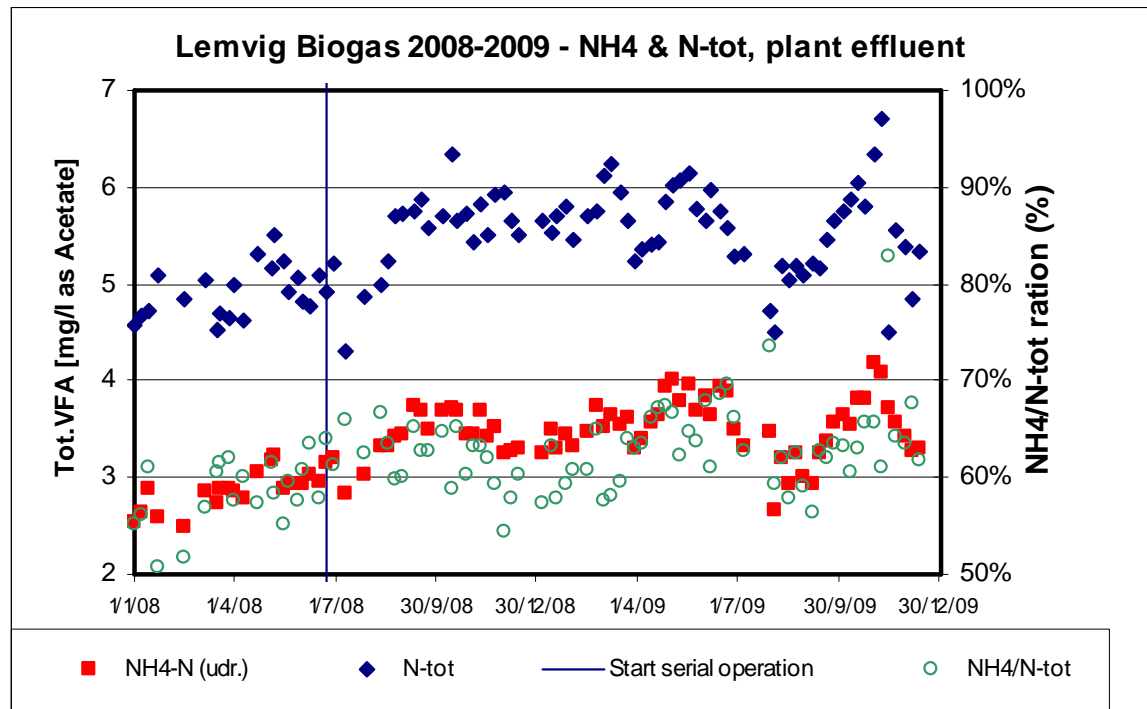


Observationer:

- Generelt stigende ammonium belastning efter driftsoplægning
- Svingende ammonium og VFA koncentration efter driftsoplægning
- VFA i serieudr. tanke (RT1-E og RT2-E) en smule lavere end i primærtanke

P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Oversigt, LB data/analyser – N/ammonium detalje

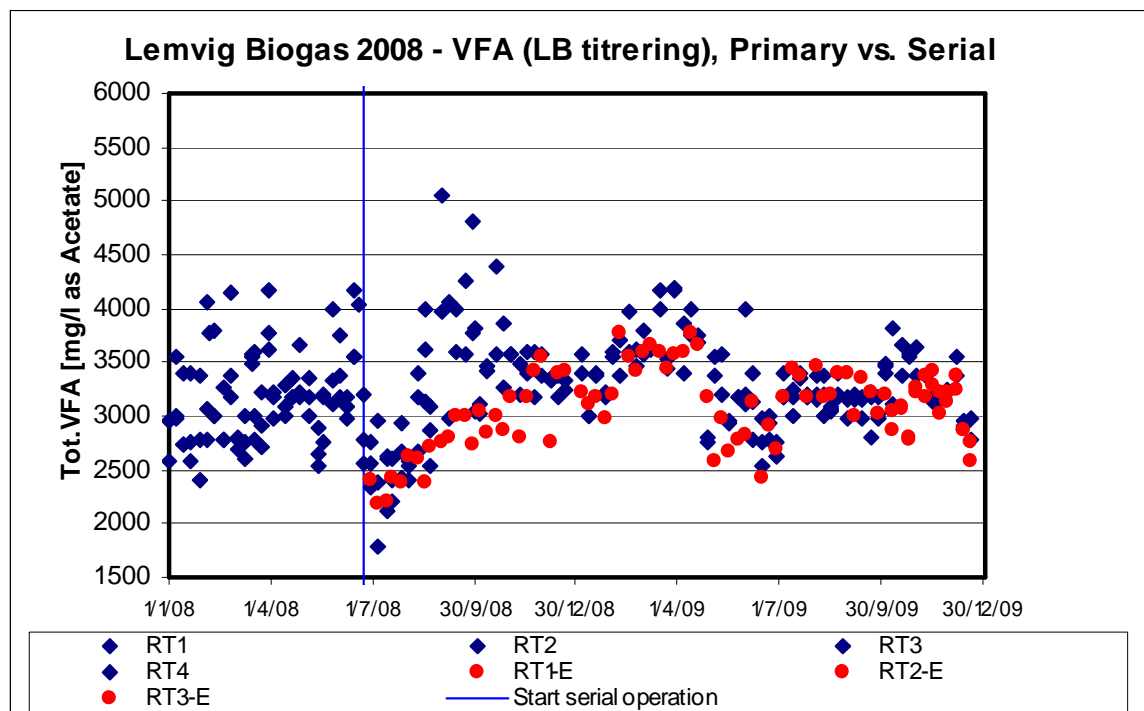


Observationer:

- Udover stigende N/ammonium belastning også et stigende NH4-N/N-tot forhold
- En indirekte indikation af mere effektiv VS omsætning/mineralisering

P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

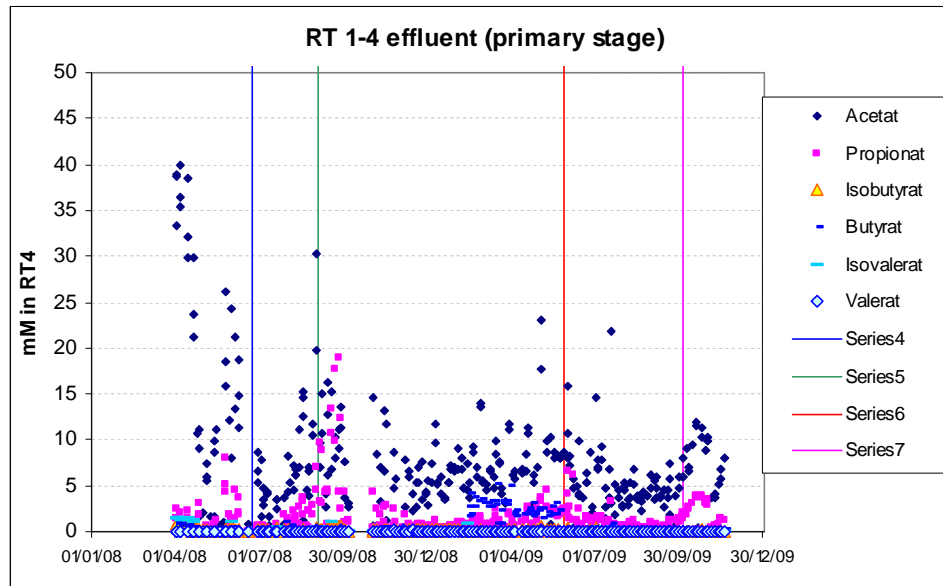
Oversigt, LB data/analyser – Udr. trin detalje



Observationer:

- Tendens til lavere VFA i serieudr dningstrin (men forskel maskeres af VFA titrerings nulpunkts offset ift. GC analyser, særligt n r koncentrationer er lave).

P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift DTU GC VFA, Primærtanke

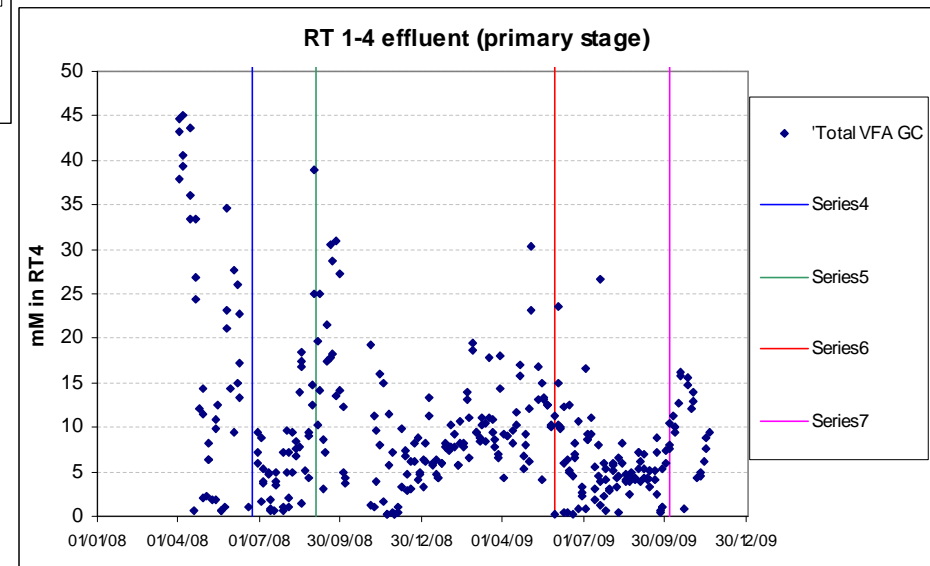


<=

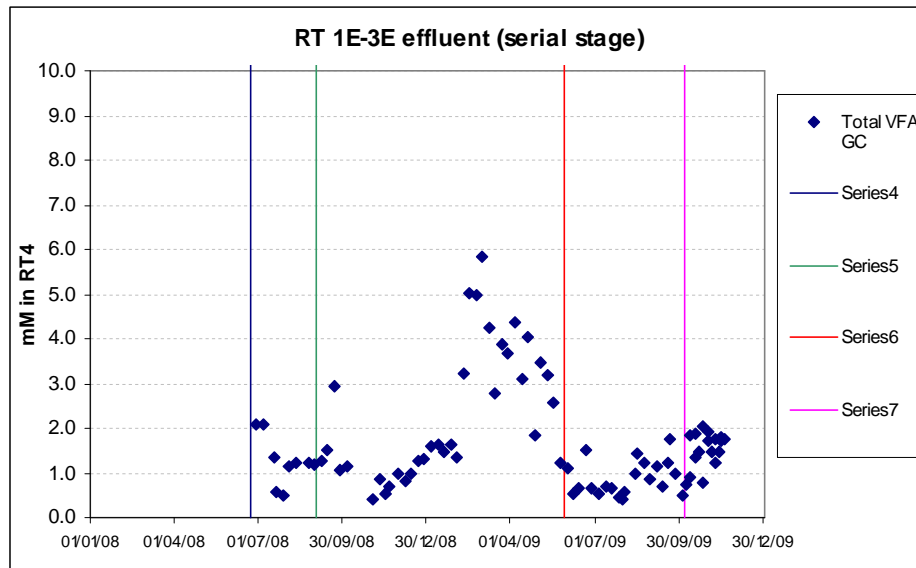
Primært eddikesyre, men til tider propionsyre (stress perioder ?)

=>

Total VFA i primærtanke temmelig varierende (uro i process/råvare), men generelt lavere efter omlægning til seriedrift (på trods af højere N belastning)



P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift DTU GC VFA, Seriel og hyg. tanke

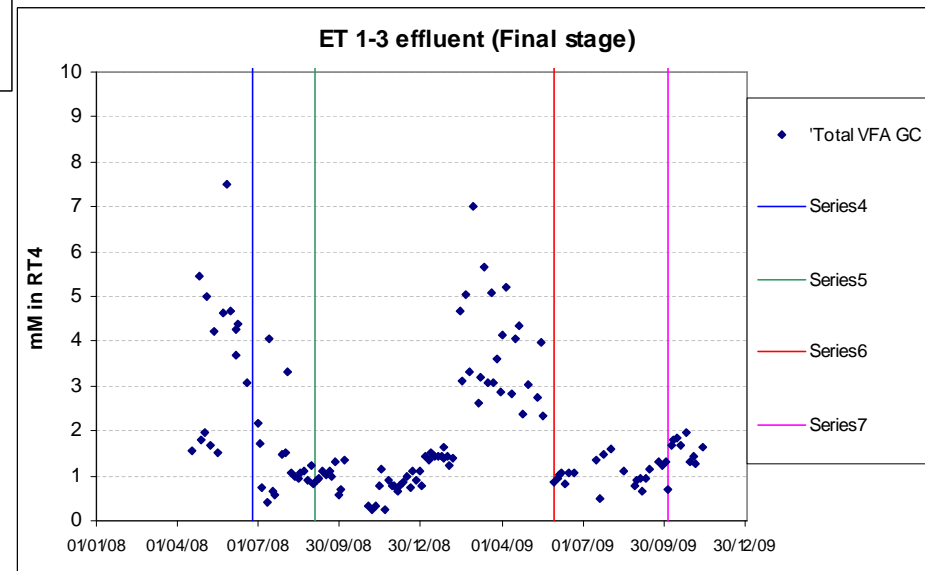


<=

VFA uro "slår igennem" til serielt trin, men på et meget lavere niveau (faktori 5-10 gange lavere).

=>

Også VFA uro i sluteffluent men på samme lave niveau som i serieudrådningstanke.



P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

DTU GC VFA, Periode gennemsnit

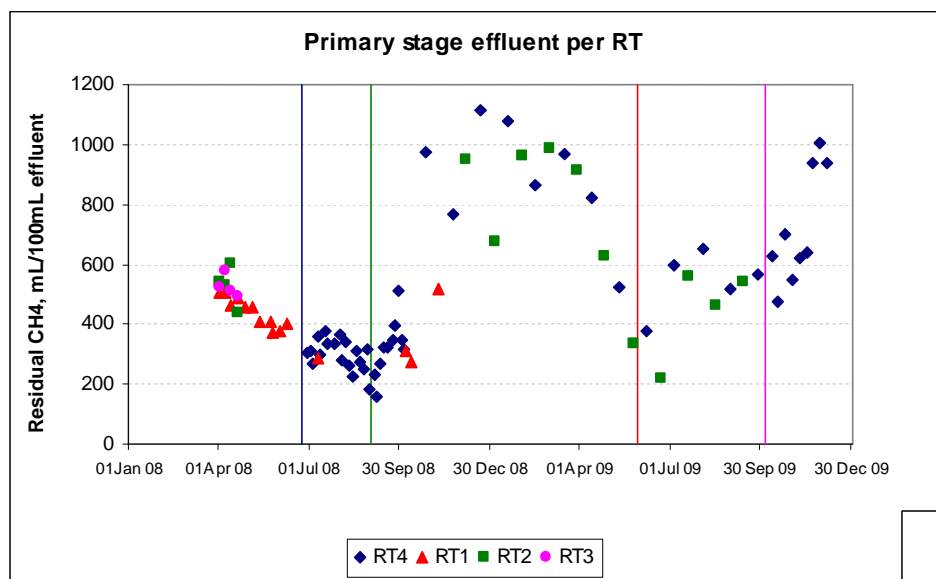
Period average values, VFA tot, mM					
Period no.	0	1	2	3	4
Config.	Parr.	Seriel 3+1	Seriel 2+1	Seriel 3+1	Seriel 2+2
RT1	15.55	10.09	15.30	6.84	11.38
RT2	20.22	6.60	9.62	6.05	-
RT3	23.54	-	-	-	-
RT4	-	6.14	8.27	5.03	9.45
RT1-E	-	-	3.40	-	-
RT2-E	-	-	-	-	1.54
RT3-E	-	1.35	1.67	0.88	1.50
ET1	3.64	1.63	2.25	-	-
ET2	3.88	1.24	1.92	1.08	1.64
ET3	14.26	1.35	1.94	1.01	1.60
Primary	19.77	6.94	9.20	5.54	9.88
Seriel	-	1.35	2.53	0.88	1.52
Final	7.26	1.41	2.04	1.05	1.62

Stort fald i VFA niveau ved driftsomlægning til seriedrift (faktor 2-5).

Stort set samme VFA niveau efter serietrin som efter hyg. trin.

Der anes en effekt af mindre totalvolumen i periode 2 (med tanke til rep.)

P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift DTU, Restpotentialer (effluent tab)



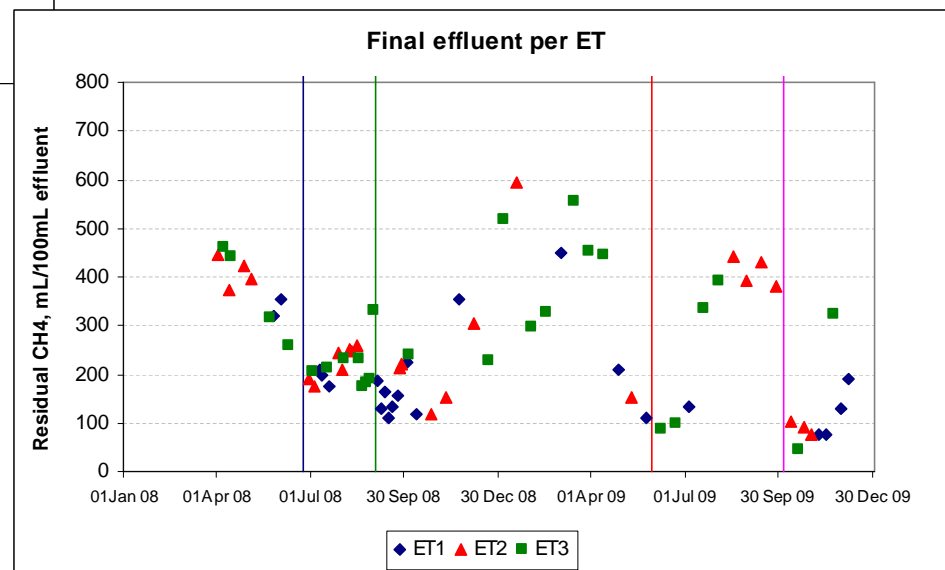
<=

Ikke nogen systematisk forskel mellem tanke med samme funktion.

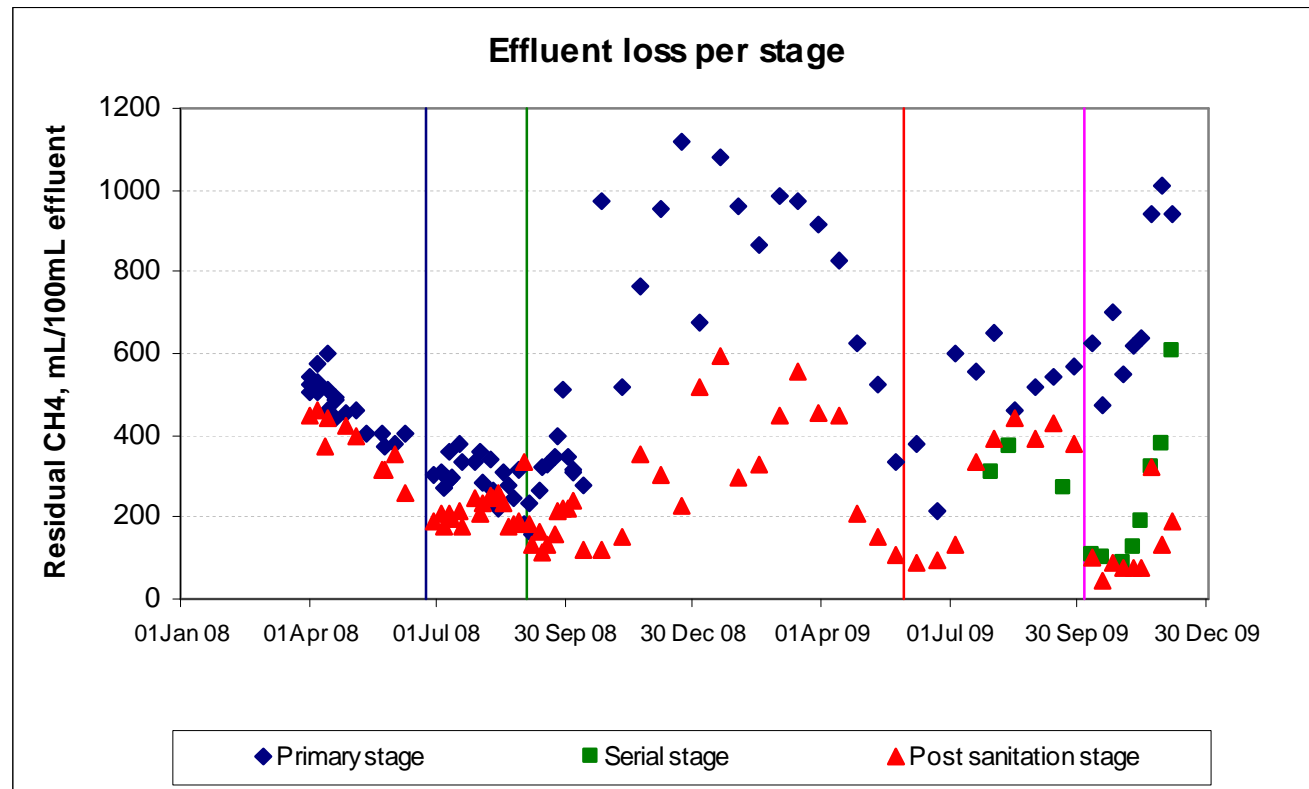
Uro ligner VFA uro (processvingninger).

=>

Heller ingen systematisk forskel mellem hygiejniseringsstanke. Uro fra udrådningstrin slår igennem.



P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift DTU, Restpotentialer (effluent tab)



Restpotentialer generelt mindre i senere trin, men med samme variation som i hovedproces. Serielt trin synes at stå for en stor del af indvinding af restpotentialer fra primært udrådningstrin.

P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

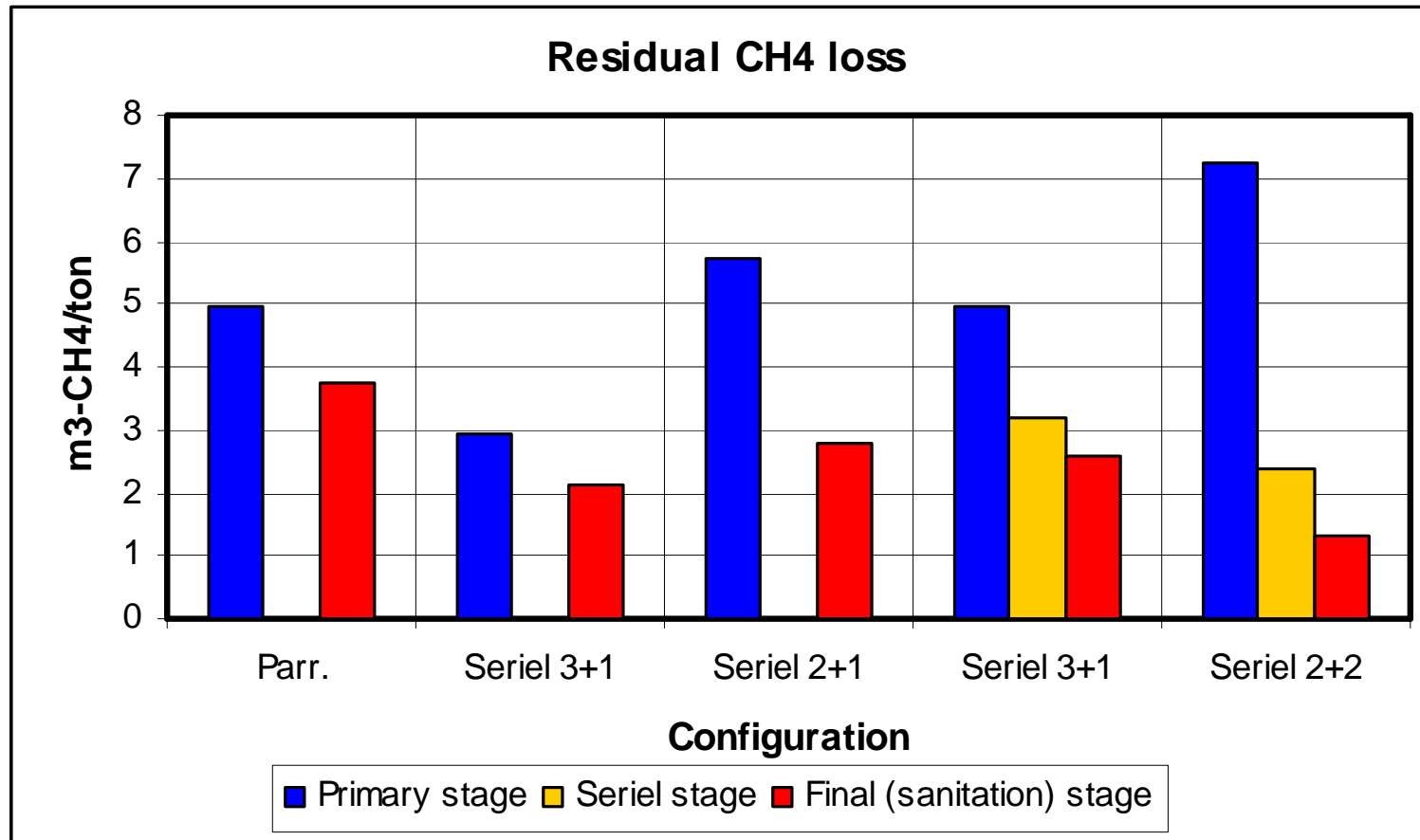
Periodegennemsnit, resttab

Period average values, Residual CH4, m3-CH4/ton					
Period no.	0	1	2	3	4
Config.	Parr.	Seriel 3+1	Seriel 2+1	Seriel 3+1	Seriel 2+2
RT1	4.40	2.88	3.68	-	-
RT2	5.28	-	7.78	4.46	E
RT3	5.26	E	E	E	E
RT4		3.00	5.75	5.42	7.22
RT1-E	P	P	(-)	P	P
RT2-E	P	P	P	P	2.40
RT3-E	P	-	-	3.19	-
ET1	3.37	1.95	1.95	1.33	1.19
ET2	4.11	2.26	2.51	4.11	0.91
ET3	3.69	2.20	3.83	2.28	1.84
Primary	4.98	2.94	5.73	4.94	7.22
Seriel		-	-	3.19	2.40
Final	3.72	2.14	2.76	2.58	1.31

Generel reduktion i endeligt resttab efter driftsomlægning.

P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Periodegennemsnit, resttab (grafisk)



Generel reduktion i endeligt resttab efter driftsomlægning.

Stor andel af primært resttab genvundet i serielt trin.

P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Omsætningseffektiviteter

Period average values, Residual CH4, m3-CH4/ton						Remarks
Period no. Config.	0 Parr.	1 Seriel 3+1	2 Seriel 2+1	3 Seriel 3+1	4 Seriel 2+2	
Plant yield	23.9	23.3	26.3	24.6	24.3	Assuming 65% CH4 Yield + final loss = 100%
Potential	27.7	25.4	29.0	27.2	25.6	
Primary	82.0%	88.4%	80.3%	81.9%	71.8%	Seriel+Sanitation stage
Post primary	25.2%	27.4%	51.8%	47.9%	81.8%	
Seriel	-	-	-	35.3%	66.8%	
Sanit. stage	25.2%	-	-	19.4%	45.3%	
Total	86.5%	91.6%	90.5%	90.5%	94.9%	

Generelt 4-8% stigning i total omsætningseffektivitet efter omlægning.

Lavere primæreffektivitet => Højere seriel effektivitet (seriel "tabsopfang")

Svært præcist at skille effekt af generelt øget opholdstid og seriedrift, samt opdeling af genvundet potentiale mellem serielt trin og efterhygiejniseringsstrin (grundet variationer og forstyrrelser i driftsforhold).

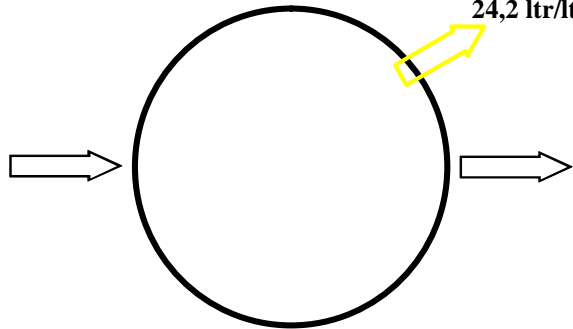
P10115 - Fuldskala Demonstration af Seriedrift

Analyse/konklusion baseret på periode 0+1

- Samlet effektivitetsforbedring skyldes en kombination af forlænget opholdstid og seriekobling.
- I LB tilfælde vurderes ca. 4% forbedring at skyldes længere opholdstid (12.6 til 22.6 dgn) i primærudrådning og 1.7% tilføjelse af serielt udrådningstrin (4.1 dgn), men på baggrund af en usædvanlig lang opholdstid i primært trin.
- Estimat hvis kun 4.1 dgn opholdstid tilføjet som primært eller serielt volumen (effektivitet ekskl. efterhyg. tanke):
 - 12.6 til 16.7 dgn ét-trins kobling : 83.4% to 85.5 % (+2.5% prod.)
 - 12.6 til 12.6 + 4.1 dgn to-trins kobling : 83.4% to 86.5% (+3.7% prod.)
 - Dvs. ekstra volumen ville i dette (mere normale tilfælde) være bedst anvendt i seriel kobling.

Éttrins koncept
15 døgns HRT, termofilt

Frisk råvare (kvæggylle):
Opløst VS : 20 g/l
Uopløst VS : 48 g/l
- Uomsætteligt : 22 g/l
- Omsætteligt : 26 g/l
Ialt omsætteligt : 46 g/l
GVS : 0.4 ltr-CH₄/g
=> 17,5 ltr-CH₄/ltr
~ 26,9 ltr-biogas/ltr (65% CH₄)

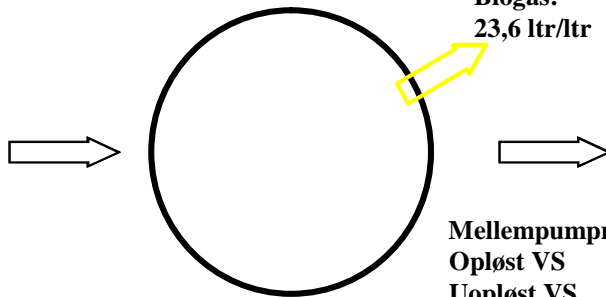


Biogas:
24,2 ltr/ltr

Udrådnnet materiale:
Opløst VS : 1 g/l
Uopløst VS : 25,6 g/l
- Uomsætteligt : 22 g/l
- Omsætteligt : 3,6 g/l
Ialt omsætteligt : 4,6 g/l (10%)
Omsat VS : 41,4 g/l
~ 24,2 ltr-biogas/ltr (= ref. 100%)

Totrins koncept
Primær trin, 12 døgn (80%)

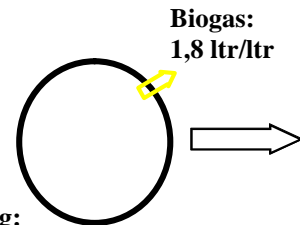
Frisk råvare (kvæggylle):
Opløst VS : 20 g/l
Uopløst VS : 48 g/l
- Uomsætteligt : 22 g/l
- Omsætteligt : 26 g/l
Ialt omsætteligt : 46 g/l
GVS : 0.4 ltr-CH₄/g
=> 17,5 ltr-CH₄/ltr
~ 26,9 ltr-biogas/ltr (65% CH₄)



Biogas:
23,6 ltr/ltr

Mellempumpning:
Opløst VS : 1,52 g/l
Uopløst VS : 26,22 g/l
- Uomsætteligt : 22 g/l
- Omsætteligt : 4,22 g/l
Ialt omsætteligt : 5,74 g/l (12,5%)
Omsat VS : 40,3 g/l
~ 23,6 ltr-biogas/ltr (97,5%)

Serie trin, 3 døgn (20%)



Biogas:
1,8 ltr/ltr

Udrådnnet materiale:
Opløst VS : 0,21 g/l
Uopløst VS : 24,34 g/l
- Uomsætteligt : 22 g/l
- Omsætteligt : 2,34 g/l
Ialt omsætteligt : 2,55 g/l (5,54%)
Totalt omsat VS : 43,45 g/l
~ 25,4 ltr-biogas/ltr (105%)

Evt. mere i praksis grundet lavere slut VFA niveau => forøget hydrolyse