

Driftsstart - Trinopdelt bioforgasningsanlæg til kraftvarme

Slutrapport



Udført for:
Energinet.dk
ForskVE projekt nr. 2011-1-10654
Udarbejdet af
BioSynergi Proces ApS
Henrik Houmann Jakobsen
Johnni Junker Daugaard Nielsen
December 2015

✉ BioSynergi Proces ApS
Industrivænget 4 C, Meløse,
DK-3320 Skævinge
☎ +(45) 45 86 14 30
🌐 www.BioSynergi.dk
CVR. nr. 25 90 41 84

Indholdsfortegnelse

1.	Slutrapport	3
1.1	Projekt identifikation	3
1.2	Executive summary	3
1.3	Projektets målsætning	4
2.	Projektresultater	5
2.1	Gasmotoranlæg	5
2.1.1	Havari på gasmotoranlæggets elgenerator	6
2.1.2	Støjproblemer fra gasmotoranlæg	7
2.2	Tørreanlægget	8
2.3	Flistransportsystem	10
2.3.1	Erfaringer med flistransportsystemet	10
2.4	Gasrør	11
2.5	Gasgenerator	11
3.	Konklusion	14
3.1	Anvendelse af projektresultater og perspektiv	14

Forsidefoto:-Det opførte flisfyrede bioforgasningsanlæg til kraftvarmeproduktion ved fjernvarmecentralen hos Hillerød Forsyning.

1. Slutrapport

1.1 Projekt identifikation

Projekt titel	Driftsstart- Trinopdelt forgasningsanlæg
Projekt identifikation	Nr. 2011-1-10654
Navn på programmet som har finansieret projektet.	ForskVE
Navn og adresse på projektansvarlig	BioSynergi Proces ApS Industrivænget 4 C, Meløse, DK-3320 Skævinge
CVR.	25 90 41 84
Dato for rapportering	21/12 2015

1.2 Executive summary

I projektet er udført opgaver med henblik på driftsstart af et forgasnings-kraftvarmeværk som BioSynergi Proces har opført på Hillerød Forsynings fjernvarmecentral på Kirsebærølle, Hillerød.

Anlægget fyres med almindelig våd brændselsflis fra skovbruget af samme kvalitet som anvendes på fjernvarmeværker.

Etableringen af anlægget har modtaget støtte fra Energistyrelsen EUDP projekt nr. 64010-0100: *Demonstration of 1300 kWth-commercial size- gasification plant for CHP production" under EUDP 10-I.* og EUDP projekt j.nr. 64013-0570: *Afslutning af demonstrationsanlæg- 1300 kWth bioforgasningsanlæg til kraftvarme.*

Foruden EUDP-programmet har Hillerød Bioforgasning P/S og BioSynergi Proces ApS ydet finansiering til etableringen af bioforgasnings-kraftvarmeværket, der er tilsluttet fjernvarmenettet hos Hillerød Forsyning.

Projekternes målsætning har været at etablere den første opskalerede udgave (1.300 kWth svarende til ca. 300 kWel/750 kJ/s varme) af BioSynergi Proces' trinopdelte bioforgasningsanlæg til kraftvarmeproduktion. Denne målsætning var opnået ultimo august 2014 hvorefter det her rapporterede projekt kunne sættes i gang.

Der har af vidt forskellige årsager været et helt usædvanligt antal afbrydelser af arbejdet med driftsstart af bioforgasningsanlægget.

Den lange række af tekniske udfordringer i forbindelse med driftsstarten af bioforgasningsanlægget har betydet at det ikke er lykkedes indenfor projektets økonomiske ramme at få det samlede forgasningsanlæg i drift.

Under projektet er gasmotoranlægget, tørreanlægget til flis, varmegenvindingen efter tørreanlægget og resten af varmesystemet, der leverer varme til fjernvarmenettet, idriftsat og fungerer uden problemer med naturgas som brændstof.

Metoden til opstart af gasgeneratoren er udviklet, men det sidste problem med ophobning af aske i bunden af gasgeneratoren, der udgør en blokade for gasafgangen mangler der fortsat at blive demonstreret den endelige løsning på.

Projektarbejdet fortsætter hermed i ForskVE pr. nr. 12300.

Når løsningen på askeudtaget er fundet er det sidste uafdækkede hjørne at få gasrensningssystemet i drift og foretage selve omkoblingen af gasmotoren fra drift på naturgas til drift på trægas.

1.3 Projektets målsætning

Projektet har ydet tilskud til at dække de ekstra driftstekniske udfordringer, som driftsstart af en helt ny teknologi til el- og varmereproduktion på biomasse indebærer. Tilskuddet har medvirket til at forhindre at der ikke er opstået en økonomisk kvælning af den demonstrerede teknologi og den bagvedliggende organisation i løbet af det første kritiske år.

Resultatet af det samlede projektarbejde skal medføre en mangeårig fuldskala demonstrationsdrift af BioSynergis samlede bioforgasnings-kraftvarmesystem på et fjernvarmeværk.

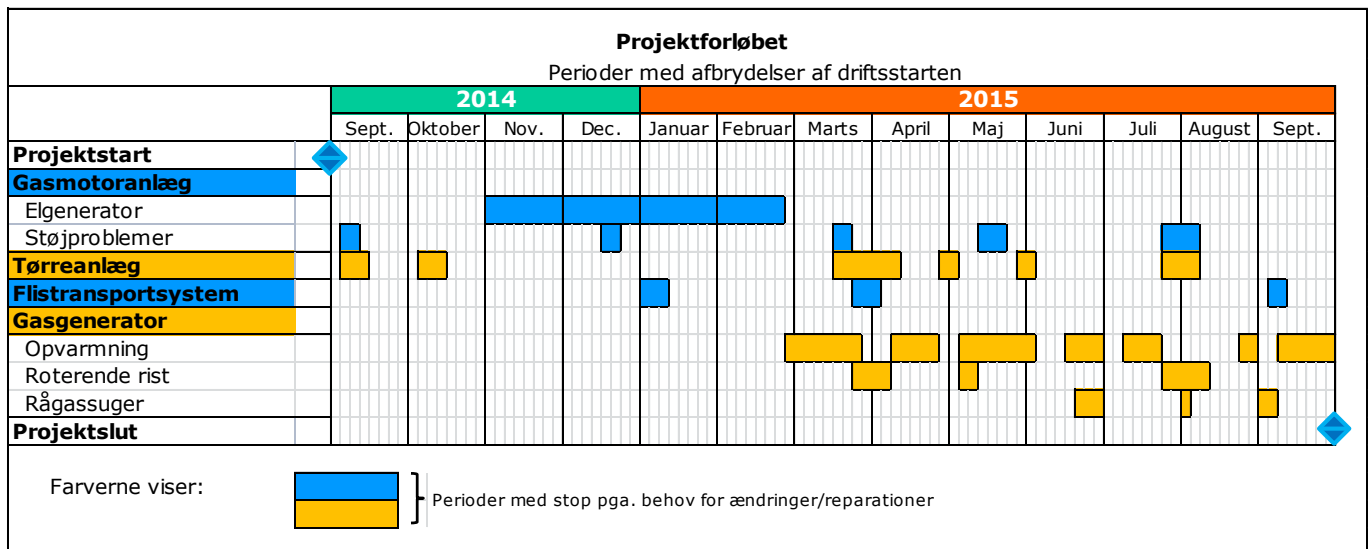
2. Projektresultater

I de følgende afsnit beskrives kort de gennemførte opgaver og resultater fra driftsstarten af bioforgasningsanlægget udført i projektets periode fra september 2014 til udgangen af september 2015.

Illustrationen af projektførløbet i figur 1 viser, at der af vidt forskellige årsager har været et helt usædvanligt antal afbrydelser af arbejdet med driftsstart af bioforgasningsanlægget.

Helt dominerende har været en næsten fire måneder lang periode, hvor gasmotoranlæggets elgenerator lige efter opstart fuldkommen uventet og uden nogen forklarlig årsag totalhavarede. Bestræbelserne på at få retableret gasmotoranlægget, så elproduktion igen blev mulig udgjorde en lang kamp hvor teknik, tid, og økonomi i treenighed udgjorde en sejlivet barriere.

Kampen blev vundet, men kostede mange ressourcer, som efterfølgende var stærkt savnede til løsningen af de øvrige udfordringer.



Figur 1: Oversigt på projektførløbet med angivelse af hvornår der af tekniske årsager er opstået afbrydelser i arbejdet med idriftsættelsen af bioforgasningsanlægget. Knapt fire måneder kostede det dominerende havari af gasmotoranlæggets elgenerator.

I de følgende afsnit i kapitlet er nærmere beskrevet de opgaver som har været nødvendige at løse under arbejdet med idriftsættelsen og de opnåede resultater.

2.1 Gasmotoranlæg

Det installerede gasmotoranlæg blev indkøbt anskaffet som et brugt, men gennemrenoveret anlæg. Det blev leveret i marts 2013 og blev derefter monteret sammen med og tilsluttet den øvrige installation af bioforgasningsanlægget. Ved starten af det her rapporterede projekt havde det endnu ikke været prøvestartet, men dette skete i september 2014.

2.1.1 Havari på gasmotoranlæggets elgenerator

I slutningen af oktober 2014 blev foretaget en kort testkørsel med gasmotoranlægget og tørreanlægget. Den sluttede brat da der efter kort tids drift opstod en elektrisk kortslutning i gasmotoranlæggets nyrenoverede elgenerator.

Efter demontage af den ca. 1400 kg tunge elgenerator blev den i november 2014 fragtet til og adskilt hos det firma, som havde renoveret den. Kortslutningen har desværre beskadiget både dens viklinger og rotor så kraftigt, at en reparation i praksis var umulig. Leverandøren af gasmotoranlægget blev sat i gang med at søge efter en erstatning, men uden resultat. Problemet var, at generatorens montagebeslag havde en speciel udformning og placering for at de kunne passe til gasmotoranlæggets fundament.

Elgeneratorfabrikanten lå ikke inde med tegningerne til denne specielle udgave og oplyste en leveringstid på ca. seks uger for en standard generator. Det betød implicit at den specielle udgave vi havde behov for både ville tage endnu længere tid og være dyrere.

For at spare især tid, men også penge blev i stedet søgt efter en alternativ løsning. Den begyndte med en opmåling af gasmotoranlæggets fundament. De efterfølgende tegninger viste at det lige akkurat kunne lade sig gøre at ombygge fundamentet, så en standard elgenerator kunne monteres i stedet for den originale, specielle udgave.

I slutningen af november lykkedes det at finde en ubrugt og driftsklar standard generator hos en maskinhandler i Tyskland til hurtig levering. Den blev indkøbt og ankom i midt i december i original indpakning.

Konstruktionen til fundamentets ombygning kunne herefter afsluttes, og nye ståldele blev ordret hos en underleverandør ud fra tegningsmaterialet. Et eksternt specialfirma fik til opgave at udførte test på den indkøbte generator. Testen viste ikke nogen som helst tegn på at den nogensinde skulle have været i drift.

Næste trin var at fremstille generatorfundamentet i eget værksted og derefter få det fræset plant hos en underleverandør hvorefter det var klart til at blive svejst til gasmotorfundamentet. Elgeneratoren kunne herefter boltes på fundamentet. En underleverandør foretog den endelige opretning med en laserudmåling. Den elektriske tilslutning kunne til slut udføres af en autoriseret elinstallatør og i slutningen af januar var alt klar til prøvestart. Men resultatet var nedslående.

Generatoren reagerede meget voldsomt og ydede en meget stor elektrisk modstand. Den udsendte gnister selv om den end ikke kom op i nok omdrejninger til at blive koblet på nettet.

Fejlsøgningen viste at dens interne viklinger i al hastværket var blevet forbundet på samme måde som den gamle generator. Men dette var desværre

forkert. Selv om de to generatorer var af samme type var statorviklingerne på den ny viklet anderledes end den gamle, så forbindelserne kortsluttede halvdelen af viklingerne.

Efter at fejlen var rettet kunne generatoren køres op i omdrejninger uden mislyde, men den var ude af stand til at levere konstant spænding, hvilket er en forudsætning for at koble den på nettet. Den forkerte tilslutning havde sandsynligvis forårsaget en indre skade på generatoren. Den forsinkede tidsplan levnede ikke plads til en mere tidskrævende fejlsøgning og reparation af den netop installerede generator, så det med det samme besluttet at søge efter en anden elgenerator.

Med stort held lykkedes det endnu en gang at finde og indkøbe endnu en elgenerator i udlandet til erstatning for den fejlmonterede. Udsiftningen blev udført hvorefter gasmotoranlægget ultimo februar 2015 kunne startes på naturgas Alene dette havari endte med at forårsage en forsinkelse af anlægsopstarten på fire måneder.

2.1.2 Støjproblemer fra gasmotoranlæg

Da gasmotoranlægget og tørreanlægget blev sat i drift for første gang primo september 2014 kunne med det samme konstateres, at støjniveauet fra motorens udstødningssystem både inde i hallen men også udenfor var for højt. Tromlen i tørreanlægget forstærkede støjen fra røggassystemet efter motoren hvilket gjorde det nødvendigt at reducere støjen umiddelbart efter gasmotoren. Den nødvendige lyddæmper var ca. 4 meter lang og med en vægt på ca. 400 kg. Den eneste ledige plads til installationen var ovenpå gasmotorens støjcelle.

Mens der blev ventet på leveringen af lyddæmperen blev konstrueret og fremstillet et stålfundament til fastgørelse på støjcellens bærende stålspær.

Da lyddæmperen ankom i november kunne den løftes med en lastbilmonteret kran op på montagedstedet, hvorefter svejsningen af de ændrede røggasrør kunne afsluttes. Lyddæmperen reducerede støjen i hallen væsentligt. Efterfølgende er monteret udvendig isolering som har mindsket støjen yderligere og ikke mindst varmen inde i hallen.

Der var dog fortsat støj fra skorstenen som kun kunne høres udenfor hallen. Lyden gav indtryk af at være mundingsstøj, der opstod hvor røgen forlader skorstenen.

Da en mindre røghastighed ikke var mulig på grund af kravene i anlæggets miljøgodkendelse blev besluttet at gøre et forsøg på at mindske mundingsstøjen ved at konstruere en lyddæmper til at bolte på toppen af skorstenen.

Til montagen af lyddæmperen blev lejet en 18 meter personlift. Ved afprøvningen efter montagen kunne måles at lyddæmperen reducerede støjen tydeligt, men desværre ikke nok. En primitiv lydmåling før og efter viste en reduktion på ca. 3 dB i en afstand på ca. 70 meter fra skorstenen. Når der fra

personliften blev lyttet til lyden direkte ved skorstensmundingen virkede det tydeligt, at det var røggassugerens støjudsendelse, der på trods af dæmperen nåede helt ud af skorstenen.

Med henblik på at mindske det visuelle indtryk af røgfanen fra skorstenen blev endvidere udført et simpelt forsøg med bypass af en delstrøm af udstødningsgassen, der blev ført direkte til røggassugeren for derved at genopvarme røgfanen. Røgfanen blev lidt mindre synlig, men den øgede røggastemperatur betød også en øget belastning på røggassugeren. Løsningen blev forkastet på grund af den deraf følgende øgede støj.

For at dæmpe støjbidraget fra røggassugeren blev til en start foretaget opmålinger af den mulige placering af endnu en lyddæmper til montage efter røggassugeren. Der blev indhentet et tilbud fra et akustikfirma, der leverer en lyddæmpere som specielt var tilpasset efter støjilden. Men tilbuddet fra akustikfirmaet viste sig desværre at være uden garanti for den ønskede effekt og alt for dyrt i forhold til projektbudgettet.

Som et overkommeligt alternativ blev i stedet indkøbt en standard lyddæmper, hvor der heller ikke fulgte nogen garanti for virkningen, men som til gengæld var i en overkommelig prisklasse.

Den blev tilpasset, så den kunne monteres på røgrøret før indløbet i skorstenen for at opnå en første praktisk afprøvning og vurdering af dens virkning.

Den blev klar til montage og afprøvning i august. Ved den efterfølgende afprøvning med røgsugeren i drift med højeste hastighed kunne konstateres at den sidste dæmper også virkede. Den reducerede støjen så meget, at det nu er meget vanskeligt at skelne støjen fra skorstenen fra de øvrige støjilder i området. Med i alt tre lyddæmpere monteret er skorstensstøjen herefter ud fra en subjektiv vurdering ikke længere et problem.

2.2 Tørreanlægget

Før tørreanlægget blev installeret sammen med resten af anlægget var det blevet funktionsafprøvet på BioSynergis værksted, hvor det havde været sat til at rotere i kold tilstand.

Ved den næste afprøvning efter installationen på bioforgasningsanlægget kunne tørreanlægget opvarmes til driftstilstand. Her viste det sig at temperaturen på de udvendige løbebaner på tromlen blev højere end antaget. Det medførte at de valgte drivhjul og støtteruller kom over deres tilladelige driftstemperatur og kunne derfor ikke bruges.

Drivhjulene blev udskiftet til massive nylonhjul med samme dimension som de oprindelige hjul, så lejer og aksler kunne genbruges. Montagepunkterne til hjulene blev modificeret hos en underleverandør, så de kunne overføre momentet til tørretromlen.

Denne løsning blev valgt da det ikke var muligt at finde alternative kunststof materialer, der kunne klare højere temperaturer. Stålruller blev ikke valgt fordi

de forudsigeligt ville give øget støj, have mindre friktion og indebar en risiko for gnist dannelse.

Efter den endelige udskiftning af gasmotoranlæggets elgenerator kunne gennemføres test at de nye hjul med varme på tørreanlægget. De kunne sagtens kunne igangsætte tromlen og støjniveauet var også blevet mindre. Reduktionen af støjen var desværre et resultat af at materialet blev blødt under driften. Det medførte at hjulene deformede under stilstand og gav voldsomme vibrationer ved de efterfølgende opstarter indtil de var blevet varme nok. Den hurtige løsning blev at reducere fladetrykket på hjulene ved at montere nye i en bredere dimension. Det krævede minimalt arbejde. For at mindske støj og vibrationer blev tromlens omdrejningstal halveret ved samme lejlighed.

Kort efter denne ændring viste det sig at de mange ekstra vibrationer havde svækket tromlens bærende aksler. Det fik de bageste bærende aksler til at knække og kort tid efter skete det samme for de forreste.

Bruddet var opstået tæt på midten af akslerne og havde udseende som træthedsbrud. Tidspresset fra det langstrakte havari på elgeneratoren krævede en hurtig løsning. Den blev fundet ved kun at øge akseldiameteren på midten, hvor belastningen er størst, og bibeholde dimensionen ved lejerne. Dette vil reducere risikoen for tilsvarende brud.

Den efterfølgende drift af tørreanlægget har ikke resulteret i yderligere problemer med aksler eller drivhjul.

I forbindelse med tørreanlægget har der desuden været et par driftsstop på grund af tilstopning af multicyklonen og røggaskøleren. De to enheder var blevet fyldt med træstøv, der var ført med af røggassen fra tørreanlægget.

Oprindeligt var blot monteret en opsamlingspand til træstøv under multicyklonen og hvis den ikke blev tømt i tide ophobede støvet sig i cyklonen og blokerede derefter cyklonen.

Problemet blev løst ved at eftermontere en cellesluse og en fleksibel snegl under udløbet fra multicyklonen, der automatisk fører støvet tilbage til transportsystemet efter tørreanlægget. Samtidig bliver træstøvet igen til brændsel i stedet for at udgøre et restprodukt, der skal bortskaffes.

Røggaskøleren blev formentligt tilstoppet ved en kombination af den overfyldte multicyklon og for lav vandstrøm gennem dens skyllesystem.

Efter en tidskrævende rensning af røggaskondensatoren blev monteret en kraftigere spulepumpe, og det har sammen med den automatiske tømning af multicyklonen medvirket til, at problemet ikke har vist igen.

Driftsafprøvningen af tørringsanlæggets har vist sig, at det kan levere meget tør flis. En enkelt måling har vist 0 % vandindhold, hvilket er under det ønskelige til forgasning. Tørringen kan reguleres ved at ændre på styringsparametrene, så efter den måling er tørrekapaciteten blev reguleret noget ned.

2.3 Flistransportsystem

Brændselsflisen til anlægget aftippes fra en lastvogn i en fire meter dyb modtagegrav. Herfra tager en fuldautomatisk flis kran den våde flis og transporterer den til modtagetragten. Modtagetragten består af en stålbeholder med en snegl i bunden. Modtagetragten er forbundet til en transportsnegl, som fører flis frem til et slusesystem bestående af et topskydespjæld, en mellembeholder og et bundskydespjæld. Slusen er placeret direkte over flis indføringen til tørretromlen. Efter tromlen falder flisen ned i en snegl, som er direkte forbundet til tørlageret via en flangesamling. Selve tørlageret er fremstillet i en 20 fods container for at gøre løsningen mobil. Containeren indeholder i grove træk et sneglerørstykke, et skydespjæld, fire langsgående snegle samt en tværsnegl for enden af containeren. Fra tværsneglen fører to snegle flisen frem til et nyt slusesystem. Det består af en spadeventil, en mellembeholder, snegl samt endnu en spadeventil. Dette slusesystem forbinder de to forrige snegle med indfyringen i gasgeneratoren.

Alle transportsnegle er udført som trugsnegle med aftagelige låg og med Ø 400 mm snegle. Den store størrelse har væsentlig større kapacitet end nødvendigt, men det er valgt for at kunne håndtere et uensartet brændsel som skovflis med færrest mulige driftsstop.

Det har desværre været nødvendigt at anvende relativt mange transportsnegle på anlægget. Grundet nødvendige afstandsforhold til veje og bygninger har der været begrænsninger af anlægget placering på matriklen, og det har gjort anlægget mere kompakt en hvad der ellers ville være ideelt.

2.3.1 Erfaringer med flistransportsystemet

Med idriftsættelsen af flistransportanlægget blev det hurtigt klar at sneglen i bunden af modtagetragten ikke virkede optimalt. Sneglen satte sig fast flere gange selv med en minimal mængde flis i tragten. Det viste sig at sneglen løftede sig op og låste sig fast i afgangskanalen, hvilket blev løst ved at montere et ekstra styreløje på akslen. Det kunne desværre ikke afhjælpe problemet helt, så der blev efterfølgende indført flere andre ændringer. Gearmotorens moment blev øget og et par konstruktive ændringer omkring sneglen har mindsket dens momentbehov. Kombinationen af de forskellige løsninger har afhjælpet problemet i modtagetragten, der nu kan fyldes helt op uden at det fører til stop.

På de fleste af de øvrige transportsnegle har der også været behov for at foretage konstruktive ændringer. Der er udført tilpasning af sneglevindingerne og monteret indvendige styr i snegletrugene for at forhindre udbøjning af sneglene, der ellers vil klemme mod trugene.

Hvor dette ikke har vist sig at være tilstrækkeligt er der også her skiftet til andre elmotorer og gear med højere moment.

De mange stop i flistransportsystemet har været meget tidskrævende i forhold til driftsstarten af anlægget. Det er karakteristisk at problemerne med transportsneglene først har vist sig efter flere timers opstart af anlægget. Den tid som har været brugt på driftsstarten går helt tabt når et stop har gjort det nødvendigt at lukke ned og arbejde med ændringer af de enkelte snegle.

Efter udskiftningerne af motorer og gear har der kun været kortvarige driftsstop på transportsneglen, der har kunne ordnes ved at køre sneglene retur og frem et par gange. Med de nye gear er sneglenes kapacitet reduceret en del. Det forlænger opstarttiden for gasgeneratoren, men til en af sneglene er fundet en kombination som både har den ønskede hastighed og moment. Når der på et tidspunkt opstår et økonomisk råderum kan tilsvarende ændringer indføres på de øvrige transportsnegle.

Det (pneumatiske) skydespjæld som sidder inde i tørflislageret befinder sig i fugtige og støvede omgivelser. Dette klima medfører, at det efter længere stilstandsperioder har været nødvendigt at løsne spjældet manuelt. Fejlen opstår ikke under normal drift. Denne manuelle opgave er ekstra tidskrævende fordi det er nødvendigt at udlufte og kontrollere luftkvaliteten i tørflissiloen inden der går personer ned i denne for at udføre arbejdet.

Adskillelse, afrensning og smøring har hver gang afhjulpet problemet.

2.4 Gasrør

Under montagen af lyddæmperen til udstødningssystemet blev rengasrøret afmonteret for at give plads til lastbilkran i hallen. Ved genmontagen blev konstateret at det ene af rørene desværre var blevet svejst op med en flange, der var ca. 1 grad ude af mål. Den mest enkle løsning på problemet var at indsætte en rørkompensator til at optage vinkeldrejningen. Den nye kompensator er svejst på røret af et eksternt smedefirma.

Gasrøret er blevet genmonteret og efterfølgende blev gasrørstrækningen trykprøvet efter Gasreglementets anvisninger.

2.5 Gasgenerator

Gasgeneratoren blev igangsat i november 2014. På grund af haveriet på elgeneratoren kunne der ikke tørres flis på anlægget, men heldigvis havde flisen i graven ligget der siden byggeriet af anlægget var gået i gang. Der var opstået tørre partier som kunne fiskes op og bruges til de første opstarter.

Testen viste at procesbrænderen i toppen af gasgeneratoren og niveauføleren, der begge benyttes under opstarten, skulle justeres lidt for at få en mere optimal optændingsproces.

Reaktoren er konstrueret så det er muligt at fremstille trækul i toppen af reaktoren inden det lukkes ned i forgasning området. Efter justringerne blev der fremstillet nok trækul i reaktoren til at den første flamme kunne tændes i gasfaklen. Gasfaklen, der er af egen konstruktion, brænder stabilt og uden støjgener. Toppen af reaktoren udvikler mere varme under drift end først antaget, så efterisolering omkring reaktoren og selv toppen var derfor nødvendigt over flere omgange.

Først da gasmotoranlægget kom i drift i slutningen af februar 2015 kunne der tørres yderligere flis og afprøvningen af gasgeneratoren genoptages. Det gav mulighed for at få afprøvet hele driftslinjen fra flislageret, igennem tørreanlægget og frem til gasgeneratoren.

De tidligere omtalte nødvendige arbejder med flistransportsystemet gav dog i starten mange driftsstop.

Opstarten/opbygningen af trækullaget i gasgeneratoren er meget afgørende for forgasningsprocessen. På BioSynergis foregående mindre udviklingsanlæg, der var opstillet i Græsted, blev anvendt indkøbt trækul til start af anlægget, og det sikrede en lav tjæreproduktion under opstarten.

Den her aktuelle gasgenerator er meget større og det betyder at både praktiske og økonomiske forhold taler mod at anvende den samme metode.

Der blev afprøvet forskellige startmetoder for at finde frem til den mindst mulige tjæredannelse under opfyldningen af gasgeneratoren. Ikke alt lykkedes og i starten medførte det et par tilstopninger af gasrør til den rå produktgas, rågasventil og rågassugeren.

Belægningerne i rågassugeren medførte også to på hinanden følgende havarier af sugerens løbehjul. Herefter blev konstrueret og monteret en ny type løbehjul, som er mere modstandsdygtig overfor belægninger.

Via arbejdet med gasgeneratoren er udviklet og nedskrevet en præcis startprocedure for gasgeneratoren, der sikrer en opstartsperiode med mindst mulig tjæreproduktion. Denne metode følges nu hver opstart af koldt anlæg.

Asken efter forgasningsprocessen bliver fjernet fra gasgeneratoren af en roterende rist, som fordeler asken til kanaler med askeudtag, der er monteret i bundkarret. Herfra føres asken af snegle videre til en askebeholder.

I starten blev askebeholderen tømt manuelt for at få en fornemmelse af askemængden og konsistensen af asken. Derefter blev hurtigt fremstillet og monteret en askesnegl som kunne fugte asken og føre den ud af hallen. Men opfugtningen af asken i sneglen viste sig at give problemer under driften og medførte et længerevarende driftsstop. Fordi vandtilsætningen ikke var styret optimalt medførte vandet, at der blev dannet prop i askeudtaget som forplantede sig baglæns helt op til risten i gasgeneratoren.

Det var nødvendigt at lade gasgeneratoren afkøle og derefter åbne ind til risten for at manuelt at kunne fjerne den ophobede aske.

Løsningen blev at stoppe fugtningen af asken i sneglen. Den efterfølgende afprøvning viste - i modsætning til det forventede – at den tørre aske ikke glødede når den ankom til askecontaineren. Asketransporten har herefter kørt problemfrit i tør tilstand.

Risten i gasgeneratoren har flere funktioner. Udover at føre asken hen til askeudtaget skal den også sørge for at trækullet pakkes korrekt i gasgeneratoren.

Det er denne del af konstruktionen, som i slutningen af projektet har bremset for, at det samlede anlæg er kommet i drift med kraftvarmeproduktion på trægas.

Det kunne konstateres at der omkring og efter risten hober sig trækul op, som til sidst skaber så meget modstand for gasbevægelsen at det hindrer at gassen kan suges ud af gasgeneratoren. Idet gasgeneratoren er udstyret med en vandlås medfører askeophobningen også, at der opstår risiko for at vandlåsen suges tom.

Den først valgte kombination af rist og gearmotor til drift af risten viste sig ikke at være en holdbar løsning.

Der er begrænset plads til placering af en gearmotor under gasgeneratoren. Derfor blev valgt den størst mulige af den samme ret kompakte og relativt prisbillige geartype, som benyttes i resten af transportsystemet.

Der opstod først et havari marts måned hvor akslen til risten blev vredet over lige ovenover gearkassen. Akslen kunne heldigvis udskiftes uden at adskille gasgeneratoren. En ny og kraftigere aksel blev konstrueret og monteret. Men kort tid efter brød gearkassen sammen og måtte erstattes. Den ny blev monteres sammen med en mindre elmotor samt en elektrisk beskyttelse mod overbelastning.

Da denne konstellation viste sig ikke at kunne trække risten og askeudtaget blokerede, blev besluttet at adskille anlægget og installere en mindre rist. Adskillelsen var i forvejen nødvendig for at få askeudtaget i gang igen.

Med den nye rist monteret kunne risten drives korrekt igen. Men med denne rist opstod efter fyldning af gasgeneratoren et meget stort undertryk som rågassugerer ikke kunne overvinde. Et kort forsøg på at indkoble den kraftigere rengassuger resulterede i at vandlåsen som forudsagt blot blev suget tom, så det var ikke en farbar vej. Ved observationer af trækullaget blev den sandsynlige årsag til trykfaldet identificeret. Det viste sig, at der opstod et kompakt lag af finkornet trækul omkring gasafgangen fra trækullaget, som den mindre rist ikke kunne nå ud til og som trægassen skulle passere igennem.

Ved afslutningen af projektet blev derfor konstrueret endnu en ændring af askeudtaget. Da de tidligere erfaringer tydeligt havde vist at der ikke var langt til grænsen for gearkassens formåen, blev den ny løsning af ristekonstruktionen udformet, så både kunne skrabe i området, hvor der var observeret et kompakt trækullag mens skraberer samtidig var afskærmet så der ikke opstod for store belastninger på den.

Afprøvningen af denne ny løsning er efterfølgende udført i ForskVE pr. 2012-1-12300.

3. Konklusion

Den lange række af tekniske udfordringer i forbindelse med driftsstarten af bioforgasningsanlægget har betydet at det ikke er lykkedes indenfor projektets økonomiske ramme at få det samlede forgasningsanlæg i drift.

Under projektet er gasmotoranlægget, tørreanlægget til flis, varmegenvindingen efter tørreanlægget og resten af varmesystemet, der leverer varme til fjernvarmenettet, idriftsat og fungerer uden problemer med naturgas som brændstof.

Metoden til opstart af gasgeneratoren er udviklet men det sidste problem med ophobning af aske i bunden af gasgeneratoren, der udgør en blokade for gasafgangen nåede der ikke at blive demonstreret en løsning på i løbet af projektet.

Projektarbejdet fortsætter hermed i ForskVE pr. nr. 12300.

Når løsningen på askeudtaget er fundet er det sidste uafdækkede hjørne at få gasrensningssystemet i drift og foretage selve omkoblingen af gasmotoren fra drift på naturgas til drift på trægas.

3.1 Anvendelse af projektresultater og perspektiv

Når bioforgasningsanlægget efterfølgende har demonstreret stabil drift med kraftvarmeproduktion er det en energieffektiv løsning som en lang række mindre fjernvarmeværker med økonomisk fordel kan vælge at investere i.

Især for de mindre naturgasfyrede kraftvarmeværker, som netop nu er i gang med at finde erstatningsanlæg til deres installerede gasmotorer, kan denne løsning være ekstra økonomisk interessant.

Det gælder især, hvis det på det enkelte fjernvarmeværk er praktisk muligt at opnå en investeringsbesparelse ved at genanvende og konvertere den eksisterende gasmotorinstallation fra naturgasdrift til drift på trægas fra den her udviklede og etablerede type bioforgasningsanlæg.

Det altafgørende beslutningsgrundlag for disse varmeværker vil være stabile driftsresultater fra det her etablerede bioforgasningsanlæg.

○-----○