

Fælles slutrapport for projekterne:

**EFP07-II Demonstration af 2. generations bioethanol
produktion WP1 – Design og engineering**

**EUDP-2008 Demonstration af 2. generations bioethanol
produktion WP2 – konstruktion og opførelse af
demonstrationsanlæg**



Samlet og redigeret af Michael Persson, Inbicon, maj 2010

Indhold

0.	Introduktion og konklusion	4
1.	Projektets formål	6
2.	Designændringer undervejs i projektet.....	7
2.1	Fokus på rent 2G anlæg i stedet for kombineret 1G og 2G.....	7
2.2	Ligninpelleteringsanlæg i stedet for direkte indføring i Asnæsværket	7
2.3	Spildevandsledning til renseanlæg.....	8
2.4	Laboratorium og måleudstyr	8
2.5	Bygningsanlægskvalitet	8
3.	Projektering af demonstrationsanlæg.....	9
3.1	Særlige forhold omkring projektering af demonstrationsanlæg.....	9
3.2	Designfastlæggelse med baggrund i forsøg på pilotanlæg	9
4.	Udført arbejde under WP1: Design og engineering	10
4.1	Procesudvikling.....	10
4.2	Maskinudvikling.....	11
4.3	Engineering af demoanlæg.....	11
4.4	Engineering af systemintegration.....	12
4.5	Delresultat af WP1.....	13
5.	Udført arbejde under WP2: Konstruktion og opførelse	13
5.1	Anlægsbeskrivelse	13
5.2	Leverandør.....	13
5.3	Leveringsprincip.....	14
5.3	Projekthåndbog	14
6.	Demonstrationsanlæggets betydning for Inbicons videre udvikling.....	15
6.1	Betydning for markedsføring.....	15
6.2	Betydning for teknisk videreudvikling	15

6.3	Betydning for clusterdannelse.....	15
6.4	Opdateret strategiplan for Inbicon.....	16
7.	Økonomi	16
	Ikke fortrolige bilag:.....	18
	Bilag A: Kacelle brochure	18
	Fortrolige bilag:	18
	Bilag B: Inbicon Process Description - 17000 lpd power alcohol plant	18
	Bilag C: Projekthåndbog	18
	Bilag D: IBUS Plant Description.....	18
	Bilag E: Package description	18
	Bilag F: Røntgentegning af anlægget.....	18
	Bilag G: Inbicon Kalundborg Concept (Procesdiagram).....	18
	Bilag H: Inbicon Business Plan, 2010 (version for EUDP)	18
	Bilag I: Notater fra testkørsler af 1000 kg pilotanlæg og produktion af ethanol til COP15	18
	Bilag J: Slutregnskab	18

0. Introduktion og konklusion

Nærværende slutrapport omhandler projekterne "EFP07-II: Demonstration af 2. generations bioethanol produktion WP1 – Design og engineering", og "EUDP-2008: Demonstration af 2. generation bioethanol produktion WP2 – konstruktion og opførelse af demonstrationsanlæg". Projekterne omhandler grundlæggende samme projekt, nemlig opførelsen af et demonstrationsanlæg for produktion af 2G bioethanol fra halm, dog således at projekterne er udtryk for en opdeling på forskellige faser. Denne faseopdeling er primært foretaget for at passe ind i EUDP programmets budgetrammer, som ikke tillod tildeling af tilstrækkelige støtte midler på en gang til et projekt af en sådan størrelsesorden. Ifølge aftale med EUDP sekretariatet kan de to projekter således afrapporteres samlet.

Slutrapporten er struktureret i en generel del og en specifik del. Den generelle del rapporterer på overordnet plan om forskellige forhold omkring projekterne, som kan give anledning til erfaringsdeling til andre fremtidige projekter. **Denne generelle del er ikke fortrolig.** Den specifikke del omhandler bilag, som er meget konkrete resultater for det specifikke projekt. **Den specifikke del er fortrolig** og kan ikke udleveres uden for EUDP sekretariat og bestyrelse uden Inbicons forudgående tilladelse.

Projektets resultat kan man ved selvsyn konstatere i Kalundborg, hvor der siden november 2009 har stået et flot demonstrationsanlæg, der allerede har givet anledning til stor international opmærksomhed. Anlægget er uden sammenligning blevet bygget på rekordtid inden for beslægtet teknologi i Danmark. Første maskinkomponent blev monteret 1. april 2009, og anlægget nåede målet flot med produktion af ethanol inden klimatopmødet 2009. Projektets deltagere har alle brændt for projektet og for idéen.

Konklusionen på projektet er flerfoldig:

Projektet er blevet væsentligt dyrere end oprindeligt budgetteret. Design og opførelse af demonstrationsanlæg er meget kompleks og omkostningstung i forhold til når man bevæger sig på laboratorium- og pilotskala. Man skal erkende, at for udviklingsprojekter som dette skal afsættes betydelige ekstra ressourcer i budgettet til engineering i forhold til 'kendt' teknologi og mere luft i budgetterne til uforudsete omkostninger. Der skal anvendes betragtelig mere tid til *detaljeret projektering* og økonomisk analyse, inden budgettet skal forelægges til FID (Final Investment Decision). Der skal være mere tid til engineering og forsøg inden indkøb.

Nogle af disse aktiviteter kunne have været gennemført, hvis man havde givet køb på projektets målsætning om at have ethanol i tanken ved COP15. Imidlertid ville en sådan forsinkelse have medført at man var gået glip af en uvurderlig anledning til markedsføring af teknologien og et showcase for Danmarks evner indenfor denne teknologi.

Fordi projekter som dette er så teknologitunge og omkostningstunge kræver det en dedikeret investor med vilje til at allokere nødvendige midler og evner til at gennemføre et sådant projekt.

Ligeledes vil det ofte kræve at der sker en vis grad af offentlig medfinansiering, som i dette tilfælde. Investeringerne til demonstrationsanlæg er simpelthen for usikre til at private kan bære hele investeringssummen. Den offentlige støtte modtaget fra EUDP har således været instrumental for gennemførelsen af projektet, om end fordyrelsen af projektet har reduceret støtteprocenten.

Sluttelig kan det konkluderes at opførelsen og igangsættelsen af et demonstrationsanlæg i denne størrelsesorden har givet international genlyd og med et har givet Inbicon teknologien en langt større synlighed og troværdighed internationalt.

Udover at understrege Danmarks position indenfor biomassekonvertering har projektet givet Inbicon et forspring på markedet og et unikt markedsføringsredskab, som over de næste par år gerne skulle give sig udslag i opførelsen af anlæg baseret på Inbicons teknologi verden over og derved udvikling af et nyt industrieventyr for Danmark.

1. Projektets formål

Projektets formål er at demonstrere en 2. generations bioethanolteknologi, der kan sikre en bæredygtig udnyttelse af biomasse til energi-, transport- og foderformål. Demonstrationsanlægget er baseret på Inbicons teknologi, som allerede var eftervist i større pilotskala på pilotanlægget i Skærbæk.

For at accelerere 2. generations teknologiens indpasning på markedet, som p.t. er domineret af 1. generationsanlæg, var det oprindeligt planlagt parallelt med opførelsen af 2. generations demonstrationsanlægget at opføre en kornlinie (dvs 1. generation), som skulle vise mulighederne for synergi mellem 1. og 2. generations processerne. Imidlertid blev det hurtigt efter opstarten besluttet kun at fokusere på et 2.generationsanlæg, som er den nyskabende teknologi.

Der blev ansøgt om støtte til et demonstrationsanlæg, hvis primære formål er at demonstrere en kontinuerlig produktion af 2. generations bioethanol baseret på halm som råvare. Opførelsen og driften af anlægget skal samtidig eftervise synergieffekterne ved integration med kraftværk og raffinaderi, en optimal anvendelse af biprodukter, samt en bæredygtig proces med minimale miljøeffekter.

For at tilpasse projektet til budgetrammerne i Energistyrelsens energiforskningsprogrammer, blev projektet opdelt i tre faser (work packages) hvortil der særskilt ansøgte om nødvendig støtte:

WP1: Design og engineering

WP2: Opførelse af demonstrationsanlæg

WP3: Idriftsættelse

Ansøgningerne under WP1 og WP2 blev imødekommet, mens ansøgningen under WP3 ikke blev imødekommet af energiforskningsprogrammerne. Imidlertid blev aktiviteterne under WP3 fundet værdige til støtte under EU's FP7 program.

WP1 havde til formål at udarbejde et designgrundlag samt at projektere et komplet demonstrationsanlæg for fremstilling af 2. generations bioethanol ud fra halm vha. af Inbicons teknologi. Anlægget designes under hensyn til minimal miljøbelastning, herunder recirkulation af procesvand, dvs. stort set uden udledninger til miljøet. Med en kapacitet på 4 tons halm i timen, vil demonstrationsanlægget ved kontinuert drift årligt producere 4500 tons bioethanol, 10.500 tons fast biobrændsel og 13.500 tons foder. Anlægget vil dog være fleksibelt så der f.eks. kan produceres mere ethanol på bekostning af biprodukterne. Et væsentligt element i demonstrationen er at eftervise de synergieffekter mellem energi-, transport- og landbrugssektoren, der muliggøres af Inbicon-teknologien. Dvs. primært udnyttelsen af kraftværkets spildvarme og kølefaciliteter, raffinaderiets produktfinish og logistik, samt landbrugets adgang til råvare- og fodermarkeder. Den valgte placering ved Asnæsværket i Kalundborg midt i den eksisterende industrisymbiose er ideel i den sammenhæng.

Designgrundlaget var samtidig udgangspunkt for en endelig investeringsbeslutning i DONG Energy om opførelse af demonstrationsanlægget.

WP2 havde til formål at opføre anlægget efter det designgrundlag der blev tilvejebragt under WP1. En væsentlig del af målsætningen under WP2 var at anlægget skulle stå klar til klimatopmødet i København december 2009, hvorfor WP2 projektet var under et ikke ubetydeligt tidspres.

2. Designændringer undervejs i projektet

Konceptet for demonstrationsanlægget undergik en række ændringer undervejs i projektet, som var foranlediget af økonomiske, tekniske og miljømæssige forhold. Nedenfor redegøres for de væsentligste ændringer og deres indvirkning på værdien af projektet.

2.1 ***Fokus på rent 2G anlæg i stedet for kombineret 1G og 2G***

Det oprindelige projekt havde en målsætning om at demonstrere værdien af sammenkædning mellem 1G ethanolteknologi og 2G ethanolteknologi. Denne sammenkædning omfattede bl.a. muligheden af at anvende helsæd. Tanken bag sammenkædningen med 1G teknologien var at accelerere 2G teknologiens indtrængning på markedet, idet der er en stor mængde 1G anlæg i drift, som ville kunne udbygges med en 2G linje.

I starten af design og engineering fasen blev denne sammenkædning fravalgt af flere årsager. For det første steg kornpriserne voldsomt op til beslutningen, og denne stigning stillede spørgsmålstejn ved driftsøkonomien i korn afsnittet i anlægget. For det andet viste en nærmere analyse at det i den relativt lille skala som demonstrationsanlægget er i ville være vanskeligt at få en tilstrækkelig driftsøkonomi. For det tredje var det samtidig med at debatten om "fuel versus food" rasede. Denne debat stillede spørgsmålstejn ved det etiske i at anvende fødevarer til at producere biobrændstoffer samtidig med at en del af verdens befolkning sulter. Debatten var meget følelsesladet og blev forstærket af forskellige rapporter som sammenkædede stigningen i fødevarerpriserne med den stigende produktion af biobrændstoffer. Udviklingen sidenhen har afkræftet at der skulle være en kraftig sammenkædning af stigningen i fødevarerpriserne og anvendelsen af biobrændstoffer, men på den lange bane kan der naturligvis være en sammenhæng. Slutteligt var investeringssummen kraftigt stigende gennem projektforløbet, pga. en meget stor generel investeringsaktivitet globalt set som øgede presset på kapitalgoder.

Af ovenstående grunde blev 1G delen fravalgt i foråret 2008. Dette var meget bekvemt for DONG Energy, fordi man således klarede sig fri af debatten om "food versus fuel". Det vurderes endvidere at være en rigtig beslutning i forhold til projektet, da projektgruppen derved kunne koncentrere sig om 2G teknologien, som jo er det nyskabende teknologi, i stedet for at bruge kræfter på en kendt teknologi. Dette har også været gavnligt i forhold til opstarten af anlægget, som givetvis ville have været endnu mere kompleks hvis en 1G linje også skulle have været startet op.

2.2 ***Ligninpelleteringsanlæg i stedet for direkte indføring i Asnæsværket***

I det oprindelige koncept var integrationen med det nærliggende kraftværk mere udviklet end i det endelige koncept. Det var således planlagt at ligninen fra processen skulle erstatte en del af kullene anvendt på kraftværket. Rent praktisk skulle dette foregå ved at ligninslurrien skulle doseres vådt ind på Asnæsværkets blok 5 kedelanlæg og derefter afbrændes. Imidlertid viste denne løsning sig ikke gennemførlig af flere årsager.

Kraftværket kører ikke uafbrudt, hvilket ville bevirke at ligninproduktet ville hobe sig op på kullagrene, hvilket ville give en uhensigtsmæssig variation i den indfødte brændsel. Endvidere bortskaffes asken fra kulafbrændingen bl.a. ved at den bliver blandet i cement produkter. Til denne anvendelse stilles en række krav til askens kvalitet, og det blev hurtigt klart at ved den planlagte indfødning af lignin ville det ikke kunne sikres at denne specifikation kunne overholdes. Det blev vurderet som sandsynligt, at asken kunne anvendes i de eksisterende applikationer, men at det ikke var muligt at gennemføre en test af asken med henblik på at verificere denne anvendelighed på den korte tid der var til rådighed.

På den baggrund blev det besluttet at opføre et tørre- og pelleteringsanlæg som en integreret del af demonstrationsanlægget. Dette anlæg medførte en øgning af investeringsbehovet på et to-cifret millionbeløb, som ganske vidst kunne modsvares af en højere salgspris på den pilleterede lignin. Dette skyldes at ligninpillen har en væsentlig højere brændværdi end den oprindelige lignin-slurry, ligesom den let kan transporteres og derved sælges til de aftagere som er villige til at betale den højeste pris for produktet.

Opførelsen af et pelleteringsanlæg øger demonstrationsværdien af anlægget, idet det giver en mere transparent prissætning på ligninen og ydermere er en mere generelt anvendelig løsning, da den ikke stiller krav om et kulkraftværk som nabo.

2.3 *Spildevandsledning til renseanlæg*

Det var en forudsætning, at Asnæsværkets eksisterende rørledning kunne modtage spildevandet fra processen, som efterfølgende skulle leveres videre til Kalundborg Rensningsanlæg (KKCR). Desværre viste det sig, at spildevandsmængden af procestekniske årsager blev øget. Det blev derfor nødvendigt at ombygge spildevandsanlægget på renseanlægget og at føre spildevandet i en separat spildevandsledning mellem IKA og KKCR (ny rørledning + ombygning på KKCR). Etableringen bliver også et aktiv for Inbicon i demonstration af den komplette proces.

2.4 *Laboratorium og måleudstyr*

Der var i starten ikke tiltænkt at etablere et laboratorium. Det var planlagt at gøre brug af Asnæsværkets laboratorium med det dertilhørende udstyr. Der skulle ydermere bruges laboratorieudstyr fra Skærbækværkets pilotanlæg, og resterende analyse af prøver skulle testes eksternt. Inbicon ønskede sidenhen et separat laboratorium på IKA med det fornødne udstyr for komplet analyse og forskning i resultater fra anlægget uden ekstern indblanding. Igen et aktiv til demonstration af processen.

Der blev endvidere etableret specielt omkostningstung måleudstyr i processen, som viste sig nødvendig for at kunne kontrollere og eftervise processen.

2.5 *Bygningsanlægskvalitet*

Bygningsanlægget var oprindeligt tiltænkt i en kvalitet med kort levetid og nøjsom kvalitet ('skurvognsløsning') og mindre betjeningsvenlighed. Bygningsanlægget blev ændret til et anlæg med normal lang levetid og betjeningsvenlighed. Samtidig blev administrationen udbygget i kvalitet til et mere præsenteabelt design. Dette skete bl.a. som følge af målsætningen om at anvende anlægget til europæisk demonstrationscenter for raffinering af biomasse og for videresalg af procesteknologien, hvor den øgede bygningsstandard anses for nødvendig.

3. Projektering af demonstrationsanlæg

3.1 Særlige forhold omkring projektering af demonstrationsanlæg

Udvikling af nye teknologier indenfor biokemisk procesindustri foregår typisk i følgende trin, hvor hvert trin er en opskalering af processen i forhold til det foregående trin. Trinene er 1) laboratorieskala, 2) pilotskala, 3) demonstrationsskala og 4) industriel skala. Det første anlæg i industriel skala kan benævnes referenceanlæg.

Formålet med demonstrationsanlægget er at verificere at den udviklede teknologi er egnet til anvendelse under industrielle forhold. Det vil især sige at den er robust og kan køre 24 timer i døgnet, 7 dage om ugen uden uforudsete stop, samt at produkterne fra processen kan overholde relevante specifikationer.

Det særlige ved at designe og bygge et demonstrationsanlæg er at nogle af processerne typisk ikke har kørt i den relevante skala, ligesom sammensætningen af processerne måske ikke har været prøvet af før. Det er derfor alt andet end rutine.

I Inbicons tilfælde var der yderligere en meget stram tidsplan, idet det var afgørende at anlægget kunne indvies før eller under COP15.

Kombinationen af den stramme tidsplan, kompleksiteten ved at designe ny teknologi baseret på test i et 4 gange mindre pilotanlæg samt det faktum at Inbicons medarbejdere løbende blev mere vidende om processerne gjorde at det var svært at fryse designet. Det skete da også i enkelte tilfælde at maskinkomponenter blev bygget om, da ny viden havde gjort en designændring fordelagtig.

3.2 Designfastlæggelse med baggrund i forsøg på pilotanlæg

Inbicon har haft to pilotanlæg til rådighed siden 2003 henholdsvis 2005, det ene på 100 kg biomasse/time og det andet på 1000 kg biomasse/ time. Imidlertid har disse pilotanlæg primært inkluderet de centrale og nyskabende processer i Inbicons koncept. Det drejer sig således om forbehandling med indfødning og udfødning, hydrolyse og separering og destillation. Det har været muligt at fremstille ethanol men ikke i en salgbar renhed, og det har været muligt at fremstille C5-melasse samt en slurry af lignin, som begge har kunnet anvendes til test. Det har ikke været muligt at gennemføre en komplet proces fra halm til ethanol.

I forbindelse med opskaleringen fra 1000 kg pilotanlæg til demonstrationsanlægget i Kalundborg har det været nødvendigt at verificere de forskellige processer og deres samspil. Dette er gjort ved at gennemføre en række produktionskørsler hvor hele processen blev gennemført. Dette førte til produktion af en mængde på over 3,5 m³ ethanol, som kunne gøre nytte ved at blive sponsoreret til nogle af limousinerne til COP15 topmødet i København i december 2009, hvilket bidrog til at profilere Inbicon og Inbicons teknologi.

Det var et meget stort arbejde at gennemføre den række af produktionskørsler og der blev nedsat en særlig projektgruppe til det formål. Projektet forløb fra foråret over sommeren og til efteråret 2009.

Udover at verificere design af de forskellige procestrin, blev sammenkoblingen af procestrinene testet, ligesom afprøvningen gav stor viden om driftsparametre. Den sidste proces for at fremstille blandbart og salgbart ethanol, nemlig hvor man reducerer vandindholdet fra 5-7% til 0,3%, kunne ikke verificeres på pilotanlægget, da dette ville kræve indkøb af dyrt udstyr som ikke ville skulle anvendes senere. I stedet blev denne proces gennemført som lønarbejde på et anlæg i Tyskland.

Som fortroligt bilag er der vedlagt et udvalg af notater fra testkørslerne.

4. Udført arbejde under WP1: Design og engineering

Work Package 1 bestod af fire arbejdsområder:

- WP1.1 Procesudvikling
- WP1.2 Maskinudvikling
- WP1.3 Engineering af demoanlæg
- WP1.4 Engineering af systemintegration

Det gennemførte arbejde indenfor hvert af de fire områder, beskrives nedenfor.

4.1 *Procesudvikling*

Den knowhow, der blev oparbejdet under det EU støttede IBUS projekt (2002-2006) har været grundlaget for den nødvendige procesudvikling frem mod et fuldt produktionskoncept.

IBUS projektet førte til udviklingen af nye processer, teknologier og mekanisk udstyr til hydrotermisk forbehandling samt forflydning og fermentering ved meget høje tørstofkoncentrationer. Teknologierne er gennem WP1.1 blevet bevist funktionelle i stor pilotskala, samt løbende optimeret til et niveau, der gav tilstrækkelig dokumentation for både robusthed og økonomi, så en investeringsbeslutning kunne træffes.

I Inbicons koncept indgår en række procesområder, som eksempelvis destillation og separation og inddampning af fibre stillage, som ikke blev testet under IBUS projektet. Disse områder er blevet testet grundigt for at give tilfredsstillende sikkerhed for et design i demonstrationsstørrelse.

Et af fokusområderne har været kortlægning af inhibitorproduktionen i forbehandlingen, som funktion af forskellige procesparametre. Sideløbende er inhibitorernes indvirkning på både forflydning og fermentering blevet kortlagt gennem et omfattende forsøgsprogram. Den opnåede viden på disse to områder har ført til et koncept kaldet "Integrated Contamination Control", der gør det muligt at udnytte inhibitorerne til at undgå kontaminering i fermenteringen. Dette koncept er søgt patenteret og er pt. under behandling af patentmyndighederne.

Det er ligeledes kørt en række forsøg med produktion (separering, tørring, pelletering) af ligninfraktionen, og diverse brændselsanalyser er blevet foretaget. Disse indsamlede data har været grundlag for kontraktforhandlinger med aftagere af ligninpillerne fra demonstrationsanlægget i Kalundborg.

4.2 *Maskinudvikling*

100 kg/t og 1000 kg/t forbehandlingsanlæggene på Skærbækværket har dannet grundlag for at skabe designgrundlag for 4 ton demo-anlægget i Kalundborg. Under WP1 projektet er pilotanlægget i Skærbæk blevet udvidet med følgende udstyr for at teste nøgleprocesser inden endeligt design af demonstrationsanlægget.

- Automatisering af halmindfødning
- Opgradering af opriver, stenfælde, snitter
- Hydrotermisk forbehandling, udslusning og indslusning
- Forflydnings reaktor, 2 m³
- Fermentering, holdetank på 10 m³
- Separation af fiber stillage
- Inddamper

Gennem indkøb, indkøring og test af dette udstyr, blev der i 2007 og 2008 skabt designgrundlag for opskalering til demonstrationsstørrelse. Det gjaldt både en procesmæssig verificering af de enkelte processer og en mekanisk og driftsmæssig verificering af procesudstyret.

Det mest kritiske procesudstyr i Inbicons proces er den tryksatte forbehandling, samt indfødning og udfødning fra denne. 1000 kg/t forbehandlingsanlægget på Skærbækværket blev derfor i første halvdel af 2008 ombygget til netop det koncept vi havde størst tillid til skulle benyttes i Kalundborg. Det ombyggede forbehandlingsanlæg blev herefter testet mekanisk, kapacitetsmæssigt og procesmæssigt i en intensiv testserie. Dette resulterede i et komplet Inbicon design af forbehandlingsanlægget, som det nu står i Kalundborg.

4.3 *Engineering af demoanlæg*

I WP1.3 blev designgrundlaget fra Inbicon omsat til detailed engineering, layout, udbudsmaterialer, tilbudsevaluering, kontraktskrivning etc. Arbejdet blev fortrinsvist udført af DONG Energy's engineering afdeling i tæt samarbejde med Inbicons specialister. Der blev derfor nedsat en projektgruppe i DONG Energys ingeniøraftdeling, med kompetencer inden for alle tekniske, myndighedsmæssige og ledelsesmæssige områder.

Projektgruppen fik overdraget ansvaret for gennemførelse af projektet. Nedenfor er oplistet en række arbejdsopgaver som de enkelte organisationsniveauer har gennemført under WP1.3:

Projektlederen:

- Udarbejdet startbudget
- Har ført tilsyn med, at projektet har holdt sig inden for og opfyldt rammerne i projektbeskrivelsen
- Har ført tilsyn med at projektet overholdt budgettet
- Har ført tilsyn med at den overordnede tidsplan blev overholdt
- Har opdelt projektet i entrepriseområder
- Deltaget i slutforhandling af primære kontrakter
- Har godkendt ordreafgivelser
- Har styret ressourcerne til projektet

QA-gruppen har blandt andet udført følgende opgaver:

- Udarbejdet, redigeret og vedligeholdt QA-manualen
- Udarbejdet opfølgingsplaner for kritiske komponenter og systemer, som det blev valgt at give en særlig opmærksomhed gennem projektforløbet
- Løbende foretaget opfølgning på sagsområdernes kvalitetsstyring for at sikre det fastlagte kvalitetsniveau
- Produktions- og svejsekontrol hos leverandører i fabrikations- og montagefasen

Faggrupperne har bl.a. udført følgende arbejde:

- Udarbejdet notat for de enkelte anlægspakker med design betingelser og leveringsgrænser
- Udarbejdet udbudsmateriale for de enkelte procesområder/ udstyrsgrupper.
- Pre-kvalificeret leverandører
- Evalueret indkomne tilbud ud fra parametrene: Teknik, økonomi og kvalitet
- Indstillet leverandører samt forhandlet kontrakter
- Opfølgning på leverandører:
Besigtigelse og kontrol af leverancer og underleverancer.
Tidsplansopfølgning

Rapportering fra leverandørens kvalitetssikringsfunktion

Kontrol af snitflader

FAT (Factory Acceptance Tests)

- Planlagt og gennemført montage af udstyr.

4.4 *Engineering af systemintegration*

Arbejdet i WP1.4 har fulgt mange af de samme faser, som arbejdet under WP1.3. Arbejdet har dog inddraget en række specialister fra Asnæsværket, der har stået for udførelsen af integrationen mellem bioethanolanlægget og Asnæsværket. Det gælder bl.a. design og udførelse af:

- Dampforsyningsanlæg
- Kølevandsforsyning
- Kondensatsystem
- Procesvand og deionat forsyningssystem
- El-tilslutning
- Spildevandsledninger
- kommunikationssystemer

Herudover har der været tæt samarbejde med Statoil om logistikken omkring ethanolleverancen samt Kalundborg kommunes rensningsanlæg omkring spildevandsudledning.

Specielt spildevandstilladelsen har krævet en del arbejde, da Inbicons spildevand indeholder nogle stoffer, rensningsanlægget ingen erfaring har med. Dette blev dog løst gennem konstruktivt samarbejde og en række små- og fuldskala spildevandsforsøg.

4.5 Delresultat af WP1

Resultatet af arbejdet under WP1 er dels at DONG Energys bestyrelse valgte at bygge anlægget under forudsætning af EUDP støtte til anlægsinvesteringen og dels at det skabte grundlaget for gennemførelse af WP2, nemlig selve opførelsen af demonstrationsanlægget for 2G ethanolproduktion.

Som en sidegevinst af testkørslerne på pilotanlægget blev der produceret halmethanol, som kunne sponsoreres til anvendelse i en del af limousinerne under COP15.

5. Udført arbejde under WP2: Konstruktion og opførelse

5.1 Anlægsbeskrivelse

Udgangspunktet for anlægsprojekter i DONG Energy er en beskrivelse af hvad det er der skal bygges, "IBUS Plant Description", en projekthåndbog, der beskriver organiseringen af projektet, og en "Package Division", der beskriver de forskellige leveringspakker som projektet består af.

Den bedste populære beskrivelse af anlægget findes i brochuren "Making ethanol work for the world", som omhandler det af EU støttede projekt "Kacelle". Denne brochure er vedlagt som et ikke fortroligt bilag.

Til en mere detaljeret beskrivelse af processen er rapporten "Process Description - 17000 lpd Power alcohol plant" vedlagt som fortroligt bilag, ligesom en røntgentegning er vedlagt samt et procesdiagram vedlagt som fortroligt bilag, "Inbicon Kalundborg Concept".

Notatet "IBUS plant description" er vedlagt som fortroligt bilag.

5.2 Leverandør

Processen kan grundlæggende opdeles i følgende to hovedprocestrin:

- Upstream-processen (fra snittet halm til start-gæret fermentering)
- Downstream-processen (fra slut fermentering til og med destillation).

Inbicon har været ansvarlig for udvikling af upstream-processen, mens DONG Energy Engineering i samarbejde med Inbicon og konsulenter inden for 1G-branchen har været ansvarlig for downstream-processen.

DONG Energy Engineering har derudover været ansvarlig for øvrige bygnings-, el- og maskinanlæg.

DONG Energy Engineering har stor og relevant erfaring i store anlægsopgaver fra bl.a. opførelse af biomassefyrede kraftværker. Det var derfor oplagt at DONG Energy Engineering blev ansvarlig for engineering, procurement og opførelse af anlægget.

Udover fordelene ved at have en meget erfaren anlægsbygger til at stå for opgaven er en yderligere fordel ved denne model at DONG Energy og Inbicons organisation herved opsamler den viden der genereres i byggeprojektet, og som så kan komme nye projekter til gode, hvad enten disse opføres i regi af DONG Energy eller - måske mere sandsynligt - hos tredjeparter.

5.3 *Leveringsprincip*

Tekniske procesanlæg kan leveres på en række måder, som turn-key anlæg, pakke-turn-key eller multikontrakt. Det faktum at anlægget der skal bygges er et demonstrationsanlæg med store mængder ny teknologi gør at turn-key modellen ikke synes særligt velegnet. Anlægget er unikt på den måde, at der ikke findes andre anlæg i verden med samme procesudformning og størrelse.

IKA's procesanlæg er sammenbygget af en blanding af komponenter:

- Egenproduceret af Inbicon
- Komponenter specialudviklet til Inbicon
- Standard komponenter og systemer fra 1. generations ethanol- og kraftværksbranchen.

Indkøbsmetoden er i meget højere grad end normalt baseret på multikontraktmetoden. Primært for procesanlægget har man ved egen engineering først selv designet systemerne. Herefter er hver enkelt komponent indkøbt og slutteligt monteret af montagefirmaer på siden. Formålet herved var at sikre, at Inbicon opnåede optimal viden om procesanlægget til efterfølgende projektafviklinger. Generelt har muligheden for systemkontrakter også været meget begrænset, da anlægget i så høj grad afhænger af Inbicon's specialdesign og ikke findes kommercielt på markedet.

I projektet er udarbejdet et notat "Package Division - IBUS demonstration plant at Asnæsværket", som er en nedbrydning af projektet i relevante leveringspakker, som kan anvendes ved udbud af disse overfor eksterne leverandører. Ved hver arbejdsopgave er anført mulige leverandører, anslåede omkostninger samt anført hvem som er ansvarlig for leveringspakken i projektet.

Notatet er vedlagt som fortroligt bilag.

5.3 *Projekthåndbog*

I DONG Energy er der en række faste projektstyringsværktøjer, en af dem er at der ved igangsætningen af et projekt udarbejdes en projekthåndbog.

Projekthåndbogen udarbejdes som en hjælp til alle projektets deltagere i forbindelse med de daglige administrative og projektledelsesmæssige rutiner. Projekthåndbogen har således til formål 1) at give praktiske oplysninger om projektet til projektgruppen; 2) at angive administrative rutiner og værktøjer til hjælp under projekteringen og idriftsættelsen af projektet, dog kun indenfor de områder som antages at have behov for præciseringer i forhold til DONG Energys Quality Assurance system; 3) definere de enkelte medarbejders og grupperes ansvarsområder og ansvar.

Projekthåndbogen for demonstrationsanlægget er vedlagt som fortroligt bilag.

6. Demonstrationsanlæggets betydning for Inbicons videre udvikling

Demonstrationsanlæggets betydning for Inbicon kan ikke overvurderes og falder på tre områder: Markedsføring, teknisk videreudvikling og clusterdannelse.

Ved at have opført og idriftssat et demonstrationsanlæg af den størrelse har Inbicon bevæget sig fra at være en blandt mange teknologileverandører inden for 2G bioethanol til at være helt i front på området. Ifølge verdens to førende enzymleverandører og hvis anlægget lever op til specifikationerne er det således ved sin indvielse det største anlæg i verden til fremstilling af 2G bioethanol baseret på halm.

6.1 *Betydning for markedsføring*

Demonstrationsanlægget er et afgørende salgsværktøj, når kunder skal overbevises om funktionaliteten og konkurrencedygtigheden af Inbicons teknologi. Dette bekræftes af det store antal besøgende Inbicon har modtaget på anlægget og den interesse som anlægget vækker.

I forhold til international profilering er demonstrationsanlægget ligeledes et afgørende værktøj. Demonstrationsanlægget omtales ofte på internationale konferencer omhandlende bioethanol, og Inbicon får mange anmodninger om fremvisning af anlægget.

6.2 *Betydning for teknisk videreudvikling*

Samtidig med at anlægget skal demonstrere robustheden af Inbicons teknologi under industrielle forhold, skal anlægget anvendes til at samle erfaring til yderligere at videreudvikle teknologien. Det er meget betydningsfuldt at dette kan foregå under industrielle betingelser, da det er vores erfaring at biologisk materiale og processer opfører sig meget anderledes her end under laboratorium- og pilotforhold.

Dette foregår dels ved erfaringsopsamling ved driften af anlægget og dels ved at gennemføre designforbedringer og ændre procesparametre.

6.3 *Betydning for clusterdannelse*

Det er regeringens vision, at Danmark skal være et "grønt teknologilaboratorium", hvor grønne virksomheder har de rigtige rammebetingelser i hele innovationskæden fra forskning og udvikling til demonstration og videre til markedet. Inbicons demonstrationsanlæg kan være et knudepunkt for sådanne bioraffinaderiaktiviteter i Danmark, hvor en bred vifte af danske virksomheder fra blandt andet fødevarer-, landbrugs- og energisektoren under realistiske omstændigheder kan demonstrere og teste nye produkter og teknologier til raffinering af høj-værdi produkter på basis af dansk biomasse. Inbicons lokalisering i det industrielle kraftcenter, der er skabt i Kalundborg, sammen med et nationalt netværk af eksisterende testfaciliteter og vidensinstitutioner udgør et stærkt fundament for en fortsat stærk udvikling af bioraffinering i Danmark.

6.4 **Opdateret strategiplan for Inbicon**

Med et demonstrationsanlæg under indkøring har Inbicon fundet det passende at opdatere sin business plan. Denne opdatering tager udgangspunkt i at Inbicon nu står med et demonstrationsanlæg i verdensklasse til at validere sin teknologi.

Samtidig med færdiggørelse har Inbicon ligeledes opnået de første salg af konsulentytelser relateret til teknologien samt ikke mindst sit første salg af en teknologilicens.

Den opdaterede business plan vedlægges i bilag, men er fortrolig.

7. Økonomi

Forudsat at der kunne opnås offentligt tilskud af et betydeligt omfang godkendte DONGs bestyrelse i december 2007 etableringen af et demonstrationsanlæg til produktion af bioethanol i Kalundborg. Der var i indstillingen afsat 325 mio. kr. til opførelse af anlægget. Denne beslutning danner overordnet den budgetmæssige ramme for de to støttede projekter.

Projektets budget er opdelt i en designdel og en udførelsesdel, hvor førstnævnte er betragtet som udviklingsaktiviteter. Anlægsinvesteringen har dog overskredet budgettet markant, således at stigningen i anlæggets samlede faktiske opførelsessum reelt nedbringer den oprindeligt forudsatte støttetilsagnsprocent væsentligt.

Det har i projektforløbet været nødvendigt at tilpasse budgetfordelingen, således er det seneste godkendte budget fordelt som følger:

Lønudgifter	8,4%
Installationer	35,1%
Rejser	0,5%
Underleverandører	52,3%
Overhead	3,7%

Grundlaget for det oprindelige budget har været erfaring fra 1. generationsanlæg samt opskalering ud fra pilotanlægget i Skærbæk. I samarbejde med konsulenten Vogelbusch - der har stor ekspertise i engineering af 1G-anlæg - er budgetlægning af downstream-anlægget og delvist el-, kontrol- og bygningsanlæg vurderet. Derudover har projektgruppen baseret sig på et stort erfaringsgrundlag for fuldskala 1G-anlæg i USA og Europa.

Efterfølgende kan det konstateres at der under projekteringen har været behov for at afholde betydelige ekstra omkostninger i forbindelse med implementering af designdelen i selve anlægsprojektet.

Kompleksiteten af opskaleringen har været undervurderet og manglende interne ressourcer har bl.a. betydet at det i større omfang end budgetteret har været nødvendigt at anvende eksterne konsulenter.

Det har bl.a. været nødvendigt at foretage ekstra investeringer til etablering af dels et anlæg til tørring og dels en separat spildevandsledning, begge dele fordi de kraftværksintegrerede løsninger har vist sig ikke at kunne realiseres.

Anlægsdesign

Anlægget er endvidere projekteret med en meget høj energi-integration hvilket har nødvendiggjort fordyrende foranstaltninger.

Bygninger

Øgede omkostninger til primært ekstraarbejde til stål og beton samt gravearbejder. Der er bl.a. arbejdet under en presset tidsplan hvilket har medført en opbemanding. Opførelsen af den høje bygning har været mere kompliceret en først antaget og forbundet med betydelige fordyrende foranstaltninger. Generelt øget kvalitet af bygningsanlæg.

Maskinanlæg

Utility anlæg fra ASV er blevet mere komplekst end forventet. Betydelige ekstraomkostninger til bl.a. rørarbejde, indbaksning samt stilladsarbejder. Hovedkomponenter har været forsinket, hvorved arbejdet efterfølgende har måttet forceres. Generet fokus på at anlægget skulle fremstå topmoderne med lang levetid og forventning om høj opetid.

For mere detaljeret økonomisk gennemgang henvises til afsluttende regnskaber for begge projekter, vedlagt som fortrolige bilag.

Ikke fortrolige bilag:

Bilag A: Kacelle brochure

Fortrolige bilag:

Bilag B: Inbicon Process Description - 17000 lpd power alcohol plant

Bilag C: Projekthåndbog

Bilag D: IBUS Plant Description

Bilag E: Package description

Bilag F: Røntgentegning af anlægget

Bilag G: Inbicon Kalundborg Concept (Procesdiagram)

Bilag H: Inbicon Business Plan, 2010 (version for EUDP)

Bilag I: Notater fra testkørsler af 1000 kg pilotanlæg og produktion af ethanol til COP15

Bilag J: Slutregnskab