

Lysbueovnen – et industrielt svar på et globalt landbruksproblem

1. Sammendrag
 2. Bakgrunnen
 3. Utviklingen av lysbueovnen
 4. Testing og produksjon av Norgesalpeter
 5. Grunnlag for Rjukananleggene
 6. Lysbueovnen i perspektiv
-

1 Sammendrag

Birkeland-Eyde-ovnen, også kalt lysbueovnen eller skjoldovnen, ga for første gang et tilfredsstillende svar i full industriell skala på den teknologiske utfordring å produsere gjødning til landbruket, basert på luftens nitrogen. Denne teknologien, som ble utviklet i Norge, og første gang tatt i bruk på Notodden i 1905, la grunnlaget for Norges sterke posisjon i gjødningsindustrien (selskapene Norsk Hydro og Yara) og for samarbeid mellom Norsk Hydro og ledende industriselskaper i flere andre land.

Utviklingen av Birkeland-Eyde-ovnen til kommersiell bruk fremmet konkurransen mellom fag- og industrimiljøer i flere land for å utvikle teknologier som krevde mindre energiforbruk enn Birkeland-Eyde-ovnen. I Norge var Birkeland-Eyde-ovnene i drift i perioden 1905 til 1940. To by-samfunn, Rjukan og Notodden i Telemark, ble utviklet rundt industrien som denne teknologien skapte. I tidsrommet 1905 til 1912 utgjorde de samlede investeringene i denne delen av Telemark om lag 107 millioner kroner – i samme størrelsesorden som Norges statsbudsjett på den tiden. (5. Gasslander, 1959: 357). Birkeland-Eyde-ovnen er gjentatte ganger blitt rangert som den aller viktigste oppfinnelse gjennom tidene i Norge.

De nye kalksalpeter-produktene, kalt "Norgesalpeter", bidro til effektivisering og økte avlinger i landbruket. Med sin bedriftskultur og samspillet mellom ledelse og ansattes representanter, kom selskapet Norsk Hydro til å spille en ledende rolle i utviklingen mot det som kalles den skandinaviske velferdsmodellen. Det var eksempelvis Hydro-arbeiderne på Notodden og Rjukan som førte an for å gjøre 8-timersdagen til norm i norsk arbeidsliv.

2 Bakgrunnen

Mellom 1800 og 1900 gjennomgikk Norge en rekke endringer som har sin parallell i mange andre europeiske land. Folketallet ble eksempelvis mer enn fordoblet; fra noe under 900.000 til om lag to millioner. Tidlig på 1800-tallet var nesten 90 prosent av befolkningen sysselsatt i landbruket. Bare ti prosent bodde i byer og tettsteder. Utvandringen til Amerika var økende. I landbruket var ny redskap og mer effektive driftsformer på vei inn. Nytt land ble lagt under plogen, men fortsatt var landbruket gjennomgående lite utviklet.

Lenge hadde store, naturlige salpeterleier i Chile og guano – ekskrementer fra sjøfugler - gitt viktige bidrag til å holde oppe avkastningen i landbruket, blant annet i Europa. Ved inngangen til det 20. århundre var de nitrogenholdige gassene som dannes ved forkoking av kull, det viktigste utgangspunktet for framstilling av ammoniakk. Ammoniumsulfat ble produsert i land med betydelig kullindustri. Likevel var det frykt for at mangel på nitrogengjødsel skulle skape store problemer for jordbruket og matforsyningen.

Vitenskapsmannen William Crooke hadde før århundreskiftet hevdet at verden kunne reddes hvis jorda ble tilført kvelstoffgjødsning. Crooke hadde beskrevet hvor løsningen var å finne: Når man sender en sterk strøm mellom to poler, "tar luften fyr". Den fortsetter å brenne med en mektig flamme, samtidig som den produserer nitrøse gasser, og i dem var kvelstoffet bundet.

Mange hadde begynt å arbeide med dette, både teoretisk og industrielt. En intens teknologisk konkurranse var i gang, og et større antall patenter ble tatt ut i en rekke land. På slutten av 1800-tallet ble det utført forsøk med lysbue i flere land, bl.a. i Tyskland, England, Sveits, Frankrike og USA. (*Gjølme Andersen, (1997): 184*)

I 1901 hadde den norske fysikkprofessoren Kristian Birkeland (1867-1917) påbegynt et arbeid med sikte på å kunne skyte ut et prosjektil ved hjelp av elektromagnetisme i stedet for krutt. Underveis i utviklingsarbeidet oppsto kortslutninger som var synlige som lysbuer, som trakk seg ut i en vifte på grunn av kanonens elektriske spoler. Han hadde også lagt merke til at det luktet nitrogenoksid når det intraff kortslutninger.

Birkelands kunnskaper skulle snart komme til nytte. Fredag 13. februar 1903 holdt den norske statsråden, seinere statsministeren, Gunnar Knudsen, et middagsselskap i Kristiania (Oslo). Blant gjestene var professor Birkeland og ingeniør Sam Eyde (1866-1940). De to hadde ikke møtt hverandre før, men kom nå i samtale. Hvem som først tok opp temaet matproduksjon og gjødsel vil antakelig aldri bli helt klart. Gunnar Knudsen sa imidlertid 10 år seinere til avisa Varden: *"Birkeland kom da til at fortelle Eyde om sine iakttagelser under arbeidet med den elektriske kanon av elektricitetens evne til at utskille luftens kvælstof"*. (*2, Varden, 1913*)

Ifølge Sam Eyde (*3. Eyde, (1939) 186-187*) skal professor Birkeland ha spurt hva Eyde holdt på med, og han fortalte da om sine studier av kvelstoff, men også om vannkraftrettigheter som han hadde fått hånd om sammen med andre investorer. Eyde hadde bl.a. rettigheter i Glomma, øst for Oslo, og til Rjukanfossen i Telemark.

"Men det som jeg mest av alt nå ønsker meg, er den kraftigste elektriske utladningen som kan skaffes på jorden", skal han ha lagt til. Til dette skal Birkeland ha svart: *"Det kan jeg skaffe Dem, Herr Eyde."* Eller kanskje sa han: *"Jeg har løsningen!"*. (*4, Jago, (2002): 109*).

Det Birkeland hadde i tankene var forsøkene med den elektromagnetiske kanonen og at det oppsto et kraftig lysglimt når denne kortsluttet. Eyde skal ha blitt særlig interessert da han skjønnte at det var store mengder energi inne i bildet. De to ble enige om å møtes igjen allerede neste dag for å diskutere en ny metode for å binde kvelstoffet i luften.

Få dager seinere ble de enige om å søke patent på en "fremgangsmåte til ved hjelp av flate elektriske funker å fremstille nitratforbindelser av luft og andre gassblandinger". Dette skulle bygge på en oppfinnelse som Birkeland hadde gjort.

Både det første og flere seinere patenter ble gitt i Birkelands navn. Eyde var antakelig i denne fasen mest opptatt av at rettigheter ble sikret og at arbeidet kom i gang. Allerede den 20. februar 1903, bare én uke etter deres første møte, leverte professor Birkeland inn den første patentsøknaden for fremstilling av nitratforbindelser av luft og andre gassblandinger. (1. Gjølme Andersen, (1997): 20).

3 Utviklingen av lysbueovnen Fra forsøk til fullskala industri

Skulle det bli en ny gjødselindustri i Norge, måtte det først utføres eksperimenter og drives forsøk i en realistisk skala – og med resultater som kunne tiltrekke seriøse investorer.

Det lå ikke i dagen at denne nye industrigrenen skulle utvikles til et kommersielt nivå i Norge. Men helt uten fortrinn var landet ikke. Var det slik at store mengder energi måtte til for å binde nitrogenet i luften, så kunne elektrisk kraft i store mengder skaffes rimeligere fra fossefallene i Norge enn de fleste andre steder. Ingeniør Sam Eyde satt både med rettigheter til fossekraft og drev et fremgangsrikt ingeniørkontor.

De første månedene etter av Eyde og Birkeland hadde innledet samarbeid i 1903, foregikk forsøksvirksomheten i Kristiania (Oslo). Professor Birkeland ledet den tekniske utviklingen av lysbueметoden og var faglig ansvarlig for forsøkene. Flere ingeniører ble etter hvert trukket inn i de kjemiske forsøkene. Universitetsutdannede kjemikere og fysikere arbeidet sammen med elektro-, kjemi- og bygningsingeniører. Blant de som deltok var kjemikeren Claus Nissen Riiber, kjemiingeniørene Birger Fjeld Halvorsen og Emil Collett.

De to siste var diplomingeniører fra Berlin. Andre sentrale personer var kjemiingeniør Axel Bretteville, bygningsingeniør Eivind Bødtker Næss og bygningsingeniør Sigurd Kloumann. De fleste av disse var mellom 23 og 30 år gamle. På den elektrotekniske siden spilte svenske ingeniører en viktig rolle. En av dem var ASEAs direktør, Sigfried Edström, som fungerte som rådgiver, og ASEAs ingeniør Arvid Lindström og dr. Albert Peterson tok aktivt del i konstruksjonen av lysbueovnen.

Professor Otto Witt fra den tekniske høyskolen i Berlin ble engasjert som konsulent, og professor W. Muthmann ved Universitetet i München ble trukket inn for å vurdere den norske lysbueovnen. Han uttalte seg svært positivt. (4, s 23). De praktisk anlagte og systematiske ingeniørene var ganske nødvendige for å dokumentere virkningsgrad og bringe prosjektet over i en industriell skala.

En lang rekke teknologiske utfordringer måtte løses. Den første lysbueovnen hadde en effekt på 3 kilowatt. Neste modell som ble bygget ble belastet med 28 kilowatt. Med en større magnet vokste diameteren i flammeskiven. På den første ovnen, som var bygd i kobber, slo lysbuen gjentatte ganger over fra elektrodene til kobberveggene. Man kom til at ovnssidene måtte kles innvendig med et isolerende materiale. Også dette ble et teknologisk utviklingsprosjekt.

Prinsippet for Birkeland og Eydes metode er at den elektriske lysbuen, som slår over mellom to kobberelektroder, påvirkes av en sterk elektromagnet slik at forbindelseslinjen mellom dens poler står vinkelrett på lysbuens retning. Ved bruk av vekselstrøm vil da lysbuen vekselvis kastes ut til begge sider og danne en (tilsynelatende) sirkulær skiveformet flamme. Med 5000 volts driftsspenning oppnås en diameter på ca 2 m. Flammeskiven er lagt i en ildfast ovn med bare 6-8 cm bredde og 2 meter diameter. Inn i dette rommet føres en strøm av atmosfærisk luft. Lysbuen danner i utgangspunktet en plasmafase med en følbart temperatur på over 3000 grader Celsius. Virkelig partikkeltemperatur er over 10.000 Kelvin. I plasmafasen vil relativt store deler av luften omdannes til eksitert nitrogenoksid, også kalt kvelstoffoksid (NO)..

Kvelstoffoksid (NO) er en fargeløs gass. Denne lar seg ikke absorbere, verken når den er varm eller kald, og den vil igjen spaltes hvis den dannes på for høy temperatur og avkjøles langsomt. En hurtig avkjøling og overgang fra plasma til gass er derfor nødvendig for å gjøre forbindelsen stabil.

I Birkeland-Eyde-ovnen drives de ladete elektronene og plasmapartiklene ut i det ytre luftlaget i ovnen og kjøles av innkommende luft raskt ned til under 1000 grader C. Ved en slik temperatur kan NO-molekylet holde seg stabilt. Gassen suges ved hjelp av vifter ut av kanalene i ovnens øvre og nedre del og føres gjennom rør, som er kledd med chamottestein, for å avkjøles til ca 50 grader.

I neste trinn blir NO-gassen ledet inn i et rom hvor den oksideres med oksygen fra ovnsluften til NO₂, som er en brunfarget, sterkt etsende gass. $2 \text{ NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ NO}_2$.

For å produsere salpetersyre ble gassen absorbert ved at den reagerte med vann i et absorpsjonstårn. $3 \text{ NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ HNO}_3 + \text{NO}$

Også elektrodene i ovnen måtte beskyttes mot varmen, og så mye som 50 prosent av den tilførte energien ble tapt i elektrodekjølingen. I løpet av 1904 ble det utviklet en metode med avkjøling ved hjelp av sirkulerende vann. Luften ble nå ledet inn i ovnen gjennom åpninger i den indre foringen som var blitt utviklet – et murverk som besto av spesialstøpte steiner (chamottestein). Disse var utviklet og ble støpt ved Borgestad Industrier.

De første ovnene ble konstruert med frittstående magneter. I løpet av 1904 ble den første skjoldovnen konstruert. Nå ble magnetene utformet som store skjold som omga ovnen. Det var denne formen man valgte å holde fast ved.

Allerede høsten 1903 hadde Sam Eyde og en av hans partnere, den svenske industrimannen Knut Tillberg, arbeidet med sikte på å få inn investorer og få til hensiktsmessige selskapsdannelser. De kontaktet både tyske og svenske interessenter.

Mot slutten av året kom de to svenske investorene og halvbrødrene Knut og Marcus Wallenberg på banen. Dette førte til at selskapet Elektrokemisk – Elkem – ble opprettet. Eyde hadde da allerede i to omganger vært i Tyskland og forhandlet med ledelsen i BASF, som konkluderte med at lysbuetmetoden ennå var for usikker til at

de ville gå inn med betydelig investeringskapital. Svenskene, med Stockholms Enskilda Bank i ryggen, entret nå arenaen og skulle vise seg å bli varige medspillere i industriutviklingen i Norge.

Mens forsøkene ennå pågikk, hadde man også planlagt hvordan absorpsjonsanlegget for gassen skulle utformes. Dette var også en krevende teknologisk utfordring. Ifølge Eyde var man her henvist til å finne veien selv. I den kjemiske industri hadde ingen erfaring med absorpsjon av så tynne gasser.

Flere løsninger ble forsøkt, også fra utenlandsk industri. Til sist ble man stående ved å bygge store tårn av granitt, som var et rimelig, robust og syrefast materiale. Til fyllmasse i tårnene ble benyttet norsk kvarts.

Dr. Emil Collett og ingeniør Sigurd Kloumann gjennomførte i 1904 en studiereise hvor de kom i kontakt med firmaet Benker og Hartmann i Paris. Dette firmaet laget 10 meter høye tårn av sandstein med en grunnflate på 2x2 meter. På Notodden ble til sist (1907) bygget 23 meter høye ti-kantete granittårn, satt sammen i butt vinkel, med jernbandasjer og med petroleumbek og vannglass-asbest som kittemiddel.

Svenske kilder opplyser at det var Knut A. Wallenberg som ordnet kontakt med M. Lattès i Banque Paribas, som introduserte Collett og Kloumann for franske teknikere, og at det ble en fransk konstruksjon som la grunnlaget for en rimelig løsning av absorpsjonsproblemet. (5, s 192).

To år tidligere var det blitt oppført to rekker med sandstein- og granittårn som var ti meter høye, fylt med kvarts – og noe seinere; et siste tårn av tre, fylt med murstein, med kalkmel som overrislingsvæske. Med dette siste leddet ble det i løpet av sommeren 1905 mulig å øke utbyttet av salpetersyre til godt over 500 kilo per kilowattår.

Hvorfor Notodden?

Stedsvalget for å ta spranget fra forsøk til fabrikk falt på Notodden i Telemark, hvor Tinfos Papirfabrik allerede i 1901 hadde bygd en kraftstasjon på Øvre Tinfos. Tinfos kunne også tilby varetransport ut til kysten med sine lektere og var villig til å selge Svelgfossen, som kunne gi kraft til en større fabrikk. Den 9. juli 1904 ble Notodden Salpeterfabriker AS etablert, og fra høsten 1904 pågikk byggearbeidene på Notodden for fullt.

Den 2. mai 1905 kom produksjonen i gang i den lille fabrikk på Notodden. På det tidspunktet arbeidet rundt 100 mann ved anleggene. Også fabrikk på Notodden var først ment som en etappe på veien mot et langt større prosjekt – men planene ble snart lagt litt om. Allerede før man hadde god dokumentasjon på hvordan driften ved fabrikk forløp, var arbeidet i gang med å tiltrekke seg enda en betydelig investor; franske Banque de Paris et des Pays Bas, (Banque Paribas).

Banque Paribas utpekte en ekspertkommissjon med bred kompetanse innenfor blant annet industri, kjemi og agronomi til å vurdere arbeidene som var i gang på Notodden og en annen, mindre forsøksstasjon, Vassmoen ved Arendal.

Etter besøket på Notodden i juli 1905 avga kommisjonen to rapporter: En av rapportene fastslo blant annet at skandinavene hadde sikret seg fordelaktige vannfall. Omtalen var også positiv når det gjaldt anleggs- og driftsomkostninger og lysbueovnen.

Den andre rapporten var skrevet av kjemikere og ga uttrykk for at gjødningsverdien var utvilsom. De mente absorpsjonssystemet kunne forbedres ytterligere og ga ros for den innsats som var lagt ned. Tallet for lønnsomt utbytte satte de til 500 kilo salpetersyre per kilowattår.

Resultatet var kanskje ikke helt overbevisende, men ekspertene la inn et godt ord. Gjenværende problemer burde kunne løses: *"Imidlertid falder det os vanskelig at avslutte vort arbejde uden at paapæge, hvilken frugtbar opfindelsesævnne, hvilken ekceptionel foretagsomhed og hvilken lykkelig dristighed autorerne for den beskrevne proces saavel som deres medarbeidere og de, der finansielt har understøttet dem, har udvist for at løse et saa stort problem og for i saa kort tid at opbygge et saa beværkelsesverdigt arbejde. Og, de der ville afgive nogen forhaandsdom for fremtiden, kan man ialfald sige, at disse egenskaber ikke maa undervurderes som faktorer for successen av det arbejde, der endnu er at udføre"*.

8. Ekspertkomiteens innstilling (1905)

Professor Silvanus Thompson konkluderte: *"Taking the process as it stands today, it is an assured success"*.

Med denne klare anbefalingen hadde Birkeland-Eyde-prosessen passert et viktig nåløye. Grunnlaget var nå til stede for nye forhandlinger med Banque Paribas. Denne muligheten grep Wallenbergene, Tillberg og Eyde. De bega seg til Paris i månedsskiftet august/september 1905 og oppnådde en overenskomst som innebar at Paribas gikk inn med 2,5 millioner kroner i en videre utbygging på Notodden. Banken sa seg imidlertid også villig til å delta med inntil 50 prosent av investeringskapitalen i seinere prosjekter, hvis erfaringene var gode.

Avtalen med Banque Paribas var mest Wallenberg-brødrenes fortjeneste. De skaffet til veie den franske kapitalen som kunne sluses inn i utbyggingene i Norge. Eydes rolle i denne fasen lå mest i å drive fram prosjektene som pengene skulle brukes til. Selv om Banque Paribas' engasjement var begrenset, ga det rom for å gå videre og å begynne å bygge ut Svelgfoss, noen kilometer oppstrøms Tinnåa, for å sikre kraft til en ny og større fabrikk på Notodden.

Rapportene fra den franske ekspertkomiteen, som besøkte Notodden i juli samme år, styrket troen på at Birkeland-Eyde-metoden ville fungere i stor industriell skala. Men det var fortsatt usikkert hvor mye salpetersyre som kunne produseres i en fabrikk: Kunne de oppnå 600 kilo per kilowatt per år eller bare 500 kilo?

Når de franske investorene (Banque Paribas) i første omgang bare gikk inn med 2,5 millioner kroner, begrunnet de det med at utbyttet av salpetersyre var lavere enn de var forespeilet. Men en enda viktigere grunn kan ha vært faren for at unionsstriden mellom Norge og Sverige kunne føre til åpen konflikt. Derfor ble det nødvendig å gå for en mer begrenset løsning til å begynne med – og opprette et eget selskap for en "første etappe" – utbyggingen av Svelgfoss og reisingen av "den store fabrikk" på Notodden.

13. september 1905 ble en avtale signert i Paris. Dagen etter nådde unionskrisen mellom Norge og Sverige sitt høydepunkt. Da var Marcus Wallenberg og Sam Eyde på vei hjem, og de valgte å ignorere et telegram de mottok om å vende tilbake til Paris.... Med denne avtalen og ellers i hovedsak svensk kapital kunne selskapet Norsk Hydro dannes 2. desember 1905, "med sete på Notodden".

Konkurrerende teknologi

Ved Niagarafallene i USA hadde to amerikanere, Bradley og Lovejoy og selskapet Atmospheric Products Co utviklet en metode som de mente ville gi godt resultat. Etter hvert skulle det vise seg at selv om de hadde tilgang til betydelige mengder kraft og vannkraften var rimelig i USA, så holdt ikke metoden mål. Utstyret de brukte ble ødelagt etter kort tid.

Sam Eyde (3, Eyde (1939): 186) har beskrevet at den amerikanske teknologien besto av en trommel på ca 1,5 meters høyde og 1,2 meter i diameter. Sylinderen var på innsiden forsynt med 138 ledninger med platinaspisser som var stillet i radialretning. Inni sylinderen roterte en aksel med et tilsvarende antall elektroder på utsiden, og disse elektroderekker korresponderte med hverandre i en avstand av ca 1 mm.

En generator på 4,5 kilowatt leverte likestrøm. Ved omdreininger ble det dannet lysbuer når elektrodesspissene møttes. Ved å lede en luftstrøm gjennom lysbuene ble en del av luften omdannet til nitrogenoksid. Effekten svarte til 453 kg HNO₃ per hkr/år anvendt energi. Det skulle vise seg at dette apparatet, med sitt høye antall elektroder og høyspenningsforbindelser ble kostbart både i bruk og vedlikehold. Allerede i 1904 måtte alt videre arbeid oppgis.

BASF – Schönherrovn

Ovn som var funnet opp av Schönherr er bygget opp etter litt andre prinsipper enn Birkeland-Eyde-ovnen. I Schönherr-ovnen trekkes lysbuen ut til en fem meter lang sylindrisk streng, som brenner rolig inni et rør hvor det føres inn atmosfærisk luft. For denne metoden ble det i 1907 oppført en forsøksfabrikk i Fiskå ved Kristiansand. Ledelsen i BASF visste at de trengte mye kraft for å fremstille gjødsel syntetisk i stor skala. De hadde sågar ervervet elkraft på Sørlandet. De så seg tjent med å få del i den norske fossekraften.

Haber-Bosch-prosessen

Haber-Bosch-prosessen eller ammoniakkprosessen er oppkalt etter de tyske kjemikerne Fritz Haber (1868–1934) og Carl Bosch (1874–1940). Ved denne prosessen lages ammoniakk ved at nitrogen og hydrogen blir ført sammen under høyt trykk. Prosessen ble utviklet av Fritz Haber i 1908, og ble videreutviklet av Carl Bosch. De teoretiske prinsippene for trykk-syntetiseringen av ammoniakk ved hjelp av katalysator ble patentert i 1908, mens selve metoden ble patentert gjennom BASF i 1910. Den første store ammoniakkfabrikken i Oppau startet opp i 1913.

Fortrinnet ved Haber-Bosch-prosessen, sammenliknet med Birkeland-Eyde-prosessen, er at den er langt mindre energikrevende. Birkeland-Eyde-ovnen krever om lag fire ganger mer elektrisk energi enn Haber-Bosch' ammoniakksyntese. 6. Kr. Anker Olsen, 1955, s 283). Så lenge Hydro hadde tilstrekkelig tilgang til elkraft til lave priser, var dette håndterbart, men på lengre sikt måtte det bli et hinder for videre

ekspansjon. Heri ligger også årsaken til at Norsk Hydro etter ca 25 år med Birkeland-Eyde-ovner valgte å gå over til Haber-Bosch-prosessen. Hydro var på det tidspunktet en betydelig aktør som produsent av kalksalpeter.

4 Testing og produksjon av Norgesalpeter

Allerede sommeren 1905 ble det nye gjødselproduktet fra Notodden testet flere steder. Avisen Varden skriver 28.7. 1905: "Produktet har vist sig at virke udmerket som Gjødning. Det er isommer prøvet paa Hr Grosserer O.O. Holtas Eiendom, Tungen i Hiterdal, og det viser sig, at det gror aldeles udmerket efter det".

Den 6. januar 1906 skriver Ørebladet: *"Fra den store Forsøksfabrikk på Notodden er nu de første produkter solgt til forskjellige forbrukere i utlandet til en pris av kr. 15,50 - 15.60 pr. 100 kg. Hvilket er betydelig billigere enn Chilisalpeteren. Samtlige kjøbere har uttalt sin store tilfredshet med det nye produkt."*

Sommeren 1906 er kalksalpeter fra Notodden stilt ut på den store utstillingen i Odense, Danmark. Produktet omtales som meget interessant. Det nye produktet ble testet mange steder, både hos større lokale bønder og på landbrukshøgskolene i flere land, bl.a. Norge, Sverige og Tyskland.

Samtidig som kraftstasjonen Svelgfoss I ble bygget (1905-07) ble det oppført et større industrianlegg på Notodden. I Ovnshus A ble installert 32 Birkeland-Eyde-ovner, som kunne settes i drift høsten 1907. Allerede i 1908 kom Hydros produksjon av gjødsling på Notodden opp i 25.000 tonn, og allerede for året 1907 kunne selskapet rapportere om et regnskapsmessig overskudd fra ovnsdriften . (6. Kr. Anker Olsen, (1955): 105).

Produksjonen på Notodden var i de tre første årene etter 1907 ca 40 tonn per døgn ved full drift. Fra 1911 økte produksjonen til 100 tonn per døgn, da nye kraftstasjoner ble satt i drift. (6. Kr. Anker Olsen, 1955, s 204). Etter hvert ble produktspekteret utvidet. I den tiden Birkeland-Eyde-ovnene var i drift på Notodden (fram til 1934) ble det fremstilt 120.000 tonn N på Notodden, tilsvarende 573.900 tonn ferdigvare. Av dette var eksempelvis 265.000 tonn Norgesalpeter og 240.000 tonn var ammoniumnitrat. (6. Kr. Anker Olsen, (1955): 204).

Mer om avtakere for produktene

Av de opprinnelige, det vil si; første generasjon lysbueovner, finnes kun én i dag. Den aktuelle ovnen er stilt ut ved Ovnshus A i Hydroparken på Notodden. Ovnen var en av de alle første 'komplette lysbueovnene' – kanskje den aller første, ettersom nettopp denne ovnen er blitt tatt vare på. De første lysbueovnene, beregnet for full industriell skala, ble laget på forsøksfabrikken på Vassmoen ved Arendal. Da denne ble nedlagt i 1907, ble én ovn overført til Notodden og plassert på utsiden av forsøksfabrikken. Forsøksfabrikken på Notodden brant ned i 1908, men ovnen ble ikke skadet. 9) R. Moen

Av øvrige lysbueovner (seinere generasjoner) er to tatt vare på; en er på Rjukan og en er ved inngangen til Teknisk Museum i Oslo.

5 Grunnlag for Rjukananleggene

Erfaringene fra Notodden ga – på tross av noen tilbakeslag – grunnlag for å iverksette langt større utbygginger i Vestfjorddalen (Rjukan). En dag i mars 1910 ble professor Birkeland oppsøkt av Sam Eyde. Eyde skal ha forelagt ham at det nå sto om framtiden for teknologien de sammen hadde gitt navn til – Birkeland-Eyde-ovnen. 4. Lucy Jago (2002): S 151).

Industrien som hadde startet på Notodden i 1905 skulle nå utfoldes i sin fulle kraft på Rjukan. I desember 1906 var det inngått en avtale med tyske BASF (Badische) om i fellesskap å bygge ut fosser og etablere industri i Vestfjorddalen. Prosjektet var gigantisk. Bare for å komme i gang utvidet Hydro sin aksjekapital fra 7,5 til 30 millioner kroner. Det meste var fransk kapital.

Utbyggingen av Rjukanfossen ble delt i to trinn; først Vemork (1908-11) – og deretter Saaheim (1912-15). Begge skulle komme til å bli den største kraftstasjon verden hadde sett til den tid. Men hva slags teknologi skulle brukes i anleggene på Rjukan?

Tysk eller norsk?

Gjennom en årrekke hadde tyske BASF - Badische - brukt store ressurser på å utvikle sin egen Schönherr-teknologi for fremstilling av nitrogengjødsel. De mente nok at de kunne overgå ytelsene til Birkeland-Eyde-ovnene som var installert på Notodden. De hadde til og med lovet de franske eierinteressene i Hydro og Rjukanselskapene at deres Schönherr-ovner skulle produsere 590 kilo salpeter per kilowattår. Ovnene på Notodden ga til sammenlikning rundt 530 kilo.

På Rjukan var byggingen av fabrikanleggene satt i gang i 1908. Skulle bare tysk teknologi installeres der, ville Hydro ha enda mindre grunn til å bruke begrepet *Norsk* i sitt navn. I det teknologispillet som nå pågikk, var både de tyske og de norske aktørene opptatt av å vinne tid, men de så også at tiden var kostbar. Store investeringer påløp. De måtte følges opp med produksjon og inntekter... Til sist kom de til enighet om å gjennomføre en slags konkurranse. Men spillereglene viste hvor makten lå. Selv med like gode resultater, skulle 4/5 av vannkraften brukes i tyske Schönherr-ovner. Før utgangen av juni 1910 skulle alle tester være avsluttet og valget tatt.

Birkelands idé

BASF hadde bygd ovner i Ovnshus C (bygg 20) i det som i dag heter Hydroparken på Notodden og drev med testing i februar 1910. Også Hydros ingeniører hadde bygd om lysbueovnene og installert en ny ovn, som sto klar ved utgangen av februar 1910. For å oppnå en høyere gasskonsentrasjon og et høyere utbytte hadde de hentet fram Birkelands fire år gamle beregninger som tilsa at en større ovn med en høyere belastning ville gi vesentlig høyere utbytte av salpeter. Ovnene de nå hadde bygd, skulle tåle belastninger på hele 3300 kilowatt. Men når de tok til å teste den, var driften ujevn, men utbyttet var tidvis om lag 10 prosent bedre enn de regulære lysbueovnene.

Like gode – like dårlige?

16. juni 1910 startet prøvene på Notodden. Etter fem dager meldte Badische at deres forsøk måtte innstilles, ettersom det ble påvist slam i kjølevannet. En reparasjon var påkrevet. Tidspunktet var heller ikke beleilig for å gå i gang med testing av den

norske teknologien, som hadde problemer med kjøleanlegget. Også her var en reparasjon påkrevet! Tid var allerede spilt. Situasjonen kalte virkelig på evne til å skjære igjennom. I denne situasjonen foreslo visstnok Hydros advokat Per Rygh og ingeniør Sigurd Kloumann at man skulle velge å se de to systemene som likeverdige, og på det grunnlag følge vilkårene i den tidligere inngåtte avtalen...

Slik ble det. Dermed kunne både Schönherr- og Birkeland-Eyde-ovner installeres på Rjukan. Ikke nok med det; Badische slutter seg også til at man i et påfølgende trinn i prosessen skulle bruke den norske absorpsjonsteknologien, som så ut til å være mer effektiv enn den tyske. Overenskomsten som ble inngått, innebar at Hydro, med sin store kraftproduksjon, kunne holde den norske lysbueteknologien i gang i mer enn 25 år.

Kort tid etter, i juli 1910, kommer for øvrig nyheten om at Sam Eyde går ut av ledelsen for Rjukanselskapene. Men allerede året etter skjer enda større omveltninger: Tyskerne som var engasjert i Rjukan-prosjektene, ønsket å forlate prosjektene i Telemark. Størstedelen av de tyske eierinteressene overtas av franske interesser. På Notodden byttes Schönherr-ovner ut med Birkeland-Eyde-ovner, som settes i drift med kraft fra den nybygde Lienfoss kraftstasjon. Og Eyde trer igjen inn som leder og får et overordnet ansvar for å fullføre prosjektene på Rjukan. Tre år seinere, da Rjukan II-anleggene ble reist, ble det besluttet i installere kun Birkeland-Eyde-ovner. (7. *Gjølme Andersen, (2005): 161*)

6 Lysbueovnen i perspektiv

Birkeland-Eyde-ovnen la grunnlaget for å utvikle Norsk Hydro, og den inntar en sentral posisjon i den andre industrielle revolusjon i Norge; den elektrokjemiske og den elektrometallurgiske industri. Teknologien var i praksis konkurransedyktig i 25 år. Forhandlinger ble ført i flere land, men utbruddet av første verdenskrig ble i praksis et hinder for å realisere planer som var blitt lagt. Et unntak er avtalen som ble inngått 13. september 1915 mellom Hydro og den franske stat. Denne førte til bygging av en fabrikk for konsentrert salpetersyre og ammoniumnitrat i tvillingbyen Pierrefitte-Nestlas i Pyreneene. Etter krigen ble produksjonen lagt om til kalksalpeter. 6. *Anker Olsen, (1955): 245*).

I 1913 var både Birkeland og Eyde kandidater til Nobelprisen i kjemi. Det hadde de også vært tidligere, både i 1907 og i 1909. I 1912 var dessuten Birkeland blitt foreslått alene, eventuelt sammen med Otto Schönherr. Sam Eyde skrev i sin selvbiografi, *Mitt liv og mitt livsverk, Gyldendal, (1939)*, at det var en skam at Birkeland aldri fikk en nobelpris. Nobelstiftelsens direktør den gangen, Ragnar Sohlman, kommenterte dette seinere ved å vise til at Eyde mellom 1906 og 1908 hadde arbeidet aktivt for å fremme sitt eget kandidatur. Han skulle til og med ha fått vite at man "innom berörda kretser i Norge" foretrakk at ingen av dem fikk prisen, framfor at Birkeland fikk den alene. Sohlman skal ha vist til at det i den svenske novelkomiteen fantes "mycket starka sympatier" for å gi prisen kun til Birkeland. Det var hans innsats som hadde vært avgjørende for utviklingen av lysbueprosessen.

Historikeren Ketil Gjølme Andersen, som har skrevet bind 1 om Hydros historie (2005), konkluderer med at det ikke er sikkert at det er Eydes skyld at det ikke ble noen nobelpris. Han viser til at det også fantes andre sterke kandidater, og at lysbueprosessen – tross alt - bygde på prinsipper som var godt kjent.

En framtid for lysbuen og Birkeland-Eyde-teknologien?

I prosessindustrien brukes denne prosessteknologien i gassifisering og incinerering av organiske materialer og avfall. Den har også et utforsket potensial i nitrogenfiksering. Birkeland sin prosess har ikke vært forstått godt nok, og det er i området mellom plasmafysikk og kjemi det finnes potensialer.

Fysikerne sier at prosessen bør kunne ha en energieffektivitet på 20 prosent av tilsatsenergien, mens kjemikerne sier den vil være 2,5 prosent. 20 prosent energieffektivitet betyr at den vil være konkurransedyktig med ammoniakk produsert fra metan, som per i dag er det optimale hva gjelder energi og råstoff. 10)

Trond Aasland

Referanser:

1. Gjølme Andersen, Ketil og Yttri, Gunnar: "Et forsøk verdt", "(Worth an effort)" Universitetsforlaget, (1997)
2. Varden, 17.2. 1913.
3. Eyde, Sam: Mitt liv og mitt livsverk, ("My life and my lifework"), Gyldendal, (1939)
4. Jago, Lucy: Nordlysets gåte, Gyldendal, (2002)
"The Northern Lights. How one man sacrificed love, happiness and sanity to unlock the secrets of space" (2001)
5. Gasslander, Olle: Bank och industriellt genombrott,2, ("Bank and industrial success") (1959)
6. Anker Olsen, Kr: Norsk Hydro gjennom 50 år, ("Norsk Hydro through 50 years"), NH, (1955)
7. Gjølme Andersen, Ketil: Flaggskip i fremmed eie, ("Flagship under foreign ownership"), Pax forlag (2005)
8. Ekspertkomiteens innstilling (Report from the Expert Committee), (1905)
9. Muntlig meddelelse, (oral information), Ragnar Moen, lokalhistoriker.
10. Skriftlig meddelelse, Rune Ingels, chemical engineer.