

billu

1

ORKELÆGEN
FOLKEHELEN
562

Udnyttelse af Islands varme Kilder.

II

Saltværk.

Feb 1949

HALDOR TOPSØE

HALDOR TOPSØE
RAADGIVENDE INGENIØRER

BAUNEGAARDSVEJ 73
HELLERUP
TELEGRAM-ADRESSE: HALTOPS
TELEFON GENTOFTE 5088
POSTGIRO 69328

16 Februar 1949.

Anlæg til Tremstilling af
ca. 20.000 t/Aar Salt, ca. 60 t/Aar Brom og
ca. 100 t/Aar Natriumhydroxyd.

Anlægget vil i grove Træk bestaa af følgende Dele:
Sugeledning, evnt. Bassiner og Filtreringsanlæg ved Kysten. Rørledning med Pumpestationer, som transporteret det filtrerede Havvand den 18 km. lange Vej til Hveragerdi. Et mindre Reservoir ved Fabrikken, Hurtigstrømsinddampere, hvori Hovedparten af Vandet afdampes, Bassiner, hvor Hovedparten af Calciumsulfat p.p. sætter sig og organisk Materiale stiger til Vejrs, Inddampere med Saltudtag, evnt. Afdækningsanlæg for Salt, Tørreanlæg, Kloralkali-elektrolyse, Bromfabrik, Lager- og Ekspeditionsanlæg samt Laboratorie- og Administrationsbygning. Dertil kommer de til Damp- og Elfremføringen nødvendige Anlæg.

Anlæggets Størrelse er fastlagt paa Basis af Islands Saltimport. Denne var

1938: 52.273.725 kg.

1946: 20.229.206 kg.

Vi er bekendt med, at dette Fald i Saltimporten ikke er tilfældigt, men at det i hvert Fald for en Del skyldes Anvendelsen af nye Metoder inden for Sildeindustrien og Sildeoliefabrikernes forøgede Kapacitet. Vi er dog paa den anden Side også bekendt med, at Sildefangsten i 1946 var under Middel. Vi har derfor valgt at regne med en Produktion paa 20.000 t/Aar.

Normalt vil Transportomkostningerne være prohibitive for Eksport af groft Salt til Salting af Kød og Fisk samt til Industribrug.

Der skulde dog være mulighed for Eksport til det Norske Vestkystomraade. Skulde den forudsatte Produktion siden blive for stor, vil det være muligt paa Basis af den billige Damp at fremstille Bordsalt af høj Kvalitet til Eksport. Hvor store Kvantityteter, det her kan dreje sig om, og hvilke Priser, der vil kunne opnaas af Fabrik, vil kræve en nøjere Markedsanalyse, som vi ikke har foretaget. Omsætning af en Del af Saltet til Soda med Eksport for øje vil derimod med de nugældende Prisforhold, Kalksand 150 Kr./t, ikke være muligt. Det er muligt, at en senere Prisudvikling vil kunne ændre dette Billede. Fremstilling af Soda vil være en mulighed, som en islandsk Saltfabrik maa regne med.

Med Fastlæggelse af Saltproduktionen og dermed af den Mængde Havvand, som passerer Fabrikken, er Bromanlægget bestemt. For Indholdet af Brom i Havvand foreligger meget varierende Op-givelser, som ikke kan forklares ved en geografisk betinget Variation. Vi har regnet med Tal fra Ullmann "Enzyklopädie der technischen Chemie" og Riegel "Industrial Chemistry" hvor Bromindholdet opgives til ca. 0,07 ‰. Disse Kilder stemmer med en Artikel i Ind. Eng. Chem. 26, 361-369 (1934), hvorefter U.S.A.'s største Bromanlæg, Wilmington, anvender 1800 gallons Havvand pr. pound Brom. Eldre Kilder angiver noget højere Bromindhold. Saaledes oplyser Dammer i "Handbuch der Chem. Techn.", at Atlanterhavet indeholder 0,4 ‰ Natrium- og Magniumbromid. Vi har lagt den lave Værdi til Grund og regner med en Produktion paa 60 t/Aar.

Kloralkalielektrolysen skal levere Klor til Bromanlægget. Der fremkommer desuden 100 t/Aar Natriumhydroxyd, som kan afsættes paa Island.

Beskrivelse af Anlægget.

Anlægget ved Kysten.

I den følgende Kalkule har vi regnet med den i Dere Rapport angivne Omkostning paa Kr. 500.000 pr. Aar for Levering af 100 t/h Havvand, men vil gerne anmerke nogle tekniske Forhold.

Placering af Sugeledning og Pumpestation vil foruden af Forholdene paa Kysten og Terrænet mellem Kysten og Hveragerdi være afhængig af Udmunding af større Vandløb, Strømningsforhold og Bølgeslag. Indsugningen bør selvfølgeligt lægges saaledes, at Strømmen ikke fører Vand fra Vandløb mod den. Forskellen mellem Ebbe og Flod vil afgøre Længden af den Sugeledning det vil

være nødvendigt at bygge og afgøre, om det vil være mest økonomisk at anlægge større Bassiner, som fyldes ved Flodtid. Visse Steder ved Atlanterhavet vilde det saaledes være nødvendigt med en 300 m lang Sugeledning, om man skal være sikker uden Anvendelsen af Bassiner. Anlægget i Vilmington arbejder med en ca. 60 m lang Sugeledning. Sugeledningens Længde, Havdybden, Havbundens Beskaffenhed samt Strøm og Bølgeslag vil være bestemende for, hvorledes Sugeledningen skal bygges og beskyttes. Der regnes med Indsugning af 125 t/h. (8000 Timer/Aar). Indsugningen sker gennem grove Net, som tilbageholder Fisk, større Planter p.p. I Filtreringsanlægget suges Vandet gennem Net, der fx. kan være uformet som roterende Tromler. Disse renses ved Paasprøjtning af Vand. Efter Filterne skal anbringes et mindre Betonreservoir, hvorfra Pumpaledningen fører op til Fabrikken. Tilgroning af Pumpaledninger med Alger p.p. kan blive et Problem, og det vil muligvis blive nødvendigt at klorere Vandet. Klor til dette Formaal faas fra Anlæggets Kloralkalielektrolyse. Det er bedst at klorere periodisk fx. 4 Timer pr. Døgn frem for at tilføre kontinuerligt.

Vi har ikke nøjere regnet paa Ledningens Dimension, Antallet af Pumpestationer, Nødvendigheden af Dublering af Pumperne, Nødvendigheden af Isolation eller andre Forholdsregler til Imødegaaelse af Faren for Tilfrysning. Vi kunde tænke os Spørgsmalet om Pumpernes Dublering løst paa den Maade, at to Pumper evnt. med nedsat Ydelse kan trække gennem "by pass" for en mellemliggende Pumpe. Vandet vil have et Frysepunkt paa ca. - 2°C. Oplysninger om Minimumstemp. og Minimumsmiddeltemp. pr. Døgn samt om Havets Minimumstemp. vil være nødvendigt for at bedømme Faren for Frysnings.

Uden nøjere at have afvejet Kraftforbrug mod Anlægsomkostninger, forestiller vi os, at Rørledningerne bliver 8" eller 10".

Saltfabrikken.

Ankommet til Fabrikken gaar Havvandet til et Bassin som rummer fx. 5 Timers Forbrug. Den første Inddampning, hvorunder Hovedparten af Vandet afdampes, tænker vi os foretaget i Hurtigstrømsinddampere formentlig med vertikale Rør og fri Cirkulation. Under denne Inddampning skal Mætningskoncentrationen for

NaCl ikke overskrides. Der udskilles Karbonater, Gips, Jernoxyder p.p. som imidlertid paa Grund af den store Strømningshastighed holdes i Suspension og som saadan børes med Saltopløsningen ud af Evaporatorerne.

Den samlede Kapacitet af Hurtigstrømsevaporatorerne bliver 112 t/h afdampet Vand. Temperaturen af den kogende Saltopløsning sættes til 107°C . Dampen er efter Opgivelse 3 ata svarende til 134°C , $\Delta t = 27^{\circ}\text{C}$. For den tankte Fordampertype regner vi med en Transmissionskoefficient $k \sim 500$. Den samlede Transmissionsflade bliver da

$$A = 5.400 \text{ m}^2$$

Vi har herefter regnet med et Batteri bestaaende af 7 Evaporatorer hver med en Transmissionsflade paa ca. 1000 m^2 . Heraf skulde to Enheder være Reserve. En Enhed kommer til at indeholde ca. 6000 m^2 Rør. Vi regner med Rør af 2 mm Godstykkel og fremstillet af rustfrit Staal fx. Uddeholm Stainless 24. Vi vil anslaa Prisen pr. Enhed til

isl. Kr. 450.000.

Til ovenstaaende vil vi gerne knytte følgende Kommentarer. Det er selvsagt en afgørende Forudsætning, at Bundfaldet børes bort fra Evaporatorerne som Suspension. Vi mener, det vil gaa saaledes, men tør ikke regne med det som tilstrækkeligt Grundlag for Bygning af et Anlæg før end man i et Forsøgsanlæg har undersøgt Forholdet.

Dette Forhold saavel som andre, der kræver en nærmere Undersøgelse, har vi opstillet samlet i Slutningen af denne Del af Memorandaet.

Vi har foran regnet med Destillation ved Normaltryk og Anvendelse af 3 ata. Damp direkte i Fordampernes Varmelegeme. Det er muligt, at det vil medføre ret væsentlige Besparelser at komprimere Dampen til et højere Tryk eller at opretholde Vacuum i Evaporatorerne ved Anvendelse af Dampejektorer.

Vi har regnet med Anvendelse af 7 Evaporatorer, hvor med en Kapacitet paa godt 20 t/h afdestilleret Vand. Hurtigstrøm-inddampere bygges i Enheder indtil 60 t/h - med det foreliggende Δt - og man vil saaledes ogsaa kunne anvende tre Enheder à 60 t/h, hvoraf een er Reserve.

Vi har regnet det sandsynligt, at Evaporatorerne skal fremstilles af Stainless 24. Dette Materiale skal være korrosionsfast mod en kogende mættet Natriumkloridopløsning. Det vil ligeledes være korrosionsfast med den svovlbrintheoldige Damp. Stainless 24 er en del dyrere end et af de enkle Cr-Ni-Staal, som fx. Stainless 3MM. Vi har til Grundlag for den foran skønnede Pris lagt Anvendelsen af Stainless 24 (18/8 = Cr/Ni - 2½ Mo).

Fra Hurtigstrømsevaporatorerne går Saltopløsningen til Sættetanke, hvor de i Suspension værende Stoffer bundfaldes, og nogle organiske Materialer stiger til Overfladen. Bundfaldet udgør ca. 200 kg. pr. Time, Hovedparten heraf er Gips. Vi tænker os, at man periodisk kan rense Bassinerne ved Spuling, og at Skyllevandet kan ledes til Aaen. Toplaget af organisk Substans trækkes ligeledes af og ledes til Aaen.

Fra Tankene pumpes Saltopløsningen paa Inddampere med Saltudtag. Vi tør ikke afgøre, om man vil dele Inddampningen i to Tempi, hvorved man vil faa to Kvaliteter Salt eller om man vil lade Inddumperne arbejde parallelt.

Inddamper man i to Tempi, faar man et første Produkt, som indeholder 1-2% CaSO_4 , og formentlig mindre end 1% Magniumsalte samt et andet Produkt med nogle Procent Magniumforbindelser, ca. 1% Kaliumklorid og kun lidt Calciumsulfat. Produktets Renhed vil være afhængig af, hvor langt man inddamper. Hovedparten af Magniumforbindelserne kan fjernes ved Afdækning af Saltet med lidt rent Vand.

Fra Inddumperne faas foruden Salt en Restlud, som ud over at være mættet med Natriumklorid indeholder Hovedparten af de Magniumsalte (Magniumklorid og Magniumsulfat), det Kaliumklorid og de Bromforbindelser (Natriumbromid og Magniumbromid), som fandtes i Havvandet, der gik til Fabrikken.

Af disse Salte har Bromforbindelserne den største Værdi. Restluden går til Bromanlægget til Udvinding af Brom. Hvis der anvendes Afdækning af Salt, kan det formentlig betale sig også at lade Opløsningen fra Afdækningsprocessen gaa til Bromudvinding.

Det er ikke udelukket, at der med Uddytte kan fremstilles Jod af det organiske Leg, som trækkes af i Afsætningsbasinerne.

Det er ligeledes muligt, at man skal udvinde Magniumforbindelser af den for Brom ekstraherede Affaldslud. I denne Forbindelse skal nævnes, at der i Øjeblikket bygges et Saltanlæg i Sydafrika til Udvinding af Salt af Havvand, og at Magniumforbindelser her tænkes udvundet som første Biprodukt, medens Fremstilling af Brom og af Kaliumforbindelser senere forudsese optaget.

Havvand indeholder Magniumforbindelser i Mængden 15 - 20% af Natriumforbindelserne, det sydafrikanske Anlæg, som er projekteret til 72.000 t Natriumklorid pr. Aar, regner med Udvinding af 7.000 t Magniumforbindelser pr. Aar.

Vi har dog i første Omgang fundet det mere hensigtsmæssigt at gaa ind for Bromfremstilling paa Grund af Bromforbindelsernes høje Kilopris og har anset det for meget tvivlsomt, om Magniumforbindelser, der er billige, vil kunne fremstilles til en Pris, der efter paaløbne Ekspeditions- og Fragtomkostninger, kan konkurrere paa det europæiske Marked.

Endelig skal nævnes, at Havvand indeholder 0,001-0,04 mg Guld pr. m³, og at dette findes i Restluden. Koncentrationen er dog for ringe til, at Udryttelse vil være lønnende.

Før at skønne over Prisen paa den Del af Anlægget, hvor det koncentrerede Havvand inddampes under Udskillelse af Salt, vil vi forudsætte Inddampningen delt i to Tempi. I hvert Trin skal afdampes ca. 4 t/h Damp, og der skal udtages henholdsvis ca. 1,0 t/h og ca. 1,5 t/h Salt fra første og andet Trin.

Vi regner for hvert Trin med tre Inddampere, hvoraf een Reserve. Prisen for en Inddamper med Udtag vil vi anslaa til isl. Kr. 80.000.

Det udtagne Salt skal eventuelt ved en Afdekningsprocess befries for Mederlud. Selv uden denne Rensning vil det dog være fortrinligt til Saltning af Fisk og Kød.

Tørring af Saltet tænker vi os foretaget i Tørrekanner, der gennemstrømmes af varm Luft. Opvarmning af Luften sker med Naturdamp.

Bromanlægget.

Til Bromanolægget går pr. Time ca. 4 t varm Restlud med et Indhold paa ca. 8,5 kg. Brom i Form af Bromjoner. Bromindholdet er saaledes af samme Størrelsesorden om end ikke fuldt saa højt som i normale fra Kalisaltindustri stammende Restopløsninger.

Anlægget passerer af en Brommængde paa ca. 68 t pr. Aar, og da man afhængig af Anlæggets Karakter kan regne med 85-95% Udbytte, bliver Produktionen ca. 60 t Aar.

Blandt de kendte Metoder til Bromudvinding kan fig. tre have Interesse:

1. Elektrolytisk Oxydation - denne Metode giver for lavt Udbytte og anses derfor ikke for hensigtsmæssig.
2. Oxydation af Bromjoner med Chlor under pH-Regulering. Uddrivning af fri Brom fra Opløsningen med en Strøm af Luft. Absorption af Brom i en Alkalikarbonatopløsning, hvorved faas en Opløsning af Bromid og Bromat. Ved Surgøring af denne Opløsning med Søvlsyre frigøres Brom, som renfremstilles ved Destillation. Denne Metode, som giver et Udbytte paa omkring 95%, anvendes siden 1933 af Ethyl-Dow Chemical Company til Ekstraktion af Brom fra Havvand. Metoden anvendes paa ukoncentreret Havvand, som foran nævnt med fortrinligt Udbytte. Den kræver et vist Forbrug af Kemikalier.
3. Oparbejdning efter Kubierschky. Efter denne Metode arbejder de fleste Anlæg for hvilke Møderlud fra Kali-saltindustri og Saliner er Udgangsmaterialer.

Vi har ogsaa regnet med Anvendelsen af denne Metode. Princippet er, at den varme Lud i en speciel Kolonne tilsættes Chlor og Damp. Chloreter oxyderer Bromjonerne og Bromet afdestilles og renses. Hovedapparatet i et Kubierschky Anlæg er Afdrivningskolonnen, der indeholder 10-20 Mellembunde af en særlig Konstruktion, som medfører, at de tunge Bromdampe drives til Vejrs i Kolonnen. Hele Anlægget maa opbygges af klorbestandigt Materiale, til selve Kolonnen kan anvendes Kieselsandsten, Granit, Plader af Volviclav og Stentøj, til Hjælpeapparaturet Stentøj, Pyrexglas og muligvis Carbate.

Udbyttet ved Kubierschky Metoden andrager 90-95%.
Forbrug af Hjælpestoffer pr. t Brom er omrentlig:

0,55 t Chlor

20 t Damp

samt diverse Kemikalier p.p. for isl. Kr. 125 pr. t Brom.

Kloralkalielyse.

Klorforbruget i Bromfabrikken er 30-35 t/Aar, hvilket er en alt for lille Mængde til, at det normalt vilde kunne betale sig at opstille egen Elektrolyse. Paa Grund af de særlige Forhold bør man dog sikkert opstille en lille Elektrolyser og i saa Fald vælge denne saa stor, at man dækker Islands Behov af Natriumhydroxyd. Dette er Minimum 100 t/Aar, formentlig noget større. Regnes med 100 t/Aar Natriumhydroxyd, bliver Elektrolyseren paa ca. 55 kW. Produktionen af Klor bliver 85 t/Aar, hvoraf går 30-35 t/Aar til Bromanlægget og en vis Mængde til Klorering af Havvandet. Det skal dog her bemerkes, at man ikke kan tillade sig at anvende større Klormængder til Kloreringen uden at Bromproduktionen formindskes.

Forbrug af Raamaterialer og Hjælpestoffer ved Elektrolysen vil være:

160 t/Aar Salt

350 t/Aar destilleret Vand

$0,44 \cdot 10^6$ kWh.

Det er sandsynligt, at det vil være lønnende at bygge Elektrolysen noget større og fremstille en vis Mængde Blejemidler.

Værdi af Aarsproduktionen.

| | | |
|------------------------------------------|---|--------------------|
| 20.000 t Salt á isl. Kr. 170,- | : | 3.400.000,- |
| 60 t Brom á isl. Kr. 3.500,- | : | 210.000,- |
| 100 t Natriumhydroxyd á isl. Kr. 1.100,- | : | <u>110.000,-</u> |
| | | <u>3.720.000,-</u> |

Ad. Saltprisen.

Det bemærkes, at denne sandsynligvis er ansat for høj, idet der er regnet med Importprisen til Island 1946, og det formodes, at Prisen ab Fabrik derfor kan blive en Del lavere.

Til Island importeredes 1946

"Alment Fisk- og Kødsalt" 20.138.589 kg. til en Værdi af isl. Kr. 3.478.562.

I Tilfælde af, at Importprisen gælder leveret i Forbrugsområdet, kan den forudsatte Pris være betydeligt over den, der kan opnaas.

Ad. Bromprisen.

U.S. Markedsnotering for Brom Nov. 1948 var 0,23 \$/lb eller ca. isl. Kr. 3,50 pr. kg. Ogsaa her er der derfor regnet højt, men Transporten udgør dog et relativt beskeden Beløb.

Ad. Natriumhydroxydpriisen.

Til Island importeredes 1946:

Natriumhydroxyd 95.386 kg. til en Værdi af isl. Kr. 108.726.

Anlægsomkostninger.

| | | |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| A) | Dampfremføring Boringer og Samleledninger | isl. Kr. 2.000.000.- |
| B) | Anlæg ved Kysten og Transportanlæg for Havvandet | 3.200.000.- |
| C) | Saltfabrikken | 7.800.000.- |
| D) | Bromfabrik; Kloralkalielektrelyse, Ekspeditions- og Lagerbygning, Værksted, Laboratorium og Administrationsbygning. <u>1.600.000.-</u> | |
| | | <u>isl. Kr. 14.600.000.-</u> |

- Ad. A) Vi har regnet med et Forbrug paa ca. 200 t/h Naturdamp. Dette er muligvis lidt for højt, men Forbruget bliver i alt Fald mellem 170 t/h og 200 t/h. Ifølge Opgivelser i Memorandum fra Statens Elektricitetsvæsen er Anlægsudgiften pr. t Damp pr. Time ca. isl. Kr. 10.000.-, hvorfra ovenstaaende Anlægsomkostning hidrører.
- Ad. B) Det er i ovennævnte Memorandum nævnt, at Driftsemkostningerne pr. Aar ved Levering af 100 t/h Havvand til Hveragerdi vil være ca. isl. Kr. 500.000.- Vi regner med at anvende 125 t/h Havvand, hvilket da maksimalt skulde koste 625.000.- Kr. Regnes der med, at Driftsomkostningerne er 20% p. A. af Anlægsudgifter, bliver disse Kr. 3.200.000.-
- Vi bemærker imidlertid, at vi ved et ganske groft Overslag kommer til en noget højere Værdi paa isl. Kr. 4 = 4,5 Mill., men at det selvfølgeligt vil forblive en Post behæftet med stor Usikkerhed, indtil Terrænforholdene mellem Kysten og Hveragerdi samt Forholdene, der bestemmer Sugeledningen, er nærmere klarlagte.

Driftskalkule. Aarlige Udgifter.

| | | |
|----|-------------------------------------|--------------------|
| 1. | 1.000.000 t Havvand | 625.000,- |
| 2. | 1500.000 t Naturdamp | 375.000,- |
| 3. | Kraft, Kølevand og Kemikalier | 100.000,- |
| 4. | Arbejdskraft 30 Mnd. á 25.000 | 750.000,- |
| 5. | Gager m.v. | 190.000,- |
| 6. | Reparationer | 400.000,- |
| 7. | Diverse | 200.000,- |
| 8. | Torrentning og Amortering | <u>1.200.000,-</u> |
| | | <u>3.840.000,-</u> |

Ad. 4. Pr. Skift: 1 Formand, 1 Mnd. v. Hurtigstrømsinddumperne, 1 Mnd. v. Inddamperne med Udtag, 1 Mnd. v. Tørring, 1 Mnd. Ekspedition og Lager, 1 Mnd. v. Bromfabr., 1 Mnd. v. Elektrolyse p.p., 1 Pladsmand.
 $3 \times 8 = 24$ Mnd. + ca. 20% Afløsning + 1-2 ekstra Dagarbejdere = 30 Mand.

Ad. 8. Torrentning og Amortering af det under C og D opførte Anlæg. Amortering på 10 År.

Konklusion.

Ved Sammenligning af Aarsproduktionens Værdi med Driftsudgifterne ses det, at det her behandlede Anlæg fra et rent privatøkonomisk Synspunkt ikke er forsvarligt. Hvorvidt de Valutabesparelser, som Anlægget kan medføre, begrunder dets Opførelse ligger uden for den ingeniomæssige Side af Overvejelserne.

Liste over Punkter, som kræver nærmere Undersøgelse,
før et egentligt Projekt udarbejdes.

1. Undersøgelse af Forholdene ved Kysten, Strømningsforhold, Ebbe-Flod, Udmunding af Vandløb, af Terrænet mellem et muligt Indsugningsanlæg og Hveragerdi, samt af klimatiske Forhold.
2. Analyser af Havvandet og af det organiske Materiale, som udskilles under Inddampningen, det sidste specielt med Hensyn til Jedindhold.
3. Undersøgelse af, hvorledes en mindre Hurtigstrømsind-damper fungerer. Dette dels for at sikre, at ikke Sulfater eller andre Salte bliver tilbage i Inddamperne, eller Dampen efterlader Aflejringer som vanskeligt fjernes, og dels for at finde de rette Strømningsforhold.
4. Udarbejdelse af et Skitseprojekt, som tillader at angive Anlægsomkostningerne med større Nøjagtighed.

Anders Nielsen