



**Miljøministeriet**  
Miljøstyrelsen

# FlotFood

## Udvikling af fødevareegnet flotations- og tørringskoncept

MUDP Rapport

April 2021

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Christian Holst Fischer, Teknologisk Institut

Caroline Kragelund Rickers, Teknologisk Institut

Grafiker/bureau: Teknologisk Institut

Tryk: Miljøstyrelsen

Fotos: Teknologisk Institut

ISBN: 978-87-7038-294-6

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

# Indhold

<b>1.</b>	<b>Opsummering</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Introduktion – FlotFood</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Lovgivning, udvælgelse og test af flokkulanter</b>	<b>7</b>
3.1	Lovgivning - Godkendelse af flokkulanter i forhold til lovgivningen	7
3.1.1	Tilsætningsstoffer	7
3.1.1.1	Tekniske hjælpestoffer til fødevarer	7
3.1.1.2	Tilsætningsstoffer til fødevarer	8
3.2	Flokkulanter til produktion af fødevarer eller behandling af vand	8
3.3	Udvælgelse af koagulanter og flokkulanter	9
3.4	Virkemåde af koagulanter og flokkulanter	11
3.5	Flokkulering af indvejningsprocesvand fra Royal Greenlands fabrik i Ilulissat og procesvand fra blande- og tappelinjer ved K-Salat	11
3.5.1	Royal Greenland	11
3.5.2	K-Salat	12
<b>4.</b>	<b>Udvikling af fødevarer godkendt flotations- og tørringsanlæg</b>	<b>15</b>
4.1	Design af fødevarer godkendt flotationsanlæg	15
4.2	Test og optimering af det samlede flotationsanlæg	16
4.3	Vakuamtørring	19
4.4	Laboratorietørrer	19
4.5	Nyt pilotanlæg	20
<b>5.</b>	<b>Gennemgang af produktionsproces og kortlægning af procesvand ved K-Salat</b>	<b>21</b>
5.1	Tappe- og blandelinjer samt kuroma	21
5.2	Transportable silotanke, mayonnaise- og remouladesiloer	22
5.3	Dåseåbning	22
5.4	Oversigt over udledning	22
5.5	Opsamling ved punktkilde	22
<b>6.</b>	<b>Pilotforsøg ved K-Salat</b>	<b>23</b>
6.1	Kort forsøgsbeskrivelse og overordnet massebalance	24
6.2	Konklusioner	26
<b>7.</b>	<b>Pilotforsøg ved Royal Greenland</b>	<b>27</b>
7.1	Kort beskrivelse af forsøgsudstyr	27
7.2	Forsøgsoversigt	27
7.2.1	Forsøg 1 – Blandet indvejningsvand med anvendelse af flokkulant	28
7.2.2	Forsøg 2 – Kogevand uden anvendelse af flokkulant	29
7.2.3	Forsøg 3 – Kogevand med anvendelse af flokkulant	29
7.2.4	Forsøg 4 – Blandet indvejningsvand uden anvendelse af flokkulant	29
7.2.5	Forsøg 5 – Blandet indvejning med flokkulant	30
7.2.6	Forsøg 6 – Kogevand med flokkulant	30
7.2.7	Indhold af tungmetaller i den floterende fraktion	30

7.3	Mikrobiologiske test	30
7.4	Opsummering	32
<b>8.</b>	<b>Opkoncentrering af det floterede materiale og tørringstest</b>	<b>33</b>
<b>9.</b>	<b>Fødevarerapplikationstest</b>	<b>35</b>
<b>10.</b>	<b>Forretningsplan</b>	<b>36</b>
10.1	K-Salat	36
10.2	Royal Greenland	36

# 1. Opsummering

I projektet FlotFood er der blevet udviklet et fødevareegnet flotations- og tørringskoncept, som tillader, at højværdikomponenter kan udvindes fra vandige processtrømme.

Der er indledningsvis taget kontakt til en række af producenter af flokkulanter og fældningskemi med henblik på at kortlægge markedet og indhente produkter til laboratorie- og pilotskalaforsøg. Projektet viser med tydelighed, at der kun findes et mindre antal flokkulanter på marked, der vil kunne finde anvendelse til produktion af fødevarer og/eller foder, og at anvendelsen af flokkulanter til produktion af fødevarer stadig er relativt ukendt. Med udgangspunkt i de rekvirerede flokkulanter blev der udvalgt flokkulanter til de to demonstrationscases i projektet.

I projektet er der udviklet et flotationsanlæg, som minimerer kontakttiden mellem det organiske materiale og mikroboblerne for derved at reducere oxidationen. Flotationsanlægget er blevet udviklet med henblik på fødevareproduktion. Det betyder, at det overholder gældende hygiejnekrav, der bl.a. indbefatter, at anlægget skal være nemt at rengøre, både under drift og ved opstart/nedlukning. Således er et konventionelt flotationsanlæg og tilhørende pumper gendesignet ved brug af andre materialer, tilslutninger og udformninger.

Det nyudviklede flotationsanlæg er blevet testet og optimeret ved K-salat A/S og Royal Greenland A/S. Begge cases viste, at flotationsanlægget fungerer efter hensigten i forhold til at kunne tilbageholde og opkoncentrere organisk materiale i procesvandet. Endvidere viser testene, at anlægget kan holdes rent ved regelmæssig CIP-procedure, hvilket er en forudsætning for, at anlægget kan finde anvendelse i fødevareindustrien.

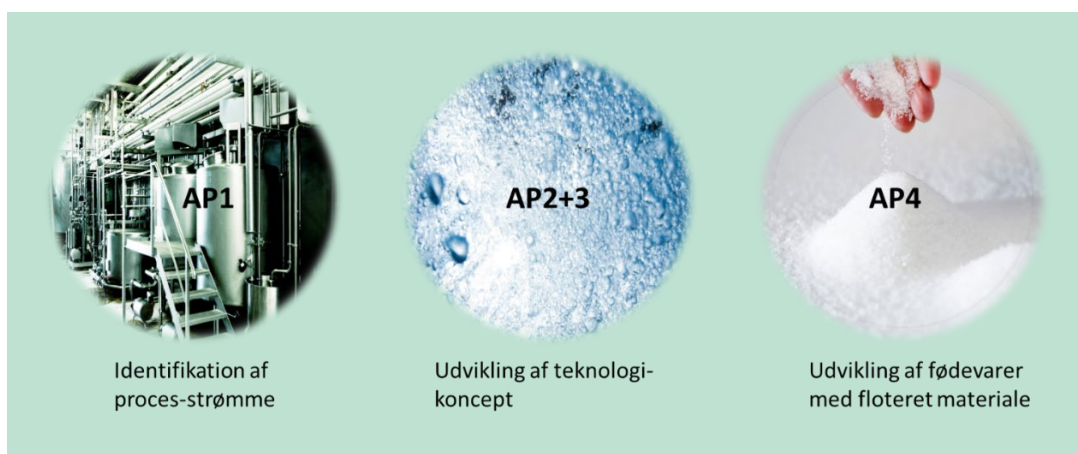
Det samlede flotations- og tørringskoncept er blevet anvendt på floteret materiale fra pilotforsøgene ved Royal Greenland A/S. I laboratoriet er materialet blevet yderligere opkoncentreret og efterfølgende tørret, hvorefter der er gennemført fødevareapplikationstest med materialet.

Med udgangspunkt i resultaterne fra projektet er der opstartet et nyt projekt, i hvilket det udviklede flotationsanlæg vil blive optimeret og implementeret ved TripleNine A/S i fuldskala.

## 2. Introduktion – FlotFood

Nærværende rapport udgør slutrapporten for projektet 'FlotFood – fra procesvand til fødevarer' under Miljøministeriets tilskudsordning MUDP. Projektet er gennemført i perioden januar 2018 til december 2019 i et samarbejde mellem BIO-AQUA A/S (herefter benævnt BIO-AQUA), Royal Greenland A/S (herefter benævnt Royal Greenland), K-Salat A/S (herefter benævnt K-Salat), DryingMate A/S (herefter benævnt DryingMate) og Teknologisk Institut.

Det overordnede formål med FlotFood var at udvikle et innovativt, fødevaregodkendt teknologikoncept i form af et flotations- og tørringsanlæg. Udviklingen har været inddelt i fire arbejds-pakker (AP) som illustreret i FIGUR 1. Teknologikonceptet vil være det første af sin art og muliggør, at højværdikomponenter fra vandige spildstrømme i fødevareindustrien kan udvindes og anvendes til produktion af nye fødevarer. Dette vil resultere i en meromsætning gennem bedre udnyttelse af ressourcerne, da det værdifulde indhold i procesvand bliver udnyttet til fødevarer.



**FIGUR 1.** Arbejdspakkestruktur i FlotFood-projektet.

Teknologikonceptet vil blive udviklet med henblik på anvendelse bredt inden for fødevareproduktion.

Royal Greenlands rejeproduktion i Ilulissat og K-Salats produktion i Havnsø er i dette projekt anvendt som cases, idet der på begge sites bliver udledt betydelige mængder af organisk materiale, som potentielt kan anvendes til produktion af foder/fødevarer. Udledningen sker med procesvandet fra produktionen.

I nærværende rapport er udviklingen af teknologikonceptet beskrevet i syv kapitler:

Kapitel 3 Lovgivning, udvælgelse og test af flokkulanter

Kapitel 4 Udvikling af fødevaregodkendt flotations- og tørringsanlæg

Kapitel 5 Gennemgang af produktionsproces og kortlægning af procesvand ved K-Salat

Kapitel 6 Pilotforsøg ved K-Salat

Kapitel 7 Pilotforsøg ved Royal Greenland

Kapitel 8 Opkoncentrering af det floterede materiale og tørringstest

Kapitel 9 Fødevarerapplikationstest

# 3. Lovgivning, udvælgelse og test af flokkulanter

Der er indledningsvis taget kontakt til et bredt udvalg af producenter af flokkulanter og fødeledningskemikalier med henblik på at kortlægge markedet og indhente produkter til laboratorie-skalaforøg. Der er i alt rekvireret flere end 40 flokkulanter/koagulanter fra de kontaktede producenter. I projektet er det dog blevet meget tydeligt, at kun et fåtal af produkterne vil kunne finde anvendelse til produktion af fødevarer og/eller foder, på trods af at producenterne var blevet gjort bekendt med den påtænkte anvendelse. Screeningen viser med tydelighed, at anvendelsen af flokkulanter til produktion af fødevarer stadig er relativt ukendt. I de efterfølgende afsnit er lovgivningen kortfattet opsummeret, og udvælgelsen af egnede produkter er beskrevet.

## 3.1 Lovgivning - Godkendelse af flokkulanter i forhold til lovgivningen

Kemikalier, der potentielt kan komme i kontakt med, eller som anvendes i fødevarer, kan overordnet inddeles i tre kategorier: desinfektionsmidler, tilsætningsstoffer og additiver. Det er primært lovgivningen om tilsætningsstoffer, der er relevant, når flokkulanter og koagulanter skal anvendes til separering af procesvand fra en fødevarerproduktion, og når det separerede materiale påtænkes anvendt som foder/fødevarer.

EU-lovgivningen på området tilsiger, at indholdet af stoffer, der kan udgøre en potentiel sundhedsrisiko, skal minimeres eller så vidt muligt udelukkes, og der arbejdes aktivt for at fjerne uønskede stoffer. Enkelte stoffer kan accepteres fra processer, hvor de med eksisterende teknologier ikke kan substitueres. Derfor må tilstedeværelsen af uønskede stoffer såsom akrylamid i et produkt anses som værende uacceptabel, såfremt processen kan ændres, eller stoffet kan substitueres i henhold til gældende EU-lovgivning (Fødevarerstyrelsen, 2018a<sup>1</sup>; Fødevarerstyrelsen, 2018b<sup>2</sup>; Fødevarerstyrelsen, 2018d<sup>3</sup>; Fødevarerstyrelsen, 2018e<sup>4</sup>; European Commission, 2018). Akrylamid anvendes i mange flokkulant-/koagulantprodukter, idet stoffet i mange tilfælde har god flokkulerende effekt.

### 3.1.1 Tilsætningsstoffer

Tilsætningsstoffer underopdeles i tekniske hjælpestoffer til fødevarer og E-numre (tilsætningsstoffer til fødevarer).

#### 3.1.1.1 Tekniske hjælpestoffer til fødevarer

Tekniske hjælpestoffer er stoffer, der anvendes under fremstillingen af fødevarer, men som ikke har en funktion i det færdige produkt. Et eksempel på et teknisk hjælpestof er et skumdæmpende middel som anvendes ved fx kartoffelskrælning og som bortvaskes inden salg. I den forbindelse har opløsningen ingen funktion i fødevarer, men skal sikre at rester af bakteri-

---

<sup>1</sup> : <https://www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/Additiver-og-dual-use-additiver.aspx> (sidst set 12.10.2018)

<sup>2</sup> : <https://www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/Desinfektionsmidler-i-f%C3%B8devare-industri-og-landbrug.aspx> (sidst set 12.10.2018)

<sup>3</sup> <https://www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/Tekniske-hjælpestoffer-foedevarer.aspx> (sidst set 12.10.2018)

<sup>4</sup> <https://www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/Fakta-om-tils%C3%A6tningsstoffer.aspx> (sidst set 12.10.2018)

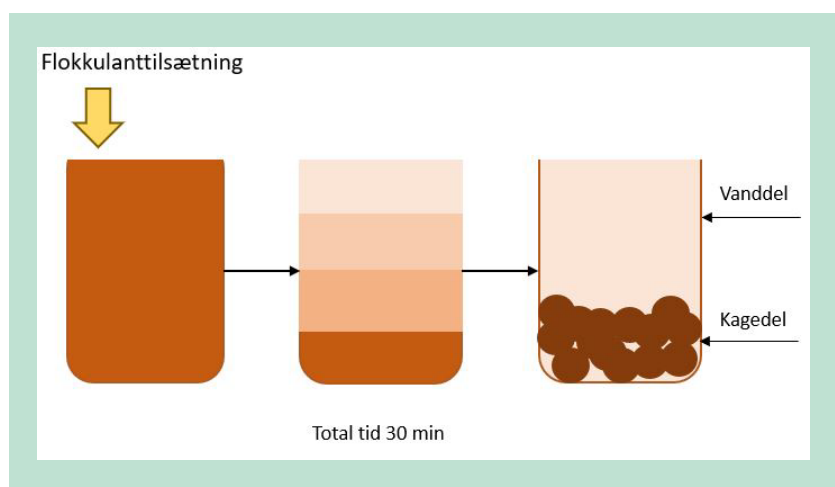
elt materiale ikke optræder i det færdige produkt. I praksis bliver tekniske hjælpemidler vurderet individuelt. Et teknisk hjælpestof skal være sundhedsmæssigt forsvarlig og have et teknologisk formål i processen. Det tekniske hjælpestof må ikke have en funktion i det endelige produkt. Jf. hygiejneforordningen må der ikke være risiko for kontaminering (Fødevarestyrelsen, 2018d).

### 3.1.1.2 Tilsætningsstoffer til fødevarer

Tilsætningsstoffer i fødevarer mærkes med E-numre. Kun godkendte tilsætningsstoffer må anvendes i fødevarer. Et tilsætningsstof kan godkendes, når der er tilstrækkelig videnskabelig evidens for, at der ikke er sundhedsmæssige betænkeligheder ved brug af stoffet. Det er kun tilladt at anvende tilsætningsstofferne i de mængder, der teknologisk er behov for (Fødevarestyrelsen, 2018e). Alle tilsætningsstoffer tildes en ADI-værdi (Acceptabelt Dagligt Indtag), som er et udtryk for, hvor meget stof der dagligt kan indtages pr. kg kropsvægt uden sundhedsmæssige konsekvenser. ADI-værdien bruges til fastsættelse af tilsætningsstoffets grænseværdi i fødevarer (Fødevarestyrelsen, 2018e; Food-Additives, 2018). Visse stoffer kan anvendes uden mængdebegrænsning.

## 3.2 Flokkulanter til produktion af fødevarer eller behandling af vand

Behandling af spildstrømmen med flokkulant resulterer i en faseinddeling, se FIGUR 2. De lov-mæssige krav for flokkulanten bestemmes ud fra, hvilken del der skal anvendes, og med hvilket formål. Heraf kan flokkulanterne overordnet inddeles i to grupper. Den ene gruppe af flokkulanter anvendes til fødevarerproduktion. Den anden gruppe af flokkulanter anvendes til behandling af fx teknisk vand, (klassisk anvendelse af flokkulanter).



**FIGUR 2.** Illustration af flokkulanter/koagulanter effekt på en vandig processtrøm gennem flokkulering.

I de situationer, hvor kagedelen skal anvendes, bliver flokkulanten en del af kagen, hvorfor den må betragtes som et tilsætningsstof. Der er derfor strengere krav til de flokkulanter, der skal anvendes til fødevarer end til de flokkulanter, der skal anvendes til vandbrug. Er det hensigten kun at anvende vanddelen efter separationsprocessen for procesvandet, kan flokkulanten betragtes som et teknisk hjælpemiddel. Er flokkulanten for eksempel godkendt til behandling af drikkevand under EU-standarder, er den også anvendelig til vandbrug. Grænseværdierne for indholdsstofferne i kagedelen skal, såfremt den skal anvendes til fødevarerbrug, overholde lovgivningen om tilsætningsstoffer. En liste over godkendte tilsætningsstoffer og deres respektive grænseværdi for forskellige produkter kan findes på hjemmesiden:

[https://webgate.ec.europa.eu/foods\\_system/main/?sector=FAD&auth=SANCAS](https://webgate.ec.europa.eu/foods_system/main/?sector=FAD&auth=SANCAS)



Findes stoffet ikke opført på denne liste, er det som udgangspunkt ikke et godkendt tilsætningsstof, men stoffet er heller ikke direkte forbudt, idet brugen vil kunne godkendes i visse tilfælde. Derfor er det relevant at undersøge stoffets generelle anvendelighed: Hvad bliver det normalt brugt til, og er det egnet til fødevarerbrug? Anvendes stoffet ikke umiddelbart i fødevarer, og indikerer de øvrige tilgængelige informationer heller ikke et sådant brug, afvises stoffet som anvendelig flokkulant til fødevarerbrug i nærværende projekt.

### 3.3 Udvælgelse af koagulanter og flokkulanter

De flokkulanter, der er undersøgt i projektet, er i TABEL 1 angivet med produktnavn. Indholdsstofferne er de stoffer, der er opgivet i databladene for det enkelte produkt. Vurderingen af anvendeligheden for flokkulanten er foretaget på baggrund af indholdsstofferne i flokkulanterne.

**TABEL 1.** Forklaring på anmærkning: **x** Kan ikke anvendes til fødevarerbrug, **x** der er grænseværdi for indholdet af stoffet i fødevarer, **x** Kan anvendes til fødevarer.

	Adipinsyre	Acrylamid	Ammoniak	1,2-Benzisothiazol-3(2H)-one	Biologisk materiale	Carapace	Carrageenan	Chitosan	Dimethylethanolamin	DMA	EPI	Epichlorohydrin	Ferro (Fe 2+)	Gellan gum	ICP solvent	Kationisk stivelse	Pectin	Poly(AMAC)	Sucrose	Sulfat	Sulfaminsyre	
CAT-FLOC 8108plus																		x				
FERROGRANUL 30													x								x	
GENUGEL ASP-636							x														x	
GENUGEL WR-78							x														x	
GENU pectin LM-5 CS																		x			x	
GENU pectin LM-5206 CS																		x			x	
GENU pectin LM-104 AS-BG																		x			x	
GENUVISCO CSM-2								x													x	
HEPPIX A						x																
HEPPIX A+						x																
KELCOGEL K																						x
NALCO 71605																						x
NALCO 71633																						
NALCOLYTE 7132																						x
NALCOLYTE 8103																						
NALCOLYTE 8103plus																						x
NALCOLYTE 8105																						x
NALCOWATER 71462																						
NALCOWATER 71469																						x
MAGNAFLOC LT27AG																						x
MAGNAFLOC LT30																						x
MAGNAFLOC LT32																						x
MAGNAFLOC LT340																						x
PURFIX																						x



### 3.4 Virkemåde af koagulanter og flokkulanter

Flokkulanter og koagulanter kan anvendes med samme formål, men har forskellig virkning på de suspenderede kolloider (små partikler). Målet for anvendelse er at kunne udfælde kolloider fra en opløsning. Koagulantens påvirkning på kolloiderne i vandet er destabiliserende. Flokkulantens påvirkning er at samle de destabiliserede kolloider. Flokkulanten og koagulanten kan virke enkeltvis, men anvendes i mange tilfælde også i samspil.

Kolloider i en vandig opløsning har et overfladepotentiale, som danner kolloidens overfladeladning.

Koagulanter ændrer kolloidens overfladeladning og mindsker dermed kolloidernes interne repulsion i opløsningen. Flokkulanten påvirker opløsningens fysiske karakteristika, og dermed kan der dannes flokke af kolloiderne.

### 3.5 Flokkulering af indvejningsprocesvand fra Royal Greenlands fabrik i Ilulissat og procesvand fra blande- og tappelinjer ved K-Salat

Der er blevet gennemført en lang række flokkuleringsforsøg i laboratoriet med indvejningsprocesvand fra Royal Greenland samt procesvand fra blande- og tappelinjer fra K-Salat. Forsøgene har overvejende fokuseret på de flokkulanter/koagulanter, som potentielt vil kunne anvendes til foder- og fødevarebrug.

Til forsøgene er der anvendt en såkaldt Jartest, hvor procesvandet blev blandet med et produkt (flokkulant/koagulant) under kraftig omrøring. En eventuel effekt blev aflæst visuelt efter 30 minutters henstand og dokumenteret ved at separere det flokkulerede materiale fra det ikke-flokkulerede materiale. Tørstofindholdet og COD-koncentrationen på udvalgte prøver er efterfølgende blevet bestemt for at kvantificere effekten nærmere.

Der er ligeledes blevet gennemført forsøg med indløsning af mikrobobler (fra en Nikunipumpe) med det formål at skumme det flokkulerede materiale i prøven og dermed efterligne processen i et flotationsanlæg. Det var dog meget svært at efterligne processen, idet boblerne kun blev indløst én gang, hvorfor en pålidelig separation ikke var mulig. Således blev det besluttet udelukkende at anvende Jartesten til vurdering af produkternes flokkuleringsevne.

#### 3.5.1 Royal Greenland

Til forsøgene er der anvendt procesvand fra indvejningsprocessen for rejer. Indledningsvis blev procesvandet karakteriseret (se TABEL 2). Procesvandet er kraftigt rødfarvet og indeholder en del protein. Vandet har dog også et højt indhold af salt, som kommer fra lagen.

**TABEL 2.** Procesvand fra indvejning.

Konduktivitet (mS/cm)	15
Salinitet (g/l)	9
Zetapotentiale (mV)	-10,9
Partikelstørrelse (nm)	780,9
TS (g/l)	17
Org. stof (g/l)	7
COD (mg/l)	13880
Protein (g/l)	6

Indledningsvis blev der foretaget en prætest med henblik på at udvælge de flokkulanter, som har en effekt. Resultaterne er opsummeret i TABEL 3.

**TABEL 3.** Resultater fra prætest. Flokkuleringseffekten bedømt visuelt. Manglende flokkulering er markeret med -.

Produktnavn	Dosis (ppm)	Effekt (0 min)	Effekt efter (20 min)
FeSO <sub>4</sub>	10125	Små flokke	Kraftig faseadskillelse
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	6750	Gråt farveskær	Lille faseadskillelse
Genugel ASP-636	1000	-	-
Genu pectin LM-5 CS	1250	-	-
Genu pectin LM-104 AS-BG	1875	-	-
Genuvisco CSM-2	750	-	-
KemSep/Hepix A	70000	-	-
Purifix	375	Små flokke	Lille kage
Praestol K750-BIO	807	Små flokke	Flokke bundfældet
Praestol K760-BIO	846	Små flokke	Flokke bundfældet
Tramfloc 620	2082	-	-

Fem af de testede flokkulanter viste tegn på flokkulering. Således blev der ved tilsætning af FeSO<sub>4</sub> observeret små flokke. Efter 20 min. henstand havde FeSO<sub>4</sub> dannet en kraftigt flokkuleret bundfase, der fyldte ca. ¼ af volumen; topfasen var gullig. Ved tilsætning af Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> blev spildstrømmen grålig, men viste ikke tegn på flokkulering. Efter 20 minutters henstand blev der observeret en tyk flokkuleret bundfase med en lille, klar topfase. Praestol K750-Bio og K760-Bio dannede små flokke ved tilsætning af flokkulant. Flokkene var efter 20 minutters henstand bundfældet, og topfasen var rødlig.

Flokkulanterne Praestol K750-Bio og K760-Bio samt FeSO<sub>4</sub> og Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> dannede i forsøgene tydelige flokke i processtrømmen. Dette var forventet, da de blev karakteriseret med et positivt zetapotential og derfor kan introducere en ladningsneutralisering af negativt ladede partikler. Det var ligeledes forventet, at flokkulanterne Tramfloc 620 og Hepix A ville flokkulere, da disse også bliver karakteriseret med et positivt zetapotential. Den manglende flokkulering kan evt. skyldes flokkulanternes pH-optimum, som generelt er lavere end pH-værdien i procesvandet.

Der er efterfølgende gennemført optimeringsforsøg med de fem flokkulanter, som viste tegn på flokkulering. I disse forsøg er doseringen af flokkulanten og effekten i forhold til COD-reduktion og tørstofreduktion blev kvantificeret (data ikke vist).

### 3.5.2 K-Salat

Der blev leveret ca. 40 L procesvand fra K-Salat til Teknologisk Institut fordelt i flere mindre dunke. Procesvandet blev udtaget som blandet skyllevand fra blande- og tappelinjer. Indholdet i dunkene blev hældt op i en balje og homogeniseret, hvorefter det blev fordelt ud i 2,5 L-dunke. Én dunk blev opbevaret på køl i køleskab til forsøg, imens de øvrige dunke blev frosset ned. Der blev optøet dunke undervejs, i takt med at vandet blev brugt til forsøg. I TABEL 4 er procesvandet karakteriseret efter 30 minutters henstand. Procesvandet faseseparerer uden yderligere påvirkning i en bund- og en topfase, hvoraf topfasen indeholder den største forekomst af organisk materiale. Procesvandet indeholder overvejende emulgeret fedt/olie, der stammer fra mayonnaise, som er den overvejende bestanddel i mange af produkterne fra K-Salat.

**TABEL 4.** Kemisk sammensætning af procesvand fra K-Salat efter henstand i 30 min uden dosering af produkter (flokkulanter/koagulanter).

Fase	TS (%)	Organisk (%)	pH	Zeta (mV)	Partikelstørrelse (nm)
Top	1-1,1	1-1,1	3,9-4	-6 - -6,6	1500
Bund	0,45	0,45			

Indledningsvis blev der foretaget en prætest med henblik på at udvælge de flokkulanter, som har en effekt. Resultaterne er opsummeret i nedenstående tabeller.

**TABEL 5.** Resultater fra prætest. Flokkuleringseffekten er bedømt visuelt. Manglende flokkulering er markeret med -.

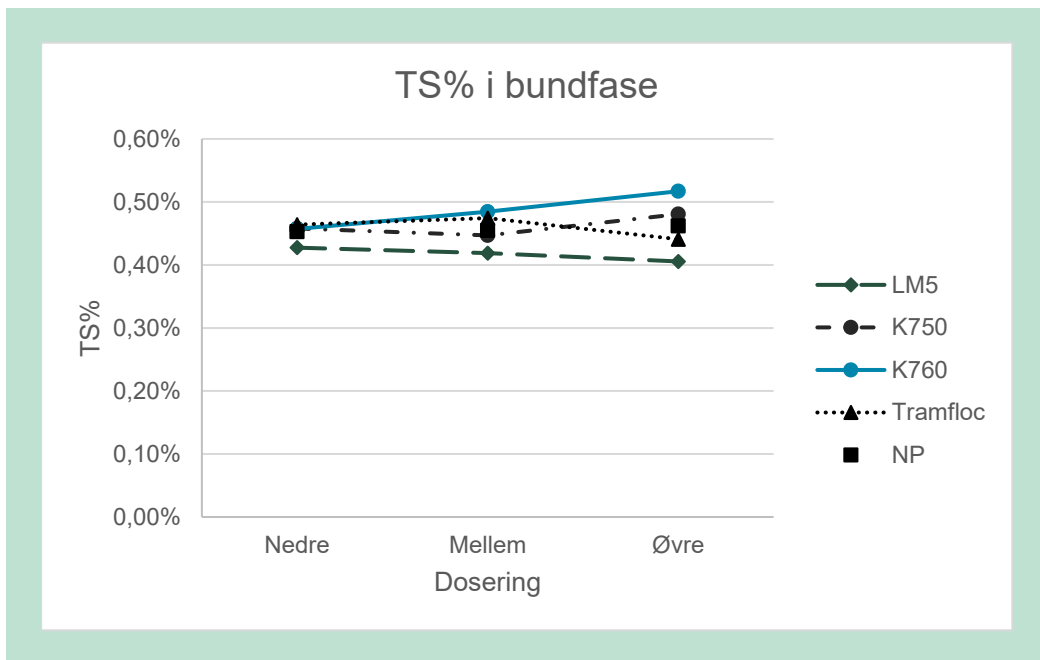
Produktnavn	Dosis (ppm)	Effekt
Genugel ASP-636		-
Genu pectin LM-104 AS-BG		-
Genu pectin LM-5 CS		Bundfald
Genuvisco CSM-2		-
Praestol K750-BIO		Flokdannelse
Praestol K760-BIO		Flokdannelse
Tramfloc 620		Flokdannelse

Prætesten indikerede, at fire præparater var potentielt anvendelige (se TABEL 5). Der blev efterfølgende foretaget doseringstest med de fire flokkulanter ved anvendelse af tre doseringsniveauer, se TABEL 6

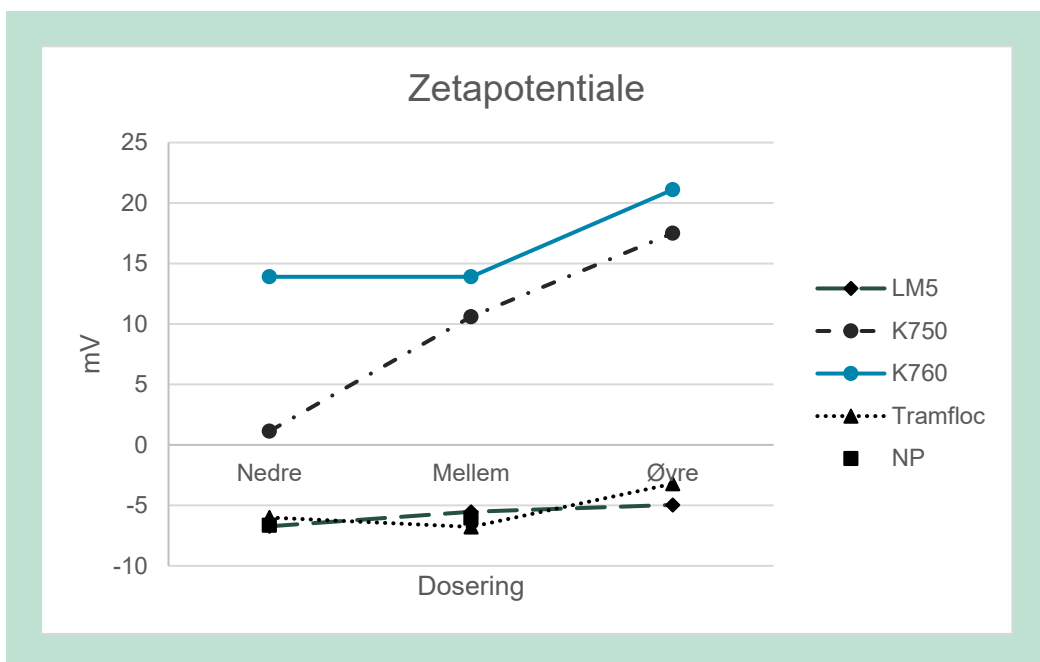
**TABEL 6.** Doseringsniveauer af flokkulanter i doseringstest.

Produktnavn	Præfix	Nedre (ppm)	Mellem (ppm)	Øvre (ppm)
Genu pectin LM-5 CS	LM5	79	223	661
Praestol K750-BIO	K750	112	294	849
Praestol K760-BIO	K760	149	437	1239
Tramfloc 620	TF	149	577	1607

FIGUR 3 viser tørstofindholdet i bundfasen ved doseringstest af produkterne (kagedelen er i den øverste fase). Det fremgår med tydelighed, at doseringen ikke ændrer på tørstofindholdet. Således er alle målinger inden for 0,1 %, og alle målinger er på niveau med nulprøven. FIGUR 4 viser zetapotentialet ved de forskellige doseringer af produkter. PRAESTOL™ K750BIO og K760BIO påvirker zetapotentialet meget i forhold til nulprøven. Hvorimod GENU® LM-5 og TRAMFLOC® 620 ikke påvirker zetapotentialet synderligt i forhold til nulprøven (lignende tendenser er observeret ved procesvandet fra Royal Greenland). På trods af et neutralt zetapotential ved den lave dosering med PRAESTOL™ K750BIO observeres der ikke nogen betydelig ændring i tørstofindhold i bundfasen. Dette skyldes muligvis, at der i testene ikke er doseret bobler, som muliggør en effektiv separation.



**FIGUR 3.** Tørstofindhold i bundfasen ved forskellige doseringer af produkter. NP er nulprøven uden dosering. Produktnavne for de testede produkter kan findes i TABEL 6.



**FIGUR 4.** Zetapotentiale i bundfasen ved forskellige doseringer af produkter. NP er nulprøven uden dosering. Produktnavne for de testede produkter kan findes i TABEL 6.

## 4. Udvikling af fødevaregodkendt flotations- og tørringsanlæg

BIO-AQUA har igennem snart 20 år bygget flotationsanlæg til spildevandsrensning fra en lang række industrier. Formålet med disse anlæg har været at løfte partiklerne i vandet til overfladen under anvendelse af mikrobobler. Denne teknologi har en lang række fordele, herunder at den er billig og driftssikker. Traditionel flotation er dog udfordret i forhold til udnyttelsen af det floterede materiale af tre årsager: oxidation af proteiner og fedtstoffer under flotationsprocessen, vanskelig rengøring ved opstart/nedlukning af anlægget samt brugen af polymerer til flokkulering af partikler.

Et af hovedformålene med projektet har derfor været at udvikle et flotationsanlæg, der fortsat har høj renseseffektivitet, men som også muliggør, at det floterede materiale kan anvendes til andre formål end biogas, som i dag er den eneste gængse anvendelse af floteret materiale. I nærværende projekt er der udviklet et flotationsanlæg, som minimerer kontakttiden mellem det organiske materiale og mikroboblerne for derved at reducere oxidationen. Tilsvarende undersøges anvendelsen af en inert gas. Endvidere er flotationsanlægget blevet udviklet med henblik på fødevareproduktion, hvilket betyder, at flotationsanlægget kan overholde gældende hygiejnekrav. Dette indbefatter, at anlægget skal være nemt at rengøre, både under drift og ved opstart/nedlukning. Hygiejnekravene til anlægget influerer på både udformningen og materialevelaget.

### 4.1 Design af fødevaregodkendt flotationsanlæg

Første fase af udviklingen af et fødevaregodkendt flotationsanlæg var at identificere de mest kritiske punkter (problemer) i den eksisterende teknologi og efterfølgende finde løsninger på disse problemer. Der blev derfor afholdt en række møder/workshops mellem BIO-AQUA og Teknologisk Institut, så alle havde et godt kendskab til den eksisterende teknologi og de tilhørende udfordringer. Af konkrete forskelle fra traditionel flotationsteknologi kan blandt andet nævnes et anderledes indløsningsystem til dannelse af dispergervand. I den traditionelle teknologi anvendes højtrykspumper og kompressorer, men sådanne systemer kan ikke holdes rene og/eller skilles ad i forbindelse med CIP (Cleaning In Place), hvilket er et grundlæggende krav ved fødevareproduktion. Tilsvarende er der en række udfordringer med rør og kanter, som ikke kan holdes rene.

Gennem et tæt samarbejde mellem Teknologisk Institut og BIO-AQUA's eksperter i flotations-teknologi blev der udviklet skitser af en optimeret flotationsteknologi. Følgende områder blev fokuspunkter i udviklingen af det nye flotationskoncept:

- *Produktion af dispergervand.* Speciel, rustfri SS316L-turbinepumpe, som producerer bobler direkte i vandet, anvendes frem for en kombineret højtrykspumpe og kompressor. Dispergervandet indløses direkte i indløbsvandet igennem en selvrensende modtryksdyse (ligeledes produceret i SS316L).
- *Overordnet design af anlæg.* Hele designet skulle ændres, så at alle flader er tilgængelige og kan rengøres. Dette betød, at anlægget blev cirkelrundt i stedet for rektangulært, at alle samlinger blev udført med mejericlamps, at skraberen bliver drevet af en centermotor, og at skraberbladene kan klikkes af/på i forbindelse med rengøring. Endvidere kan hele centersektionen løftes op og rengøres.
- *Svejsning.* Alle dele blev udført i SS316L, og svejsningerne er certificerede.

## 4.2 Test og optimering af det samlede flotationsanlæg

Med baggrund i ovenstående design, blev der fremstillet et cirkulært flotationsanlæg, som potentielt vil kunne anvendes til produktion af fødevarer. De enkelte dele blev testet og afprøvet hos BIO-AQUA. I udviklingen af flotationskonceptet stødte projektet på en række problematikker, herunder:

- Til produktion af dispergervandet tryksættes vandet til >5 bar. For at holde dette system tæt, anvendes der i traditionelle flotationsanlæg normalt slangekoblinger og gevind. Dette er imidlertid ikke en anvendelig løsning, når det floterede materiale skal anvendes til fødevarer. For at overkomme denne problematik blev der udviklet et system, som kunne modstå trykket, og som samtidig tillader en nem adskillelse/samling.
- Bobleindløsningsenheden skulle ændres, så denne kunne afmonteres og rengøres effektivt. Således blev indløsningsen ændret til et løst dyserør med mejericlamps i begge ender, hvorved hele røret kan afmonteres på meget kort tid.
- Landet, hvor skraberens lægger an, skulle være uden nogen form for kanter, og der blev derfor laserskåret et stykke stål, som efterfølgende blev bukket i facon (se FIGUR 5).
- Selve tanken blev udført som en rund tank med konisk bund og afløb i bunden.
- Der blev udviklet et system til at hæve vandstanden i tanken i stedet for afskrabning (FIGUR 7).



**FIGUR 5.** Landet til skraberens under forsøg.





**FIGUR 6.** Indvendigt i tanken; hele den midterste sektion kan fjernes for optimal rengøring.



**FIGUR 7.** Udløbet, der er konstrueret, således at vandstanden nemt kan ændres og samtidig tillader nem rengøring.

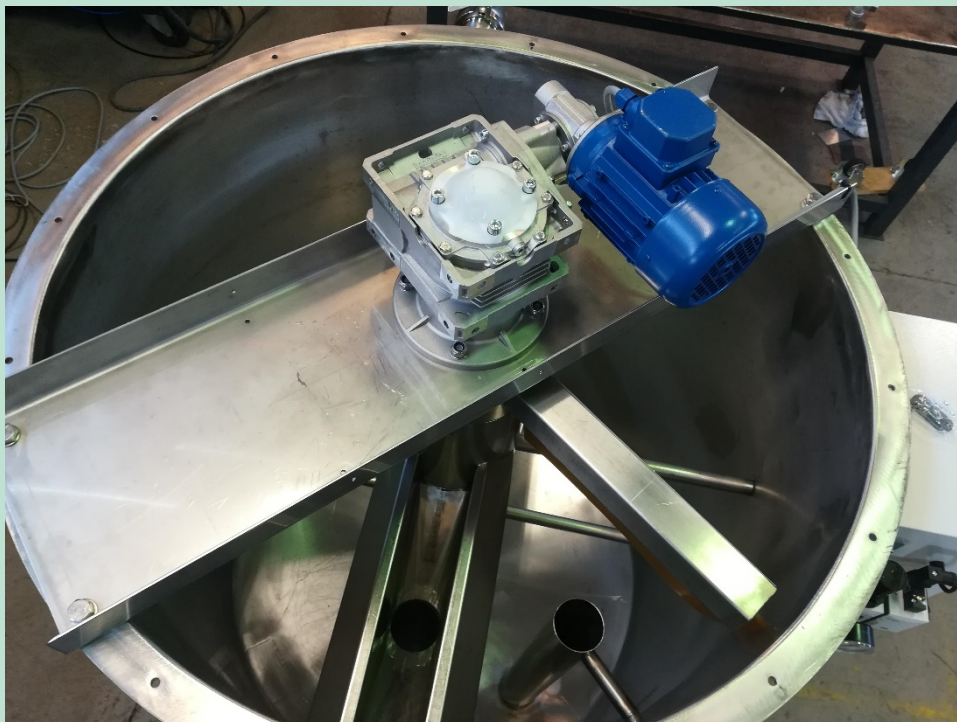
Der blev efterfølgende udført en række test på de udviklede delelementer af det nye flotationskoncept. Disse test blev først udført med rent vand med varierende indløbs flow. De udførte test medførte en række modifikationer:

- Stigrøret i tanken var af en sådan udformning, at mikroboblerne i røret havde en tendens til at blive samlet til større bobler. Udformningen blev ændret, og dysen blev monteret lige under stigrøret.
- Der var en tendens til, at udløbsvandet ikke havde et konstant flow, og der blev derfor svejst en vandret 'kant' ind i udløbet, som sikrer, at der ikke opstår hævertvirkning.

De enkelte dele blev efterfølgende testet hos K-Salat i Havnsø. Til disse forsøg blev der også anvendt et mere traditionelt flotationsanlæg for at tjekke effektiviteten af ovenstående. Ved disse forsøg blev det tydeligt, at den oprindelige tanke om at anvende hævning af vandstanden til at fraseparere det floterende materiale ikke var ideel, idet det producerede materiale havde et meget lavt tørstofindhold. Således blev det besluttet at anvende en traditionel skraber med gummiblade. Denne blev efterfølgende indbygget på anlægget, så hele skrabersektionen kan hæves ud af tanken, hvilket tillader en effektiv rengøring (se FIGUR 8 og FIGUR 9).



**FIGUR 8.** Skraberens er monteret således, at den kan afmonteres og samtidig hæves/sænkes. Der er anvendt vingemøtrikker der øger rengøringsvenligheden og hyppigheden, da de kan adskilles uden brug af værktøj.



**FIGUR 9.** Anlægget fra toppen, selve broen med skraberens kan afmonteres. Efterfølgende blev anlægget gennemtestet og sendt til Grønland.

### 4.3 Vakuamtørring

Tørring kan foregå på mange måder, men fælles for dem alle er, at der skal tilføres varme, og at vandet skal kunne komme væk ved fordampning. Vakuamtørring minder om frysetørring i den forstand, at alene vanddamp er til stede, og at vandets kogepunkt er sænket i forhold til tørring ved atmosfærisk tryk, hvor vandet fordamper ved ca. 100 °C. Det faktum, at der ikke er andre gasser til stede under tørringen, betyder, at produktet ikke kan oxideres under tørringen som følge af iltning. Der kan dog godt forekomme enzymatisk oxidation, som øges med stigende tørretemperatur og tørretid.

### 4.4 Laboratorietørrer

I projektet er der blevet tørret flotationsskum fra Royal Greenland i en lille forsøgsvakuamtørrer (se afsnit 8). I forsøgstørreren tilføres varmen primært via den overflade, som produktet blev placeret på, og i mindre grad via konvektion på den anden side af produktet. Temperaturen af overfladen er justerbar i intervallet 0-100 °C. De fleste forsøg med biologiske produkter tørres typisk ved en temperatur i intervallet 40-60 °C og ved et tryk på omkring 10-15 mbar. Det betyder, at vandet fordamper ved en temperatur på 7-13 °C.

Når et produkt tørres på alle andre måder end med strålevarme, trænger varmen ind i produktet fra overfladen og ind mod centrum af produktet. Strålevarmen begrænses af produktets varmeledningsevne og af produktets tykkelse. Jo tykkere produktet er, desto længere tid tager det for varmen at trænge ind.

For at tørringen ikke skulle tage for lang tid, blev produktet tørret i et meget tyndt lag, hvorved kapaciteten per batch var lav.

## 4.5 Nyt pilotanlæg

DryingMate har gennem længere tid udviklet et pilotanlæg baseret på et nyt koncept til vaku-umtørring. Temperatur og tryk er de samme som beskrevet ovenfor, men produktet æltes og presses kontinuerligt, mens det tørres. Det betyder, at produktet tørres langt hurtigere og mere homogent, end hvis det ligger stille på en bakke, mens det tørres. Det overvejes i skrivende stund, om konceptet skal patenteres, hvorfor det ikke ønsket beskrevet yderligere i denne rapport.

Der er udført tørringsforsøg på forskellige fødevarer både i laboratorieanlægget og i pilotanlægget. Forsøgene viser, at tørretiden reduceres fra 2,5 time til mindre end 30 minutter på det samme produkt. Der er i projektet ikke udført forsøg med det floterende materiale, idet den mængde, som skal anvendes i pilotanlægget, er forholdsvis stor.

# 5. Gennemgang af produktionsproces og kortlægning af procesvand ved K-Salat

I foråret 2018 blev der gennemført en kortlægning af procesvand ved K-Salat i Havnsø. Kortlægningen af procestrinnene på fabrikken baserer sig på såvel oplyste data, som målte værdier fra forskellige procestrin. På denne baggrund er der opstillet en overordnet massebalance for relevante procestrin, hvor der tabes mest organisk materiale med procesvandet.

Kortlægningen af procesvand er udført i et samarbejde mellem Teknologisk Institut, BIO-AQUA og K-Salat.

I dag ledes alt spildevand fra fabrikken til et båndfilter, som har til formål at fjerne hovedparten af det organiske materiale. I processen flokkuleres spildevandet med PAX og polymer umiddelbart inden båndfilteret. Det udgående vand behandles efterfølgende i aerobe beluftnings-tanke. Slammet fra båndfilteret sendes til bioforgasning. Det opsatte båndfilter er periodevis hårdt belastet, hvilket bevirker, at udløbsvandet fra båndfilteret indeholder meget organisk materiale. Dette bevirker, at omkostningerne til den biologiske behandling øges (omkostninger til beluftning m.m.). Det vil således have stor værdi at kunne behandle koncentrerede spildevandsstrømme andetsteds. Ikke alene vil det kunne reducere spildevandsbelastningen til det eksisterende båndfilter og dermed udgifterne, men indtjeningen vil også potentielt kunne øges via salg af det floterende materiale.

Produktionen på K-Salat består af mange forskellige procestrin. Ydermere er mange af produkterne meget sæsonbetonede, hvilket betyder, at der i perioder produceres store mængder af et bestemt produkt. For at simplificere kortlægningen og fokusere på de processtrømme, der har størst potentiale, blev de enkelte procestrin på fabrikken vurderet i forhold til vandforbrug og udledning af organisk materiale. På denne baggrund blev bl.a. procesvandet fra koge- og hakkeprocessen udeladt fra kortlægningen.

## 5.1 Tappe- og blandelinjer samt kuroma

I blandelinjerne blandes råvarerne til de forskellige produkttyper, og på tappelinjerne påfyldes produkterne på emballage. Imellem produktionen af hver enkelt produkttype foretages der et skyl af det anvendte udstyr for både tappe- og pakkelinjer. Frekvensen af skyl afhænger i høj grad af mængden af produkttype den pågældende dag, hvorfor det er vanskeligt at bestemme den præcise vandmængde fra tappe- og blandelinjerne.

I kuroma blandes der mayonnaise. Kuromaen skylles med jævne mellemrum i løbet af dagen.

Ved afslutningen af produktionsdagen rengøres (CIP) tappe- og blandelinjer samt kuroma. Den afsluttende rengøring muliggør, at skyllevandet kan opsamles i løbet af dagen, uden at procesvandet indeholder CIP-kemikalier, hvilket ellers kan være en barriere for den efterfølgende anvendelse af det udvundne materiale.

## 5.2 Transportable silotanke, mayonnaise- og remouladesiloer

Fælles for de transportable silotanke, mayonnaise- og remouladesiloer er, at rengøringen foretages fra et centralt CIP-anlæg, hvilket vanskeliggør en evt. anvendelse af det organiske materiale til foder eller fødevarer. Kortlægningen viser dog, at udledningen af organisk materiale fra de transportable silotanke, mayonnaise- og remouladesiloer er en væsentlig bidragskilde. Således vil det være interessant, hvis den første del af CIP-processen kunne foretages uden kemikalier, og vandet herfra kunne opsamles selvstændigt.

## 5.3 Dåseåbning

I dette procestrin åbnes dåser med konserver, og den afdrænede væske ledes til spildevandet via gulv afløb. Både mængden og typen af drænvæske er meget årstidsafhængig.

## 5.4 Oversigt over udledning

Fra de tre definerede områder er der udtaget vandprøver, og disse er analyseret for gængse spildevandsparametre. Endvidere er mængden af procesvand blevet estimeret ud fra målinger samt oplysninger fra K-Salat om skyllefrekvens m.m. Idet processen er sæsonafhængig, og brugen af procesvand er diskontinuerlig, er kortlægningen forbundet med nogen usikkerhed. Procesvandet fra transportable silotanke, mayonnaise- og remouladesiloer er ikke inkluderet i oversigten, idet vandet ikke kan opsamles uden brug af CIP.

**TABEL 7.** Oversigt over udvalgte procestrin i forhold til mængde og tørstof.

	CIP	Mængdeinfo	Tørstof (%)
Dåseåbning	Nej	0,2-1,2 m <sup>3</sup> /dag	3-10 %
Tappe- og blandelinjer samt kuroma	Nej (ved afslutning af dag)	25-50 m <sup>3</sup> /dag	0,5-3 %

## 5.5 Opsamling ved punktkilde

I kortlægningen er der forsøgt identificeret procesvand med et højt indhold af organisk materiale. De i kortlægningen inkluderede processtrømme har et COD-indhold på 22.000-210.000 mg/l, hvilket er 3-30 gange mere koncentreret end det spildevand, som løber ind i spildevandsanlægget ved K-Salat. Dette reducerer omkostningerne, hvad angår udvinding af materiale, idet omkostninger til opsamling af procesvandet minimeres, størrelsen på flotationsanlægget og dermed CAPEX reduceres, og samtidig minimeres brugen af flokkulanter (OPEX).

## 6. Pilotforsøg ved K-Salat

Der er ved et tidligere besøg på K-Salat identificeret egnede vandstrømme, som indeholder betydelige mængder organisk materiale, og som potentielt vil kunne opsamles og behandles separat. Disse vandstrømme, som har et højt indhold af fedt og protein, og som samtidig ikke indeholder kemi fra fx rengøring, er procesvand fra blanderiet (skyllevand ved produktskift), pakkelinjer, remouladelinjer (vanskeligt tilgængelige, men indeholder store mængder) og fra mayonnaiseblandere. Opstilling af en massebalance for alle linjer er udfordret af skiftende skyllefrekvens og stort produktsortiment.

Pilotskalaflotationsforsøgene blev udført i et samarbejde mellem Teknologisk Institut, BIO-AQUA og K-Salat og blev gennemført i uge 41 (2018), se FIGUR 10. Nærværende rapport baserer sig udelukkende på analysedata fra målinger udført ved pilotskalaflotationsforsøg.

Langt hovedparten af procesvandet ved K-Salat består af emulgeret fedt og protein, som stammer fra den anvendte mayonnaise/dressing. Større, partikulære dele filtreres allerede på nuværende tidspunkt fra vandet via grovsigter i spildevandsrender og transportable sigter. Til forsøgene blev der opsamlet skyllevand fra blandelinjer, idet procesvandet var let tilgængeligt og er repræsentativt for de øvrige potentielle punktkilder (højt indhold af emulgeret fedt og protein). Skyllevandet blev opsamlet umiddelbart efter en transportabel grovsigte, som normalvis også anvendes, inden skyllevandet ledes til spildevandsrenderne.

Flotationen blev gennemført på skyllevand opsamlet fra blanderiet. I alt blev 2 m<sup>3</sup> opsamlet fra den første del af skylleprocessen, hvor størstedelen af det organiske materiale udledes med vandet. Således var det opsamlede procesvand forholdsvis koncentreret, og har derfor et højere indhold af organisk materiale end det procesvand, der normalt ledes til renseanlægget ved K-Salat.

I flotationsforsøgene blev der gennemført forsøg både uden tilsætning af flokkulanter og med tilsætning af Purfix og PAX. Purfix (potentielt fødevareegnet) og Pax, der i dag anvendes på renseanlægget. Efter forsøgenes gennemførelse, har det vist sig, at den anvendte Purfix alligevel ikke kan anvendes til produktion af foder eller fødevarer, på trods af at flokkulanten er baseret på kartoffelstivelse, som i udgangspunktet er en fødevare. Dette skyldes, at stivelsen er kemisk modificeret, hvilket resulterer i, at stivelsen tildeles en miljøanmærkning. For at undersøge effekten af fødevareegnede flokkulanter blev der opsamlet ekstra skyllevand, der blev anvendt til yderligere laboratorieforsøg (se afsnit 3.5).





**FIGUR 10.** Pilotskalaflotationsforsøg uden for fabrikken i Havnsø.

### **6.1 Kort forsøgsbeskrivelse og overordnet massebalance**

Skyllevandet blev opsamlet i palletanke, hvorpå vandniveauet kunne aflæses, hvilket muliggjorde monitorering og justering af flowet til flotationsanlægget. På palletankene blev der monteret en tvangsblender, som havde til formål at forhindre lagdeling og sikre en god opblanding af flokkulanten og skyllevandet.

Fra palletanken blev spildevandet pumpet ind i flotationsanlægget. Undervejs blev der udtaget prøver fra det indgående og udgående vand. Ved afslutning af forsøget blev det floterende materiale (skum) skrabet af anlægget og afvejet, se FIGUR 11.

På baggrund af kemiske målinger på indløb til flotationsanlæg, udløb fra flotationsanlæg og floteret materiale er der opstillet en massebalance for de gennemførte forsøg, se TABEL 8. Med udgangspunkt heri er reduktionsgraden for flotationstrinnet opgjort i forhold til tørstof, organisk stof og COD. For alle forsøgene er der anvendt omtrent samme indløbsflow, dvs. ca. 250 l/time.



**TABEL 8.** Data for den overordnede massebalance baseret på målinger fra flotationsforsøget.

Behandling	Prøvetype	Tørstof %	Organisk %	COD mg/l	Tørstof-reduktion %	Organisk reduktion %	COD-reduktion %
Uden flokkulant	Indløb	2,0	1,9	50.000	19	17	18
	Udløb	1,7	1,6	41.000			
	Skum	17,1					
Purfix_1	Indløb	1,5	1,5	55.000	55	61	72
	Udløb	0,7	0,6	15.000			
	Skum	24,6					
Purfix_2	Indløb	1,5	1,5	55.000	73	78	79
	Udløb	0,5	0,3	11.500			
	Skum	31,9					
PAX	Indløb	3,8	3,6	151.000	65	66	86
	Udløb	1,4	1,2	20.000			
	Skum	Nd					

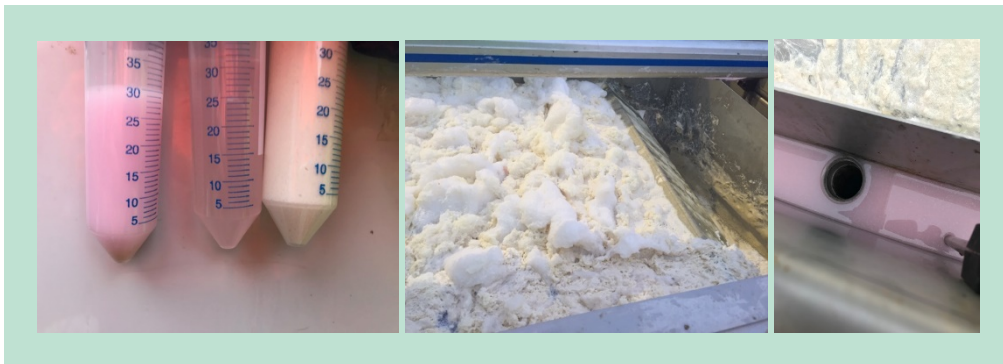
Som det fremgår af tabellen, opnås en markant forbedret reduktion af både tørstof, organisk stof og COD ved tilsætning af flokkulanter sammenlignet med forsøget, hvor der ikke er anvendt flokkulanter. Således opnås der kun en reduktionsgrad på ca. 17 % for forsøget uden flokkulant, hvorimod der opnås reduktionsgrader på 60-80 % i forsøgene, hvor der er tilsat flokkulant.

Der blev gennemført to forsøg med Purfix (dosering 0,5 l/m<sup>3</sup>); det første forsøg med Purfix. Ved det første forsøg var der ikke ligevægt mellem flokkuleret vand og vand uden flokkulant. Dette bevirkede, at effekten af flokkulant var reduceret i forsøget. Således blev det flokkulerede vand pumpet til flotationsanlægget, som indeholdt skyllevand uden flokkulant.

I det andet forsøg var systemet i ligevægt, hvorfor den flokkulerende effekt var markant forbedret i hele forsøgsperioden. Dette bevirkede, at reduktionsgraderne generelt var højere for det andet forsøg. Tørstofindholdet i det floterende materiale var for begge forsøg meget højt, men tilsvarende observeredes der et højere tørstofindhold for forsøg 2 (17,1 % i forhold til 24,6 %).

Afslutningsvis blev der gennemført et forsøg med PAX (dosering 0,5 l/m<sup>3</sup>). Det anvendte skyllevand havde et langt højere indhold af organisk materiale, hvorfor der ikke kan sammenlignes direkte med forsøgene med Purfix. Der observeres dog omtrent samme reduktionsgrader. Det floterende materiale indeholder dog væsentligt mere tørstof (ca. 32 %) i forhold til forsøgene gennemført med Purfix.

Effekten af flotation kan ses af FIGUR 11, hvor primært fedt og protein opkoncentreres i flotations-skummet. Rødfarvningen skyldes, at vandet er opsamlet efter produktion af russisk salat. Som det fremgår af billedet af flotations-skummet, er der to typer af skum - et fedtet, brunt skum nederst og et mere luftigt, hvidt skum på toppen, som antages at have et højt indhold af protein.



**FIGUR 11.** Fra venstre: indløbs-, udløbsvand og flotationsskum, opbygning af flotationsskum i anlæg samt udløbsvand

Til sammenligning blev der fra renseanlæg udtaget prøver af 1) båndfilterkagen, 2) det floterede materiale efter det aerobe behandlingstrin og 3) udløbsvandet efter flotationsanlægget. Tørstofindholdet i båndfilterkagen var på 7 %, hvilket er væsentligt lavere end i det floterede materiale fra forsøgene. Dette bevirker, at afsætningsværdien er væsentligt lavere. Tørstofindholdene kan dog ikke sammenlignes direkte, idet det behandlede skyllevand har et højere indhold af tørstof i forhold til spildevandet, som løber til renseanlægget. Tørstofindholdet i udløbsvandet fra renseanlægget var på 0,2 %, hvilket er lavere end tørstofindholdet fra de gennemførte pilotskalaforløb. Dette er dog ikke overraskende, idet spildevandet både er blevet båndfiltreret, behandlet aerobt og afslutningsvis floteret.

## 6.2 Konklusioner

Overordnet set viser forsøget, at:

- 50-70 % af tørstofindholdet tilbageholdes i det floterede materiale
- Det floterede materiale har et højt tørstofindhold (17-32 %)
- Der opnås en kraftig reduktion i turbiditet af det behandlede procesvand. Endvidere reduceres COD-indholdet i det floterede procesvand med 75-85 %.

De ovenfor anførte effektivitetsgrader er udført under suboptimale betingelser ved anvendelse af pilotskalaudstyr. Det forventes derfor, at effektivitetsgraderne vil kunne forbedres ved en evt. implementering.

Afsætningsmulighederne og den videre bearbejdning af det floterede materiale fra de to fabrikker blev undersøgt i arbejdsopgave 4.

# 7. Pilotforsøg ved Royal Greenland

Forsøgene er gennemført i januar 2019 i samarbejde mellem BIO-AQUA, Royal Greenland og Teknologisk Institut. Til forsøgene blev der anvendt det flotationsanlæg, som er udviklet i projektet, (se kapitel 4). Det overordnede formål med forsøgene var at producere floteret materiale, som kunne anvendes i det videre projektforsøg (tørrings- og fødevarerforsøg), og at afprøve og dokumentere effektiviteten af det nyudviklede flotationsanlæg.

Der er udelukkende fokuseret på spildevandet fra indvejningen, idet procesvandet herfra har et højt indhold af organisk materiale. Således kan en stor del af det organiske materiale, som udledes i dag, findes i en meget lille andel af vandet (se FloTek-slutrapport). Dette vil kunne reducere størrelsen på flotationsanlægget (CAPEX) og behovet for flokkulanter (OPEX).

På baggrund af de gennemførte forsøg er der udregnet separationseffektiviteter for teknologi-konceptet – på både tørstof- og proteinniveau. Endvidere er der gennemført en række mikrobiologiske test af det anvendte procesvand, det floterede materiale samt det udviklede pilotanlæg, før og efter at der er gennemført CIP-behandling.

## 7.1 Kort beskrivelse af forsøgsudstyr

Som første trin i processen blev der anvendt flokkulering af det partikulære stof. Partiklerne i vandet er primært negativt ladede, og ved at tilsætte positivt ladede flokkulanter er det muligt at neutralisere ladningen. Dette fører til en flokkulering af partiklerne i vandet, som dermed lettere kan fjernes ved den efterfølgende renseteknologi. Vandet fra de individuelle processtrømme blev hentet i 1000 l kar. Fra disse blev vandet med en dykpumpe overført til selve flokkuleringstanken. I flokkuleringstanken foregik en konstant omrøring med en elektrisk omrører, der var monteret i midten af tanken. Omrøreren var indstillet på en hastighed, der var høj nok til at modvirke sedimentation, men ikke så høj, at der kunne dannes kraftig turbulens, som potentielt ville kunne ødelægge de dannede flokke. Til flokkulering er der anvendt Praestol K760-BIO, idet denne viste sig lovende i de udførte test af flokkulanter.

Efter flokkuleringen blev vandet pumpet til flotationsanlægget via en slangepumpe. Pumpen var udrustet med en frekvensomformer for derigennem at styre indpumpningen til flotationsanlægget. Det anvendte flotationsanlæg er beskrevet i kapitlet 4.

## 7.2 Forsøgsoversigt

Der blev i afprøvningsperioden gennemført seks forsøg, som er opsummeret i TABEL 9.

**TABEL 9.** Oversigt over forsøg ved Royal Greenland.

Dato	Forsøg nr.	Procesvand	Procesvandsmængde (l)	Flokkulant
16/1	1	Blandet indvejning	2500	Ja
17/1	2	Kogevand	500	Nej
17/1	3	Kogevand	2000	Ja
18/1	4	Blandet indvejning	500	Nej
18/1	5	Blandet indvejning	2000	Ja
21/1	6	Kogevand	2000	Ja

Det anvendte pilotanlæg har et forholdsvis stort dødvolumen, hvorfor det var nødvendigt at anvende en betydelig vandmængde for at sikre, at det udgående vand var repræsentativt. Således blev der ved hvert forsøg anvendt minimum 500 l vand. De udregnede separationseffektiviteter i nedenstående afsnit er udelukkende udregnet på baggrund af data fra den sidste del af hvert forsøg, hvor systemet var tættest på at være i ligevægt. I alle forsøgene blev der ca. tilført 250 l/time.

Generelt blev der opnået en stor ændring i farven på procesvandet (se FIGUR 12), som efter behandling var meget mindre rødfarvet. Det floterede materiale var derimod meget rødfarvet, hvilket skyldtes indhold af astaxantin.

**TABEL 10.** Kemiske analyser af ind- og udløbsvand fra forsøgene.

	Forsøg	Prøve	Total COD (mg/l)	Partikulær COD (mg/l)	Reduktion total COD (%)	Reduktion af partikulær COD (%)
16-jan	Blandet +	1	Indløb	8760	3745	43
			Udløb	5017		
17-jan	Koge +	3	Indløb	12285	4745	60
			Udløb	4873		
18-jan	Blandet +	5	Indløb	7300	nd	34
			Udløb	4840		
21-jan	Koge +	6	Indløb	4060	1640	41
			Udløb	2400		

### 7.2.1 Forsøg 1 – Blandet indvejningsvand med anvendelse af flokkulant

Forsøget var det første med det nyudviklede flotationsanlæg, hvorfor der blev brugt nogen tid på at indstille højden på vandspejlet (bestemmer tykkelsen på laget af floteret materiale). Som det fremgår af TABEL 10, blev der opnået en reduktion på 43 %, ved sammenligning af COD i det indgående og det udgående vand. Den partikulære del af COD'en reduceres derimod med næsten 100 %, hvilket indikerer, at flokkuleringen har været meget effektiv. COD-koncentrationer for blandet indvejning (for både indløb og udløb) er på præcis samme niveau som forsøgene gennemført i FloTek-projektet (ultimo 2016), hvor 40-60 % af tørstof og protein blev tilbageholdt i det floterede materiale.

Proteinindholdet i indløb blev bestemt til 1,2 %, og analyserne af det floterede materiale viste et proteinindhold på 6,7 % (svarende til 26 % af tørstoffet) og et fedtindhold på 9,7 % (svarende til 38 % af tørstoffet), hvilket ligeledes er på præcis samme niveau som i FloTek-projektet. Det floterede materiale indeholder lidt mindre fedt og protein i forhold til FloTek-projektet,

men indeholder samme mængde tørstof. Ændringen tilskrives, årstiden, og/eller at lagen er ændret.

### 7.2.2 Forsøg 2 – Kogevand uden anvendelse af flokkulant

Forsøget blev forholdsvis hurtigt afbrudt, idet det floterede materiale var meget tyndt og overvejende bestod af hvidt skum, som mindede om æggehvideskum. Idet tørstofindholdet i skummet er meget lavt, vil den efterfølgende tørring blive meget vanskelig.

### 7.2.3 Forsøg 3 – Kogevand med anvendelse af flokkulant

Som det fremgår af TABEL 10, opnås der en reduktion på ca. 60 %, når COD sammenlignes i det indgående og udgående vand. Den partikulære del af COD'en reduceres derimod med 64 %, hvilket indikerer, at flokkuleringen har været meget effektiv, men at der potentielt kan separeres yderligere materiale fra procesvandet. COD-koncentrationer for kogevandet (for både indløb og udløb) er på præcis samme niveau som ved forsøgene gennemført i FloTek-projektet, hvor 40-60 % af tørstof og protein blev tilbageholdt i det floterede materiale. Proteinindhold i indløb blev bestemt til 0,4 % og analyserne af det floterede materiale viste et proteinindhold på 4,9 % (svarende til 30 % af tørstoffet) og et fedtindhold på 7 % (svarende til 42 % af tørstof), hvilket ligeledes er på samme niveau som i FloTek-projektet. Det floterede materiale indeholder lidt mindre protein i forhold til FloTek-projektet men indeholder samme mængde tørstof. Ændringen tilskrives, årstiden, og/eller at lagen er ændret. Gennem centrifugering af det floterede materiale har det været muligt at opkoncentrere tørstof til 45 % og fedt og protein til hhv. 45 % og 35 % af tørstofindholdet. Herudover opnås en oliefase, som er meget rødfarvet og derfor formodes at indeholde en høj koncentration af astaxantin. Opkoncentreringen indikere at der kan produceres ca. 50-100 ml 'astaxantin olie' pr. behandlet m<sup>3</sup> procesvand.

Der observeres også en stor ændring i farven på procesvandet (se FIGUR 12), som efter behandling er meget mindre rødfarvet. Det floterede materiale er derimod meget rødfarvet, hvilket skyldes indhold af astaxantin.



FIGUR 12. Fra venstre: floteret materiale, udløb fra flotationsanlæg, indløb til flotationsanlæg.

### 7.2.4 Forsøg 4 – Blandet indvejningsvand uden anvendelse af flokkulant

Forsøget minder i vid udstrækning om forsøget med kogevand uden flokkulant. Således blev der produceret et løst, farveløst skum med lavt tørstofindhold, og reduktionen af både tørstof

og COD var meget begrænset i det udgående vand. På denne baggrund blev forsøget forholdsvist hurtigt afbrudt.

### 7.2.5 Forsøg 5 – Blandet indvejning med flokkulant

Som det fremgår af TABEL 10, opnås der en reduktion på ca. 34 %, når COD i det indgående og det udgående vand sammenlignes.

### 7.2.6 Forsøg 6 – Kogevand med flokkulant

Som det fremgår af TABEL 10, opnås der en reduktion på ca. 41 %, når COD sammenlignes i det indgående og det udgående vand. Den partikulære del af COD'en reduceres derimod med 99 %, hvilket indikerer, at flokkuleringen har været meget effektiv. Reduktionen i organisk materiale er i forsøget målt til 61 %.

### 7.2.7 Indhold af tungmetaller i den floterende fraktion

Det floterende materiale fra hhv. kogevand og blandet indvejning er blevet karakteriseret af et eksternt analyselaboratorium mhp. at bestemme indholdet af tungmetaller. Denne information skal bruges til at bestemme egnetheden til hhv. fødevarer/foder og de efterfølgende afsætningsmuligheder, se TABEL 11. Værdien for cadmium er som det eneste over grænseværdien for fødevarer, men ikke for foder. Dog skal det nævnes, at det floterende materiale ikke skal anvendes ufortyndet, så der vil skulle måles på et slutprodukt igen for at dokumentere, at alle grænseværdier bliver overholdt. Således formodes det, at cadmiumindholdet ikke vil være problematisk for den efterfølgende anvendelse.

**TABEL 11.** Overblik over indhold af tungmetaller, dioxin og PCB i skumfraktion fra hhv. kogevand, og blandet indvejning i forhold til grænseværdier for fødevarer og foder.

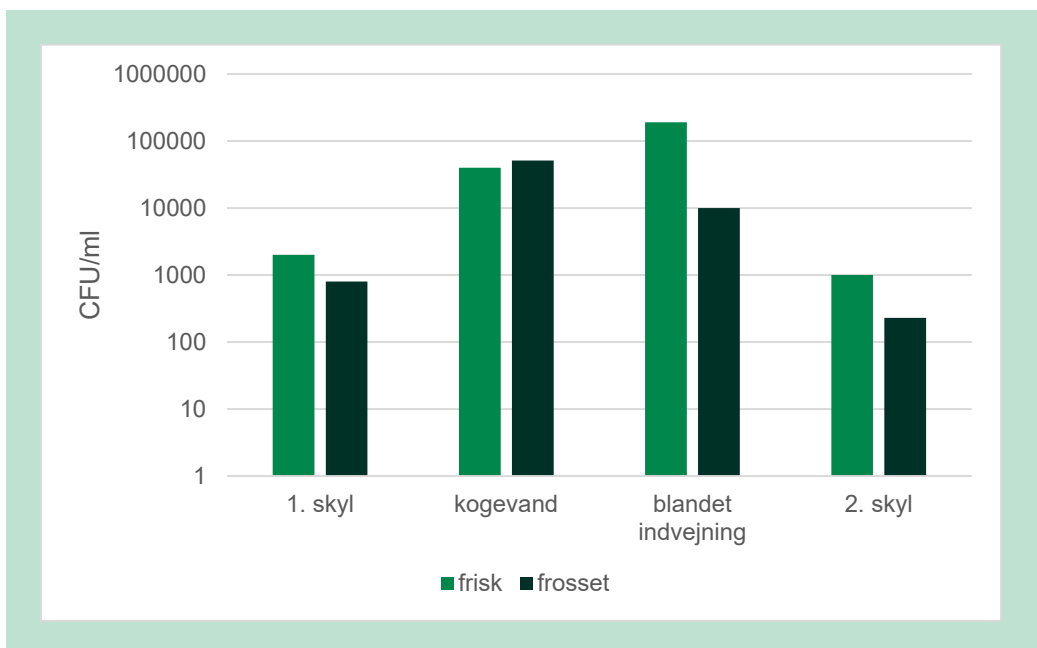
	Skumfraktion fra kogevand	Skumfraktion fra Bl. indvejning	Grænseværdi fødevarer	Grænseværdi foder
Cadmium	0,96	0,23	0,5 mg/kg vv	2,0 mg/kg vv
Kviksølv	0,010	<0,005	0,5 mg/kg vv	0,5 mg/kg vv
Bly	< 0,05	<0,05	0,5 mg/kg vv	10 mg/kg vv
Dioxin	0,187	0,144 pg/g vv	3,5 pg/g vv	1,25
PCB	0,529	0,370 pg/g vv	6,5 pg/g vv	4,0 (fiskemel)

## 7.3 Mikrobiologiske test

I forbindelse med forsøgene blev der foretaget en del mikrobiologiske målinger med henblik på at:

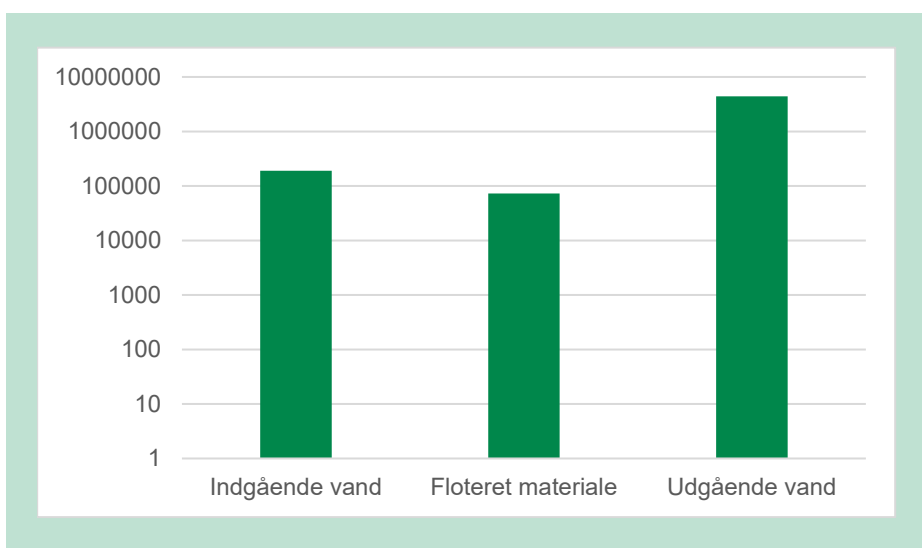
- Undersøge den bakterielle belastning af det anvendte procesvand
- Undersøge, om den bakterielle belastning stiger i det floterende materiale
- Undersøge, om det udviklede flotationsanlæg kan rengøres effektivt.

Indledningsvis blev antallet af bakterier (CFU) bestemt i det anvendte procesvand (se FIGUR 13). Idet der er transporteret procesvand til Danmark, blev effekten af frysning også bestemt. Som det fremgår af FIGUR 13, er der ikke større forskel på det friske procesvand og det frosne. Det er meget bemærkelsesværdigt, at kogevandet ikke er sterilt. Dette skyldes, at der anvendes en modstrømskoger, hvorfor det udgående vand er 40-50 °C. Således er den bakterielle belastning næsten den samme i kogevand og i blandet indvejning.



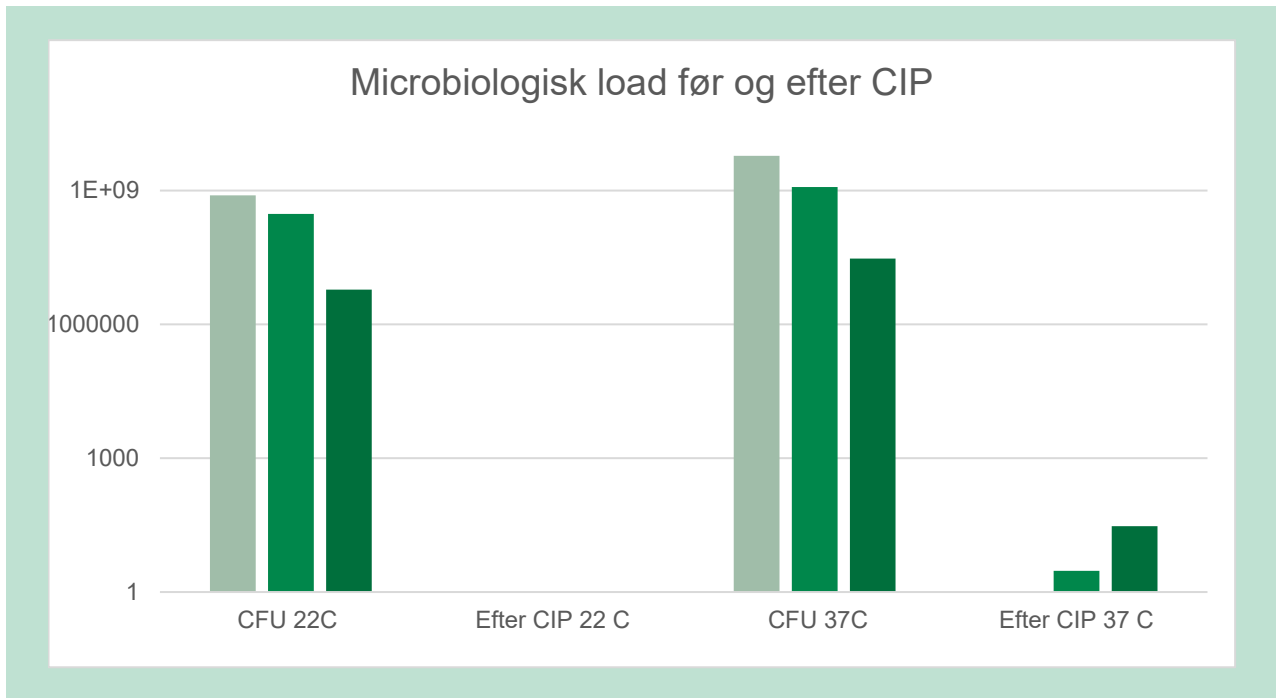
**FIGUR 13.** CFU af procesvand. Frisk og frosset.

I forbindelse med forsøgene blev der målt CFU i indgående og udgående procesvand fra flotationsanlægget. Som det fremgår af FIGUR 14, øges CFU ikke i det floterede materiale. Derimod observeres der en forøgelse i det udgående vand, når dette sammenlignes med det indgående. Dette er ikke overraskende, idet behandling er foregået ved stuetemperatur, og da vandet samtidig bliver beluftet under behandlingen.



**FIGUR 14.** CFU af indgående vand, floteret materiale og udgående vand.

Endelig er rengøringseffektiviteten blevet undersøgt. Undersøgelsen blev foretaget, efter at anlægget var anvendt en hel dag, og hvor procesvandet fik lov at recirkulere natten over i flotationsanlægget. Dette giver god tid til bakteriel vækst og dannelse af biofilm, hvorfor undersøgelsen var at betragte som worst case. Effektiviteten af rengøringen blev undersøgt ved at udtage skrabeprøver før og efter rengøring af de dele, som vurderedes at være vanskelige at rengøre, og hvor mikrobiologien har gode muligheder for at etablere sig. Undersøgelsen viste, at rengøringen var meget effektiv (se FIGUR 15). Således blev CFU22 og CFU37 reduceret fra  $10^8$ - $10^9$  til 30 eller lavere. Disse analyser dokumenterer således, at det udviklede flotationsanlæg kan rengøres effektivt, så mikrobiel vækst fjernes/reduceres.



FIGUR 15. CFU22 og CFU37 (skrabepøver) før og efter rengøring (CIP).

## 7.4 Opsummering

Overordnet set viser forsøget, at:

- 50-60 % af tørstofindholdet tilbageholdes i det floterede materiale, når separationen er effektiv
- Det floterede materiale har et højt tørstofindhold (12-36 %)
- Der opnås en kraftig reduktion i rødifarvningen af det behandlede procesvand
- Kogevandet og blandet indvejningsvand har omtrent den samme mikrobiologiske belastning. Der observeres ikke nogen opformering i det floterede materiale. Rengøringen af det udviklede anlæg er meget effektiv.

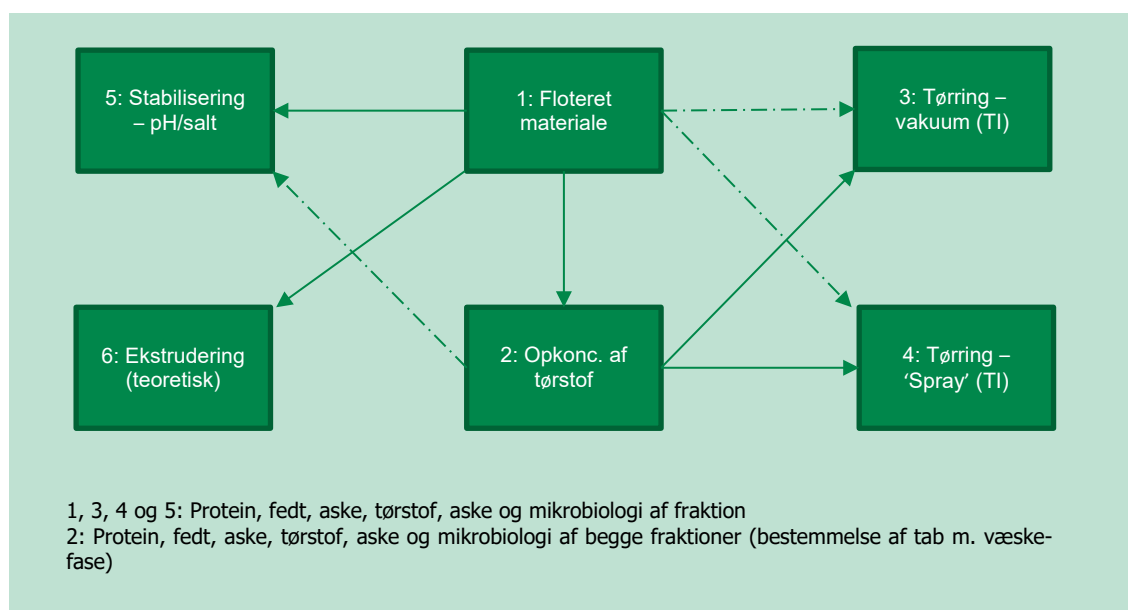
De ovenfor anførte effektivitetsgrader er udført under suboptimale betingelser ved anvendelse af pilotskalaudstyr. Effektivitetsgraderne forventes derfor at kunne forbedres ved en evt. implementering.

På nuværende tidspunkt pågår analyser af det floterede materiale med henblik på at bestemme indholdet af protein og fedt. Anvendelses- og afsætningsmulighederne og den videre bearbejdning af det floterede materiale bliver undersøgt i arbejdsopgave 4.



## 8. Opkoncentrering af det floterede materiale og tørringstest

Det floterede skum fra Royal Greenland er på grund af det relativt høje vandindhold ikke lagerstabil og egner sig derfor ikke til transport over afstande. Tørstofindholdet i det floterede materiale er relativt lavt, og derfor blev der udarbejdet forsøg med at hæve tørstofindholdet, illustreret i FIGUR 16.



**FIGUR 16.** Oversigt over koncentringsmuligheder for det floterede materiale.

Der blev således gennemført flere forsøg på Teknologisk Instituts testfaciliteter.

Frysetørring blev forsøgt, men slutproduktet levede ikke op til den kvalitet, der forudsættes, hvis der skal fremstilles fødevarer efterfølgende. pH-justeringer blev ligeledes forsøgt, men på grund af det store indhold af skalrester fra rejerne og derved en stor bufferkapacitet, blev denne mulighed forkastet. Alternativt kan konservering med salt være en mulighed, om end dette vil fordyre den efterfølgende transport af det floterede materiale. Endelig vil det være muligt at ekstrudere det floterede materiale, men dette blev ikke afprøvet, da pilotskalafaciliteterne kræver flere hundrede kilo for en enkelt produktion. Anvendelse af ekstruderet, floteret materiale vil resultere i porøse produkter som fx chips/snacks.

I projektet blev der udviklet og afprøvet en mere energieffektiv tørring vha. vakuamtørring. Netop skånsomme tørringsprocesser er essentielle i forhold til at sikre, at de højværdikomponenter, som er i det floterede materiale, bibeholdes uden at kompromittere kvaliteten. Kombinationen af et fødevarer egnet flotationsanlæg og en energieffektiv tørringsenhed forventes at vinde indpas bredt hos fødevarer virksomheder, som har et vist indhold af højværdikomponenter i deres spildstrømme. Denne type tørringsproces anvendes allerede indenfor fremstilling af fødevarer såsom bær- og grøntsagssnacks og repræsenterer et billigere alternativ til frysetør-

ring. Energiforbruget for den anvendte vakuumtørrer i laboratorieskala, er ca. 1/10 af konventionel frysetørring og er desuden også skånsom for produktet, på grund af lavere temperaturer og kortere tørringstider.

Som det fremgår af FIGUR 17, skal det floterede materiale 'smøres' i et relativt tyndt lag inde i vakuumtørreeren, som så indstilles til en given tørretemperatur. Farveforskellen på det floterede materiale fra hhv. den blandede indvejning og kogevandet, skyldes, at der er meget mere vand fra selve indvejningsprocessen, og at rødfarvningen fra kogevandet, derfor 'fortyndes'. Tillige indeholder vandet fra indvejningen relativt store mængder af salte, og på billederne er vandet udtaget efter behandling af rejer.



**FIGUR 17.** Billeder af vakuumtørre samt prøver af floteret materiale fra hhv. blandet Indvejning og kogevand.

Det opnåede floterede materiale fra både indvejning og kogevand, blev forsøgt tørret ved forskellige temperaturer, med og uden forbehandling. Forskellige mængder af det floterede materiale blev forsøgt tørret ved forskellige temperaturer (40-60° C). Generelt var det muligt at opnå et tørt produkt allerede ved 40 °C, men grundet indhold af olie i det floterede materiale, harskede det tørrede materiale under tørring. Derfor blev der tilføjet et centrifugeringstrin, som havde til formål at opkoncentrere oliefraktionen, som kunne fjernes fra det øvrige materiale, inden tørring blev påbegyndt. Nedenfor er vist oliefraktionen indeholdende en relativt stor andel af astaxantin samt det endelige vakuumtørrede produkt. Da proceduren var etableret i forhold til optimal tørring, blev fødevareegnet, floteret materiale optøet og anvendt til fremstilling af floteret skum med reduceret vandindhold, en oliefraktion samt en tørret fraktion, som blev transporteret til Royal Greenlands testfaciliteter i Svenstrup.



**FIGUR 18.** Dobbeltcentrifugeret oliefraktion samt vakuumtørret flotationsmateriale.

## 9. Fødevarerapplikationstest

Det skønnes muligt at generere adskillige tons floteret materiale pr. dag ved implementering af det fødevareregnede flotationsanlæg i Ilulissat. Mulige fødevarerapplikationstest blev forsøgt på det opkoncentrerede, floterede materiale, den udvundne oliefraktion samt det vakuumtørrede, floterede materiale på Royal Greenlands testfaciliteter, hvor nye produkter udvikles. Det floterede materiale blev forsøgt opløst, men på grund af det relativt store indhold af skalmateriale lykkedes det ikke. Smagstests blev gennemført på det koncentrerede, floterede materiale, men man fandt, at det havde en markant bismag samt en meget begrænset holdbarhed. Således var det ikke muligt at fremstille fødevarer, hvori det opkoncentrerede flotationssskum udgjorde hovedbestanddelen.

Det opkoncentrerede flotationssskum har en tydelig fiskesmag og lugt og vil derfor muligvis kunne anvendes som smagsforstærker. Der er et meget stort marked for rejepasta i de asiatiske lande, hvor pastaen i vid udstrækning bruges som smagsgiver. Det koncentrerede, floterede materiale har i vid udstrækning den samme sammensætning i forhold til tørstof, protein, salt og aminosyrer som kommercielt tilgængelige rejepastaer<sup>5</sup>. Endvidere er det mikrobiologiske load i rejepastaerne på niveau med loadet i det opkoncentrerede flotationssskum. Afsætning af det opkoncentrerede flotationssskum til rejepasta er ikke blevet undersøgt videre i projektet, men afsætningsmuligheder undersøges p.t. gennem forskellige joint ventures.

---

<sup>5</sup> Characterization and in vitro biological activities of Thai traditional fermented shrimp pastes

# 10. Forretningsplan

I projektet er der udviklet et fødevareegnet flotationsanlæg. Selve anlægget minder i vid udstrækning om et almindelig flotationsanlæg, men konstruktionsomkostningerne er højere, idet anlægget er fremstillet i andre materialer (stål), ligesom vitale dele er ændret konstruktionsmæssigt. Det nyudviklede flotationsanlæg er dog stadig en meget billig teknologi, når behandlingskapaciteten sammenlignes med etableringsudgifterne.

Udover omkostningerne til flokkulanter, er driftsudgifterne tilsvarende et traditionelt flotationsanlægs og er meget lave, både hvad angår strøm og vedligeholdelse. På nuværende tidspunkt, er omkostningerne til fødevareegnede flokkulanter forholdsvis høje (>2 kr./kg tørstof floteret materiale). I takt med den øgede fokus på ressourceeffektivitet i samfundet forventes såvel udbuddet som produktionsvolumen af fødevareegnede flokkulanter at stige. Dette forventes at reducere de nuværende udgifter til flokkulanter betragteligt.

I det nedenstående gennemgås kort de to cases i nærværende projekt:

## 10.1 K-Salat

Procesvandet fra K-Salat indeholder overvejende olie samt æg fra mayonnaiseindholdet i produkterne. Derudover vil der i mange af processtrømmene være rester af kød af forskellig animalsk oprindelse (svin, kylling). Dette begrænser anvendelsen af det floterede materiale jf. lovgivningen om animalske biprodukter. Med udgangspunkt i ovenstående er det således på nuværende tidspunkt vanskeligt at konkurrere mod den nuværende vandbehandling og afsætning af slam til biogas.

## 10.2 Royal Greenland

Procesvandet fra Royal Greenland har et højt indhold af komponenter (protein, olie og farvestof) med høj værdi. Dog viser de opstillede businesscases, at den høje transportpris for materiale fra Grønland til Danmark samt prisen på fødevareegnede flokkulanter udfordrer teknologikonceptet. Derudover er der på nuværende tidspunkt ingen lovgivning i forhold til udledning af spildevand fra fabrikken, hvorfor implementeringen af teknologikonceptet ikke vil reducere omkostningerne til spildevandsbehandling, fordi der ikke foretages spildevandsbehandling. For at teknologikonceptet kan implementeres, er det en forudsætning, at der etableres sikre og stabile afsætningsmuligheder for det floterede materiale.

De to cases illustrerer, at følgende forudsætninger skal være opfyldt, hvis teknologikonceptet skal kunne implementeres:

- Homogene og koncentrerede processtrømme
- Veldefinerede afsætningsmuligheder eller mulighed for at iblande floteret materiale i eksisterende produkt(er)
- Reduktion af eksisterende udgifter til vandbehandling
- Et vist indhold af højværdikomponenter i det floterede materiale.

Med udgangspunkt i ovenstående arbejdes der i projektkonsortiet videre med at finde industrier, hvor teknologikonceptet kan finde anvendelse. Dette har medført, at teknologikonceptet nu er ved at blive videreudviklet og implementeret i fuldskala ved virksomheden TripleNine med det formål at kunne opkoncentrere losse vandet.

## **FlotFood - Udvikling af fødevareegnet flotations- og tørringskoncept**

I projektet FlotFood er der blevet udviklet et fødevareegnet flotations- og tørringskoncept, som tillader, at højværdikomponenter kan udvindes fra vandige processtrømme.

I projektet er der udviklet et flotationsanlæg, som minimerer kontakttiden mellem det organiske materiale og mikroboblerne for derved at reducere oxidationen. Flotationsanlægget er blevet udviklet med henblik på fødevareproduktion. Det betyder, at det overholder gældende hygiejne-krav, der bl.a. indbefatter, at anlægget skal være nemt at rengøre, både under drift og ved op-start/nedlukning. Således er et konventionelt flotationsanlæg og tilhørende pumper gendesignet ved brug af andre materialer, tilslutninger og udformninger.

Det nyudviklede flotationsanlæg er blevet testet og optimeret ved K-salat A/S og Royal Green-land A/S. Begge cases viste, at flotationsanlægget fungerer efter hensigten i forhold til at kunne tilbageholde og opkoncentrere organisk materiale i procesvandet. Endvidere viser testene, at anlægget kan holdes rent ved regelmæssig CIP-procedure, hvilket er en forudsætning for, at anlægget kan finde anvendelse i fødevareindustrien.



Miljøstyrelsen  
Tolderundsvej 5  
5000 Odense C

[www.mst.dk](http://www.mst.dk)