

2020:00279 - Åpen

Rapport

Rensing av salt og saltlake etter salt- og klippfisk produksjon

ReSalt

Forfattere

Jannicke Fugledal Remme

Erlend Indergård



Rapport

Rensing av salt og saltlake etter salt- og klippfisk produksjon

ReSalt

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
2020:00279	302002605	1	2020-03-30

EMNEORD:Klippfisk, Saltfisk, Salt,
Saltlake, Gjenbruk**FORFATTER(E)**Jannicke Fugledal Remme
Erlend Indergård**OPPDRA GSGIVER(E)**

FHF

OPPDRA GSGIVERS REF.

901380

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

13 + vedlegg

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

ISBN

978 82 14 06282 3

SAMMENDRAG

Salt er en betydelig innsatsfaktor ved produksjon av salt- og klippfisk. I en produksjon der det benyttes 350 kg til 500 kg fersk fisk, dannes det et teoretisk saltoverskudd på 211 kg ikke løst salt og 290 kg mettett saltlake.

I Kvalitetsforskriften for Fisk og fiskevarer, §24, er kravet til salt som brukes til salting av fisk; skal være rent av utseende og ikke inneholde fargede partikler eller fremmede krystaller. I tillegg stilles det krav om at saltet er fritt for avvikende lukt og det skal ha en tydelig og ren saltsmak.

Kvalitetsforskriften åpner for å gjenbruke salt som er godt rensert. I ReSalt prosjektet er det utviklet en prototype saltrenser, som ved kommersialisering, kan fullføre en helautomatisk prosess for rensing av salt. Saltkvaliteten tilfredsstillter kravene i forskriften.

Resultatene fra testing viser prototypen har god kapasitet og nøyaktighet. Det anbefales at den testes over en lengere periode før den kommersialiseres.

Saltlake er rensert med membranfiltrering. Metodikken har stort potensial, men har høy investeringskostnad.

**UTARBEIDET AV**

Jannicke Fugledal Remme

KONTROLLERT AV

Erlend Indergård

GODKJENT AV

Hanne Digre

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1	2020-03-31	Første versjon av rapporten er sendt til FHF.

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	4
2	Innledning	5
2.1	Mekanisk rensing av uløst salt	6
2.2	Prototype saltrenser	7
2.3	Rensing av saltlake	8
3	Problemstilling og formål	9
3.1	Mål	9
3.2	Nytteverdi	9
4	Materialer og metoder	10
4.1	Ikke løst salt	10
4.2	Saltlake	10
5	Resultater	11
5.1	Ikke-løst salt	11
5.1.1	Måling av kapasitet og massebalanse	11
5.1.2	Saltkvalitet	12
5.2	Saltlake	12
6	Hovedfunn	13
7	Leveranser	13
8	Referanser	13

BILAG/VEDLEGG

Ingen

1 Sammendrag

Salt er en betydelig innsatsfaktor ved produksjon av salt- og klippfisk. I en produksjon der det benyttes 350 kg til 500 kg fersk fisk, dannes det et teoretisk saltoverskudd på 211 kg ikke løst salt og 290 kg mettet saltlake.

I Kvalitetsforskriften for Fisk og fiskevarer, §24, er kravet til salt som brukes til salting av fisk; skal være rent av utseende og ikke inneholde fargede partikler eller fremmede krystaller. I tillegg stilles det krav om at saltet er fritt for avvikende lukt og det skal ha en tydelig og ren saltsmak.

Kvalitetsforskriften åpner for å gjenbruke salt som er godt rensset. I ReSalt prosjektet er det utviklet en prototype saltrensner, som ved kommersialisering, kan fullføre en helautomatisk prosess for rensing av salt. Saltkvaliteten tilfredsstiller kravene i forskriften.

Resultatene fra testing viser prototypen har god kapasitet og nøyaktighet. Det anbefales at den testes over en lengere periode før den kommersialiseres.

Saltlake er rensset med membranfiltrering. Metodikken har stort potensial, men har høy investeringskostnad.

English summary/recommendations

Salt is a significant factor in the production of salt- and clipfish. In a production using 350 kg to 500 kg of fresh fish, a theoretical excess of 211 kg of unsolved salt and 290 kg of saturated brine are formed.

In the Quality Regulations for Fish and Fishery Products, §24, the requirement for salt used for salting fish; is that it should be clean in appearance and not contain coloured particles or foreign crystals. In addition, the salt is required to be free of aberrant odour and must have a clear and pure salt taste.

The quality regulation allows for reuse of well-cleaned salt. In the ReSalt project, a prototype salt purifier has been developed, which through commercialization, can complete a fully automated salt purification process. The salt quality meets the requirements of the regulations.

The results from testing show that the prototype has good capacity and accuracy. It is recommended that it be tested over a longer period before being commercialized.

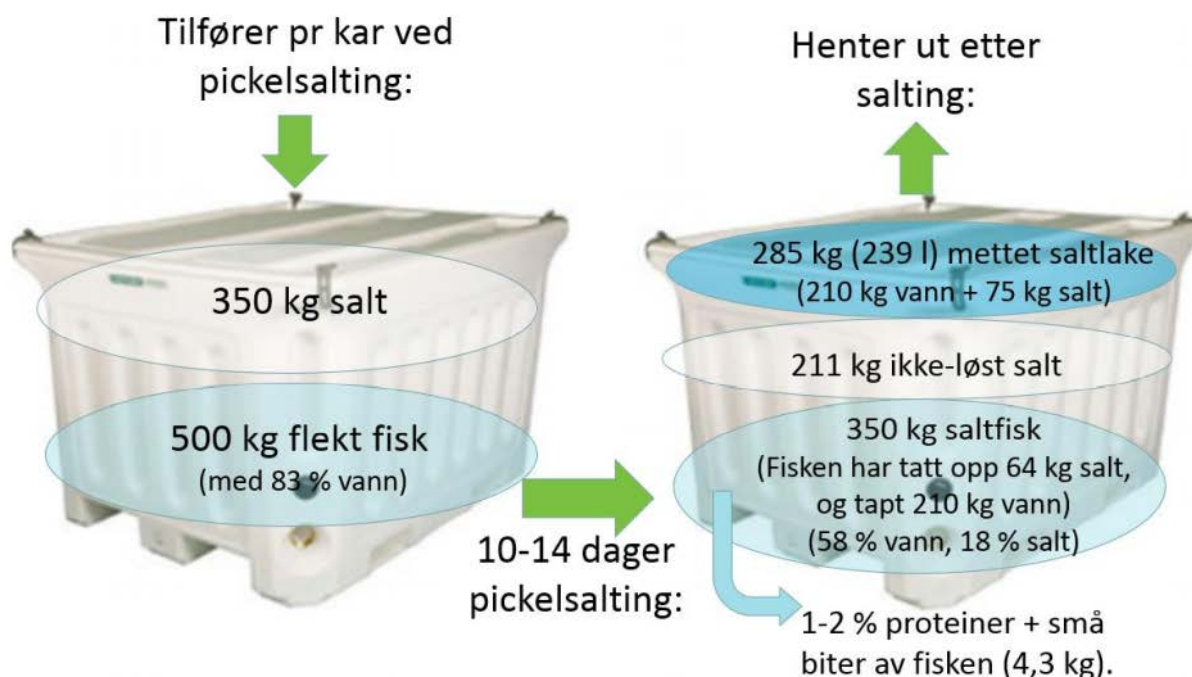
Brine is cleaned with membrane filtration. The methodology has great potential but high investments costs.

2 Innledning

I produksjon av salt- og klippfisk brukes salt for å konservere produktet, og for å utvikle den karakteristiske smaken og teksturen. Saltet reduserer oksidasjonsprosesser, bakterievekst og kjemisk forringelse. I industrien benyttes ulike metoder for salting; pickel-salting, lakesalting og en kombinasjon av disse. I dette prosjektet har fokus vært på uløst salt og saltlake etter pickel-salting, hvor salt og flekket fisk legges lagvis.

Etter pickel-salting står karene kjølig i 2 uker. Under denne salteprosessen presses vann ut fra fiskemuskelen, og danner en lake i karet som omslutter fisken. Saltet i karet er en blanding av oppløst og ikke-løst salt. Salteprosessen gjennomføres ulikt hos ulike produsenter, noe som gir varierende produktutbytte og salt- og vanninnhold i produktene.

Potensialet for gjenbruk av salt og saltlake avhenger av hvor mye salt som kan gjenbrukes. Det er utarbeidet en massebalanse, der noen forutsetninger er satt. Det tas utgangspunkt i 0,7 kg salt pr. kg fisk (varierer fra 0,5-1,0 kg i Norge). I hvert kar legges 500 kg fisk og 350 kg salt. Under prosessen trekkes salt inn i fisken og vann presses ut. Utbyttet er satt til 70 % fra flekket fisk. Vanninnholdet i flekket fisk er 83 %, og vann- og saltinnholdet i saltfisk er hhv. 58,2 % og 18 %. Etter pickel-salting har 64 kg salt blitt tatt opp av fisken, og 210 kg vann er dratt ut av fileten. Vannet som slippes fra fisken tar opp salt til mettet saltløsning (359 g NaCl/kg vann – 26 %), noe som tilsvarer 75 kg salt. Total mengde saltlake er 285 kg, som med tetthet på 1,19 kg/l tilsvarer dette 239 liter. Av de 350 kg salt tilført, vil 139 kg salt bli "brukt" til lake og salt i fisken. Resterende 211 kg er ikke-løst salt som teoretisk er tilgjengelig for gjenbruk (figur 1). Det forventes at noen av dette saltet vil gå tapt i videre vaskeprosesser. Ved gjenbruk av 40 % av saltet, kan 2000 tonn salt gjenbrukes. Dette har en verdi på rundt 1 6000 000 kr pr. år.



Figur 1: Massebalansen for fisk, vann og salt under produksjon av salt- og klippfisk.

Salt er en betydelig innsatsfaktor i produksjon av salt- og klippfisk. Årlig bruker norsk salt- og klippfisknæring rundt 180 000 tonn salt. I kvalitetsforskrift for Fisk og fiskevarer var det fram til 2013 krav om å bruke nytt salt ved produksjon av salt- og klippfisk. I en revidert utgave av forskriften ble kravet til bruk av nytt salt fjernet. I forskriftens §24 er det satt krav til saltet som skal brukes.; "Salt til produksjon av fisk og fiskevarer omfattet av dette kapittel, skal oppfylle følgende krav:" (a) saltet skal ha et rent utseende og ikke inneholde tydelige, fargede partikler eller fremmede krystaller. Det skal være fritt for avvikende lukt og ha en tydelig ren saltsmak, (b) jerninnholdet skal ikke overstige 10 mg/kg salt, og (c) kopperinnholdet skal ikke overstige 0,1 mg/kg salt.

Den største utfordring knyttet til gjenbruk av salt er saltkvaliteten. I et prosjekt finansiert av FHF (#901377): "Kunnskapsstatus på salt- og klippfiskproduksjon", som er utført av Nofima, er det meste av forskningen knyttet til gjenbruk av salt gjennomgått [4]. Hovedfunnene i prosjektet er gjengitt under:

- Nytt salt som anvendes til salting av fisk inneholder $\geq 97-98$ % salt (NaCl). Den resterende andelen består av kalsium (Ca), magnesium (Mg), kalsiumsulfat (CaSO_4), magnesiumsulfat (MgSO_4), kobber og jern. Vanninnholdet er inder 4 % og saltet har ulik kornstørrelse. I løsning er verdien ca 7.
- Saltets sammensetning endres etter bruk:
 - Redusert nivå av kalsium, magnesium, kobber og sulfater
 - Lavere pH verdi
 - Økt vann og proteininnhold
 - Endring i partikkelstørrelsen til saltet.
 - Disse konklusjonene er hovedsakelig basert på forsøk der salt og fisk forholdet er 1:1, og saltet verken har blitt rensert eller justert i forhold til mineralinnholdet
- Saltets sammensetning påvirker produktkvaliteten. For høye nivåer av kalsium og magnesium i saltet gir fisken en hard og tett overflate. Dette reduserer hastigheten for saltopptak, tørking og utvanning. Høye nivåer av magnesium og kalsium kan også bidra til avvikende smak på produktet.
- Råstoffets beskaffenhet (frossen-tint eller ferskt) ved saltetidspunktet, temperatur under salting, saltetid, lagringstid og fysisk press, er alle faktorer som for eksempel har større betydning for kvalitetsvariasjon på salt og klippfisk, enn saltkvaliteten har.
- Salt brukt til salting av frossent tint råstoff inneholder mindre synlig smuss sammenlignet med salting av ferskt råstoff. Dette skyldes "utvasking" av urenheter gjennom tineprosessen.
- Enkelte bedrifter har innført mekanisk rensing av brukt salt. Erfaringene med dette er positive. Det meldes om at et ikke er registrert noen forskjeller i saltopptak, tørketid eller utbytte mellom nytt og rensert salt. Fullmettet saltfisk oppnås etter samme antall modningsdager uavhengig av om saltet er nytt eller rensert.

Kvalitetstap pga rødmidd har vært en av de største bekymringene knyttet til gjenbruk av salt [2,3,4]. Rødmidd er naturlig forekommende i salt, både i havsalt og bergsalt. Høye nivåer av rødmidd vises som rød, punktvis, misfarging på fiskens overflate. Rødmidd vokser sakte ved 8°C , mens veksten øker med økende temperatur, til et vekstoptimum ved ca 37°C . For å fjerne rødmidd kan saltet varmebehandles. En annen strategi er å holde temperaturen under 8°C . Industrien stiller seg bak oppfatningen om at det ikke er stor forskjell på rødmidd i nytt og brukt salt [4].

2.1 Mekanisk rensing av uløst salt

Når det gjelder ulike tekniske løsninger som skiller uløst salt fra saltlake benytter flere bedrifter en skruetransportør for å skille uløst salt fra saltlake. Prosessindustri har utviklet et vaskekar med skruetransportør som skiller uløst salt fra saltlaken (figur 2). Etter ferdig salting i 1000 liters kar, tømmes lake og uløst salt i vaskekar. Saltet renses ved at mindre og lette partikler flyter opp, samtidig som uløst salt faller til bunnen gjennom et perforert belte. Større fremmedpartikler blir fanget på beltet og transporteres ut. Etter vasking blir det uløste saltet overført til et nytt kar. Denne renseprosessen har en kapasitet på 3-4 tonn i timen, men kan oppjusteres. Prosessen tar ut mye av fremmedpartiklene, men det er igjen noen mindre partikler i saltet etter denne prosessen, og de synes ofte godt på hvitt salt.



Figur 2: Skruetransportør for utvinning av uløst salt og bilde av salt før vask.

2.2 Prototype saltrenser

For å rense saltet for mindre, men godt synlige partikler, er Prosessindustri i starten av å utvikle en ny teknologi der det vaskede saltet spres ut på et transportbånd, og ved hjelp av optiske kameraer identifiseres små forurensinger som også fjernes automatisk (figur 3). Denne prosessen gjøres i dag manuelt. Denne saltrenseren er i hovedsak satt sammen av 4 bestanddeler. Funksjonen til hver bestanddel er beskrevet i hvert sitt avsnitt.



Figur 3: Illustrasjon av saltrenser.

Tekniske data

Maks bildefrekvens (fps): 165
 Båndhastighet (m/s): 0,22
 Maks. undertrykk (mbar abs): 120
 Maks luftstrøm (m³/t): 300 ved 500 mbar
 Max kapasitet (kg salt/t): 2700

Transportør med tilhørende trakt

Saltrenseren mottar salt fra saltvasker via en trakt som står montert på begynnelsen av transportøren. Trakten har en avstand på 4,2 cm ned til båndet. Når transportøren starter, vil den dra med seg salt videre til kamerahus og sugemanifold. Saltet legger seg jamt på overflaten til båndet. Høyden på saltlaget bestemmes av en avskrapper som står montert nederst på trakten. Skraperen kan justeres opp og ned etter eget ønske. Transportøren er utstyrt med en Encoder for å sikre båndet absolutte posisjon.

Lyssatt kamerahus

Saltet fra trakten blir transportert gjennom et lys-satt kamerahus. I kamerahuset er det montert ett «vision-kamera» og to LED-lamper. «Vision-kameraet» kan høydejusteres slik at bildebredden samsvarer med båndbredden. LED-lampene har som hensikt å lys-sette bildeobjektet. Et bilde består av et utsnitt på 28cm x båndbredden. Bildene blir

analysert og alle partikler som avviker fra saltet sin farge blir markert (figur 4). Informasjon om hvor de uønskede partiklene befinner seg blir videresendt til PLC slik at riktig dyse kan åpne til riktig tid.



Figur 4: Automatisk deteksjon av uønskede partikler.

Sugemanifold

Sugemanifolden består av 20 dyser og en avluftingsventil (figur 5). Vakuumpumpen skaper undertrykk i manifolden slik at alle underliggende partikler fjernes når hver enkelt dyse åpnes. Manifolden er designet slik at hver dyse dekker ett område på ca. 2,5 cm av båndbredden. Dysene åpnes og lukkes ved hjelp av pneumatisk styrte kuleventiler. Sugemanifolden åpner avluftingsventilen i en liten periode hvert 15 minutt. Dette gjøres for å rense manifolden ved å skape en kraftig luftgjennomstrømning på tvers av manifolden.



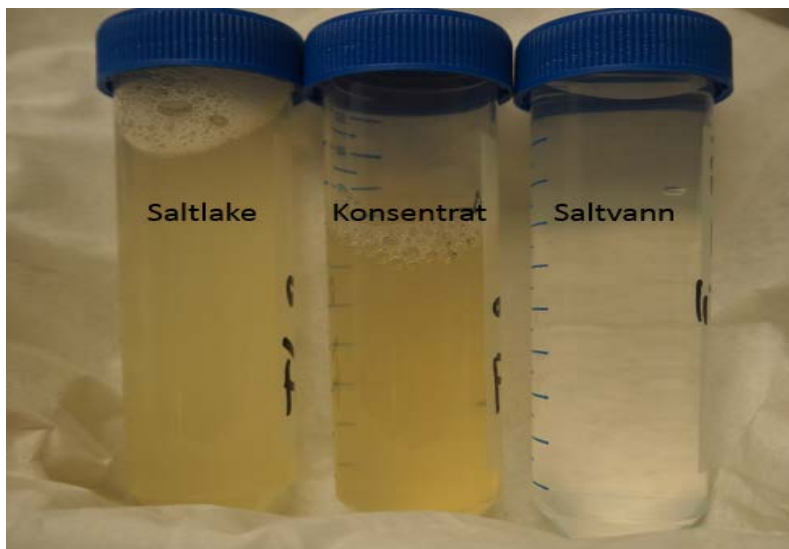
Figur 5: Dyser som suger opp underliggende partikler.

Vakuumpumpe med tilhørende syklon

For å skape undertrykk i manifolden brukes det en vakuumpumpe med en tilhørende syklon. Vakuumpumpen er tilkoblet i toppen på syklonen, og videre uttak til manifold er montert på siden av syklonen. Alt avfall som blir fjernet fra saltet samler seg i bunnen av syklonen. I bunnen av syklonen er det montert en luke som åpner for tømning når undertrykket forsvinner (Hvert 15 minutt åpnes avluftingsventilen på manifolden og undertrykket i syklonen forsvinner).

2.3 Rensing av saltlake

Under salting av klippfisk/saltfisk dannes det saltlake, evt. så blir den tilført. Under salteprosessen vil noen proteiner løse seg i laken. Det antas at saltlake kan renses ved hjelp av skumming, mikrofiltrering eller membranfiltrering. Kun membranfiltrering er tidligere testet. I SALT LAKE [1] prosjektet ble membranfiltrering vurdert for å rense saltlake (figur 6). I prosjektet ble det gjennomført laboratoriestudier med membranfiltrering av laken.



Figur 6: Bilde av opprinnelig saltlake og de to fasene som oppstår etter membranfiltrering, (1) konsentratet som skal inneholde proteiner, peptider og aminosyrer, og (2) saltvann som skal inneholde salt.

I den utførte membranfiltreringen ble hele 50 - 70 % av saltet gjenvunnet. Forsøkene med membranfiltrering har blitt kjørt med en flat-sheet membran med cut-off på 100 Dalton. Membranen skal da slippe gjennom de komponentene som er under 100 Dalton, mens andre komponenter blir igjen.

3 Problemstilling og formål

3.1 Mål

Hovedmålet til prosjektet var å utvikle, implementere og teste teknologi for gjenvinning av salt og saltlake. Dette skal gjøres gjennom følgende delmål:

1. Utvikle teknologi for å automatisere prosessen for rensing av brukt, uløst salt.
2. Utvikle teknologi for å automatisere prosessen for å rense saltlake.

Dokumentere effekten av teknologiene for salt og saltlake

3.2 Nytteverdi

Det er et stort økonomisk potensial for utnyttelse av gjenbruk av ikke-løst salt. Beregninger av massebalanse, gjennomført hos SINTEF, viser at det er realistisk å anta at 40 % av saltet kan gjenbrukes, med en total besparelse på 45 millioner kroner per år. Dette innebærer at en bedrift som f.eks. produserer 5000 tonn saltfisk årlig, vil måtte kjøpe nytt salt for 4 millioner kroner per år. Hvis man antar 40 % gjenbruk av saltet vil dette gi en besparelse på 2000 tonn salt, dvs. 1,6 millioner kroner per år.

4 Materialer og metoder

4.1 Ikke løst salt

Pilotmaskin har blitt utviklet av ProsessIndustri og testet ut hos ScanProd. Piloten ble først installert og testet ved ScanProd i jan 20, hvor SINTEF bisto med dokumentasjon av maskinen. Maskinen fungerte da forholdsvis ok, men det ble skrevet en liste med punkter som måtte utbedres før maskinene oppfylte alle kravene som var satt til operasjonstid, sorteringsevne og kapasitet. Etter oppdateringer og justeringer ble maskinen igjen testet ut hos ScanProd i slutten av februar. Massebalanse og kapasitet ble da beregnet.

4.2 Saltlake

Saltlaken ble membranfiltrert gjennom 4 ulike filter i et testsystem hos MMS i Sveits (figur 7). Systemet er beskrevet i figuren under. I første test ble det benyttet 3 "flat sheet" membraner med en cut-off på porestørrelsen på 800 kDa, 150 kDa og 100 kDa (nanofiltrering). Saltlaken ble filtrert over hvert sitt filter. Det ble deretter gjennomført en test med et 0,2 μm . Testen ble gjennomført på et utvalg av membraner som bedriften anslo ville ha en god effekt, da de også brukes til saltlake filtrering i meieriindustrien.



System Specifications	
Number of membranes	3 cells in parallel connection
Membrane area	approx. 28 cm ² per cell / 84 cm ² in total
Membranes available	Flat-Sheet membranes
Feed tank volume	800 ml
System dead volume	50 ml
Working pressure	1 - 40 bar, system pressure through compressed nitrogen
Working temperature	5 - 80 °C
Permeate flow	1,5 - 7,5 ml/min (for flux values of 10 - 50 Lm ² h ⁻¹)
Cross-flow	0,5 - 1,5 l/min (approx. 0,5 - 1,5 m/s)

Figur 7: Forsøksoppsett for rensing av saltlake

Om lag 800 ml ble tilsatt fødetanken. Testinstrumentet hadde kapasitet til å teste 3 filter samtidig (figur 8). Saltlaken gikk kun gjennom et filter i testen og ikke en kombinasjon av filter. Permeatet, altså det som kom gjennom membranen, ble samlet opp i flasker. Disse sto på vekt og gav dermed også en indikasjon på hvilket filter som slapp laken raskest gjennom. Oppsettet er vist i figuren under.



Figur 8: Praktisk gjennomføring av membranfiltrering hos MMS. (1) viser oppsettet hos bedriften og (2) viser skjematisk oversikt over prosessen

Laken var i utgangspunktet gulaktig og blakket. Det var lett å observere at laken som kom gjennom membranen var klar, tilnærmet som vann. Det var også klart at det luktet mindre fisk fra lakene, selv om det fremdeles var en tydelig lukt. Det bygger seg opp "fouling" på membranen underveis (figur 9). Dette er vist på bilde under. Denne foulingen gir en indikasjon på hvor ofte et anlegg på rengjøres og vedlikeholdes.



Figur 9: (1) Laken som kommer ut er lys og klar, (2) Bildet viser "fouling" på membranfilteret

5 Resultater

5.1 Ikke-løst salt

Pilotmaskinen leverte tilfredsstillende uttak av fremmedpartikler, med kapasitet på over 2,5 tonn salt pr time. Mengde utkast var 10%.

5.1.1 Måling av kapasitet og massebalanse

Tre fulle 1000 liters kar med brukt salt ble tømt i vaskeren, og pumpet opp til sorteringsmaskinen. Mengde salt ble registrert for hvert av de tre karene, samtidig som kapasitet på sorteringsmaskinen ble bestemt (tabell 2).

Tabell 2: Massebalanse og kapasitet til saltrenser.

Kar nr	Netto brukt salt til vasketank	Netto salt til sorteringsmaskin	Netto sortert salt	Mengde utkast	Innstilling bånd	Kapasitet kg/time
1	1502 kg	993 kg	902 kg	91 kg	h=10 mm, 22 m/s	2128
2	1291 kg	970 kg	880 kg	≈90 kg	h=12 mm, 17,5 m/s	2425
3	1297 kg	1006 kg	916 kg	≈90 kg	h=12 mm, 21,5 m/s	2743

Kapasiteten ble ved 12 mm salt-tykkelse på beltet, og en belte-hastighet på 21,5 m/s målt til 2,7 tonn pr time, noe som er over minste ønsket kapasitet til maskinen. Det er sannsynlig å kunne øke kapasiteten ytterligere ved modifisering og optimalisering. Mengde utkast fra sorteringsmaskinen var 10%, noe som anses som rimelig. Saltet som er utkastet er mer i form av pulver/vått støv, etter fysisk påkjenning gjennom syklonen. Det må påpekes at mellom 23% og 34 % av det brukte saltet ikke kommer frem til sorteringsmaskinen. Noe blir sortert ut i vasketanken, noe oppløses, og en del blir skylt på gulvet under tømning av saltet opp i vasketanken. Det er potensiale for å redusere tap ved å tømme saltet mer forsiktig opp i vaskeren.

5.1.2 Saltkvalitet

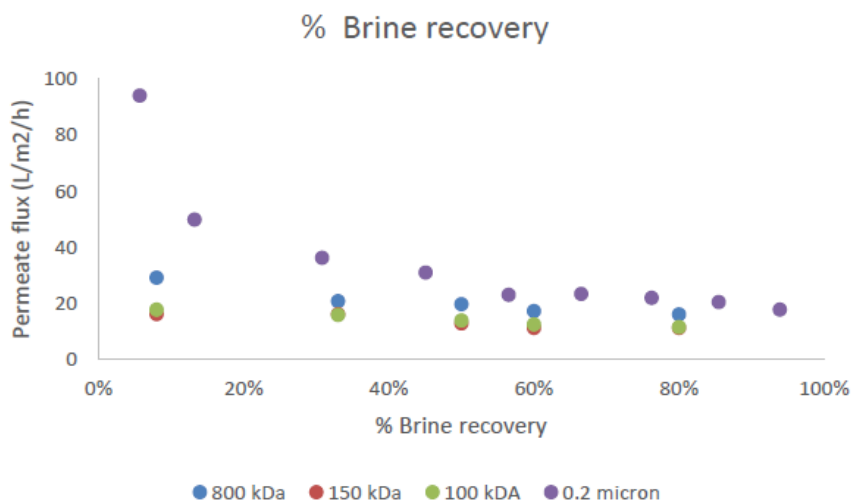
ScanProd har over en lenger periode analysert innholdet av kopper og jern i brukt salt. Resultatene av analysene er oppsummert i tabellen under (tabell 3). Analysemetoder for brukt salt er beskrevet i Lorentsen 2019 [4].

Tabell 3: Innhold av kopper og jern, og andre analyseresultater fra brukt salt

	Kopper (0,1 mg/kg)	Jern (10 mg/kg)	Aerobe mikroorganismer	Koliforme	Klorid	NaCl beregnet fra klorid
Enhet	mg/kg	mg/kg	cfu/g	cfu/g	g/100g	g/100g
15.03.2016	<1,0	4,7			60,3	99,4
31.05.2016	<0,050	<1,0				
22.11.2017	<0,050	2,3				
20.03.2018	0,58	1,4	<10			
23.05.2018	<0,050	1,1	<1000	<10		
23.07.2018	<0,050	<5,0	70			
30.10.2018	<0,050	<5,0			60,2	99,2
09.09.2019	<0,050	<5,0	650	<10		

5.2 Saltlake

Membranfiltrering av saltlake ved 100 kDa, 150 kDa og 800 kDa gir et produkt som er klart. Det aller meste av saltet følger laken gjennom filteret, mens urenheterne blir liggende igjen. Å gjenvinne 50-80 % av laken vil være godt gjennomførbart (figur 10), basert på disse resultatene. Flyt hastigheten til laken reduseres med økende gjenvinning, og det er nødvendig å se på en kost/nytte verdi for den høyeste gjenvinningen. Saltlaken som ble filtrert ved 0,2 µm ga en gulere lake, og er dermed mindre aktuell i videre uttesting.



Figur 10: Figuren viser hvor stor andel av laken som gjenvinnes og flythastighet for laken over filteret. Flythastighet for laken reduseres med økende gjenvinning.

Saltinnholdet i lakene ble målt ved å foraske prøvene (figur 11). Resultatene er vist i figuren under. Det er en liten forskjell mellom saltlaken (25,4% salt) inn og filtratene (24,1-24,2 %) ut. Denne prøven ble tatt ut ved om lag 70 % recovery av saltlaken.

