

TR A7502 - Åpen

# Rapport

## Måling av langblåst tunneltørke i kombinasjon med kammertørke (L2b)

Rasjonell klippfisktørking

### **Forfatter(e)**

Erlend Indergård



# Rapport

## Måling av langblåst tunneltørke i kombinasjon med kammertørke (L2b)

Rasjonell klippfisktørking

EMNEORD:

Klippfisk

Tørking

Tunnel tørke

Energieffektivisering

Mellomlagring

VERSJON

V1

DATO

2015-04-22

FORFATTER(E)

Erlend Indergård

OPPDRAKSGIVER(E)

FHF

OPPDRAKSGIVERS REF.

Lorena Gallart Jornet

PROSJEKTNR

FHF-900662, SINTEF-16Y003

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

16 + 0 vedlegg

SAMMENDRAG

### Måling av langblåst tunneltørke (VP i by-pass) i kombinasjon med kammertørke

Rapporten inneholder industrielle målinger på langblåst tunneltørke med YIT-aggregat i by-pass og med kammertørke i kombinasjon. Innledende tørking i tunneltørking, og etter mellomlagring slutt-tørkes fisken i kammertørke. Begge med YIT-aggregat i by-pass.

Forsøket er en del av prosjektet Rasjonell Klippfisktørking, og innbefatter studier av de mest vanlige teknologiene som brukes til tørking av klippfisk per i dag. Industrieforsøk har i prosjektet blitt målt på 4 teknologier, og det ble bestemt at nye industrielle forsøk skulle gjennomføres på 2 teknologier etter utbedringer, inkludert denne beskrevet i denne rapporten.

UTARBEIDET AV

Erlend Indergård

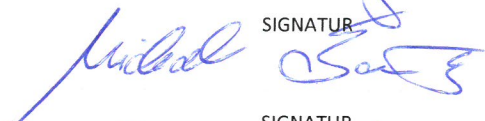
SIGNATUR



KONTROLLERT AV

Michael Bantle

SIGNATUR



GODKJENT AV

Petter Røkke

SIGNATUR



RAPPORTNR

TR A7502

ISBN

978-82-594-3632-0

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
V1	2015-04-22	Versjon 1 – åpen

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Forsøksoppsett</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Temperatur og fuktighet i lager utenfor tørkene.</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Lufttilstand og luftmengder i tunnel og kammer</b> .....	<b>7</b>
4.1	Luftfordeling og -mengde .....	7
4.2	Tørkeluftens temperatur og fuktighet. ....	8
4.2.1	I tunneltørken .....	8
4.2.2	I kammertørken .....	9
<b>5</b>	<b>Produksjonstall og energibruk</b> .....	<b>11</b>
5.1	Energibruk tunneltørke .....	11
5.2	Energibruk kammertørke .....	11
5.3	kWh per tonn klippfisk.....	12
<b>6</b>	<b>Tørkekurver og vektendring</b> .....	<b>12</b>
6.1	Luftprofil gjennom vognene .....	12
6.2	Endring i vanninnhold ved ulike tørkebetingelser .....	13
6.3	To perioder mellomlagring .....	14
6.4	Tørkehastighet ved lav kapasitet i kammer under slutt-tørking .....	15
<b>7</b>	<b>Diskusjon/konklusjon</b> .....	<b>15</b>

## BILAG/VEDLEGG

Ingen

## 1 Bakgrunn

Forsøket er en del av prosjektet Rasjonell Klippfisktørking, og bygger på tidligere studier av de mest vanlige måtene (teknologiene) å tørke klippfisk på per i dag. Tidligere industriforsøk har blitt gjennomført på følgende 4 teknologier.

- 1) Langblåst med YIT aggregat i by-pass
- 2) Kammertørke med YIT aggregat i by-pass
- 3) 3-kammerløsning med A&G aggregat
- 4) Langblåst med Nordvestmiljø/Johnson Control system.

Med bakgrunn i resultater fra disse teknologiene, er det gjennom styringsgruppemøte bestemt å se på optimalisering av punkt 1) og 2) i kombinasjon.

Arbeidet presentert i dette dokumentet omhandler industriforsøk og betydningen av ulike tørkeregimer for effektiv tørketid – driftsoptimalisering og energiforbruk per tonn ferdig produkt. Tidligere er det blitt utført målinger på 140 vogners langblåst tunnel, samt 40 vogners kammertørke. Det er nå dokumentet optimalisering av drift av 70 vogners tunnel i kombinasjon med kammertørke.

## 2 Forsøksoppsett

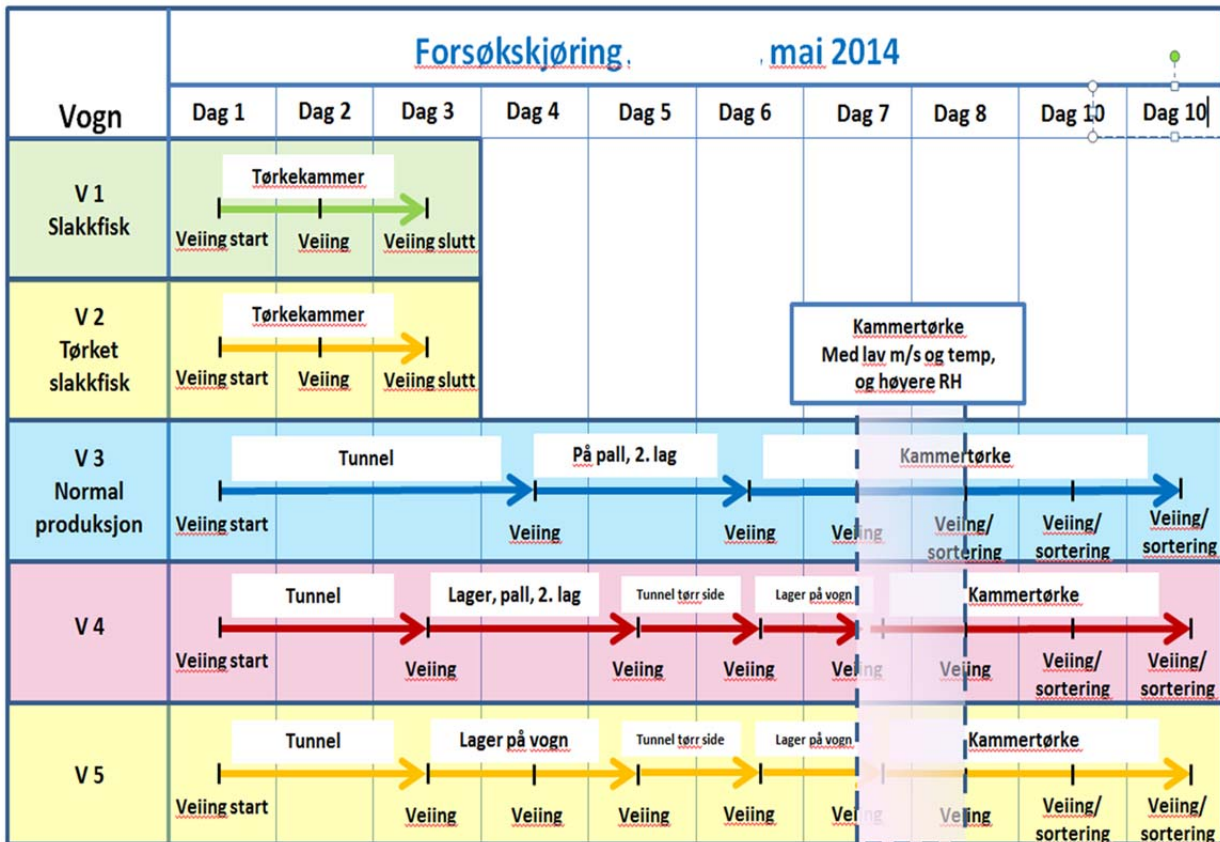
Både tunneltørken og kammertørken har installert ett aggregat fra YIT, som suger ut en del av den sirkulerte tørkeluften og avfukter denne før den går tilbake til tørkene.

Under drift vil aggregatene i både tunneltørken og kammertørken gå tilnærmet på full effekt. Det er derfor viktig å ha fokus på jevn innfylling og høy innfyllingsgrad for at det jevne effektforbruket kan deles på så høy produksjonsmengde som mulig.

Samtidig vil det være viktig å ta ut produktet etter 2-3 døgn med innledende tørking, og la det stå til mellomlagring slik at vannet i den fuktige kjernen kan få utjevnet seg med den tørre overflaten. Det er tidligere vist at dette gir en stor fordel for tørkehastigheten under videre sluttørking.

Ulike løsninger med henhold til tid brukt til innledende tørking, samt ulike løsninger for mellomlagring ble utført (V4 og V5 i forsøksoppsettet, Figur 1), og sammenlignet med normal produksjon (V3).

Etter innledende tørking og påfølgende mellomlagring blir slakkfisker lagt inn på kammertørken for sluttørking. Etter 2 døgn sluttørking vurderes fisken med henhold på tørrhetsgrad. Den fisken som ikke er helt tørr legges om på nytt for videre tørking. Det var antatt at slakkfisk (fra mellomlagring) og tørr slakkfisk (etter 2 dager sluttørking) hadde ulike tørkekurver. Dette ble undersøkt (V1 og V2 i forsøksoppsettet).



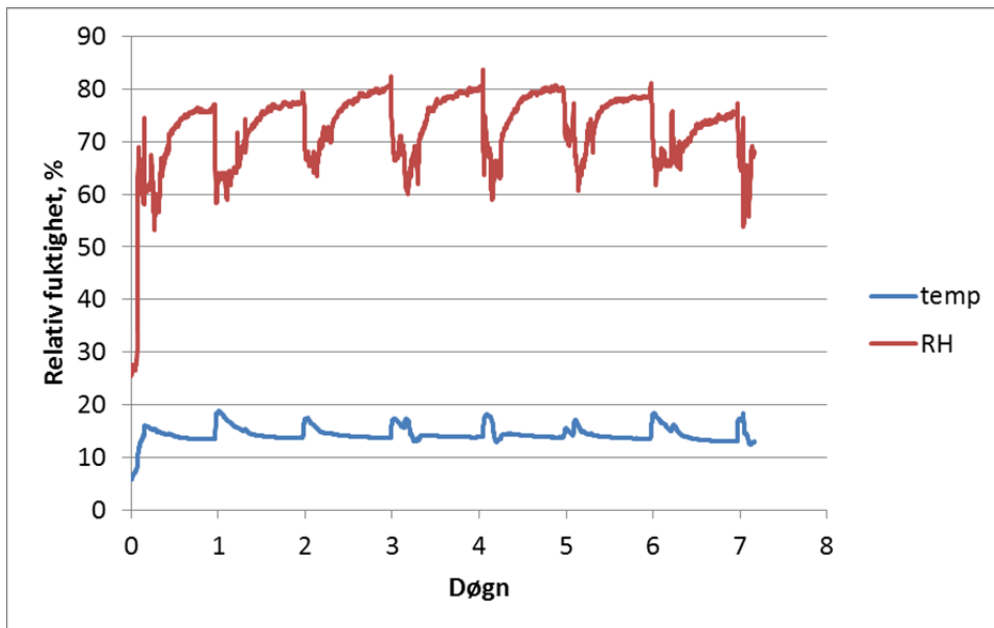
Figur 1: Forsøksoppsett for tørking av klippfisk med varierende inn

### 3 Temperatur og fuktighet i lager utenfor tørkene.

Bedriften har ikke mye lagerplass tilgjengelig til temperering og avrenning av våt saltfisk før tørking, noe som gjør at våt fisk ofte blir satt til dels raskt inn i tunnelen etter pålegg på vogn. Industrielle forsøk viser at ved å temperere og avrenne våt saltfisk over natt før tørking, vil fisken redusere vanninnhold med inntil 1 %, noe som tilsvarer 10 % av alt vannet som skal fjernes under tørkingen. Dette sparer energi i tunnelene, og det bør derfor vurderes løsninger som sikrer god avrenning før vognene blir satt inn på tørkene.

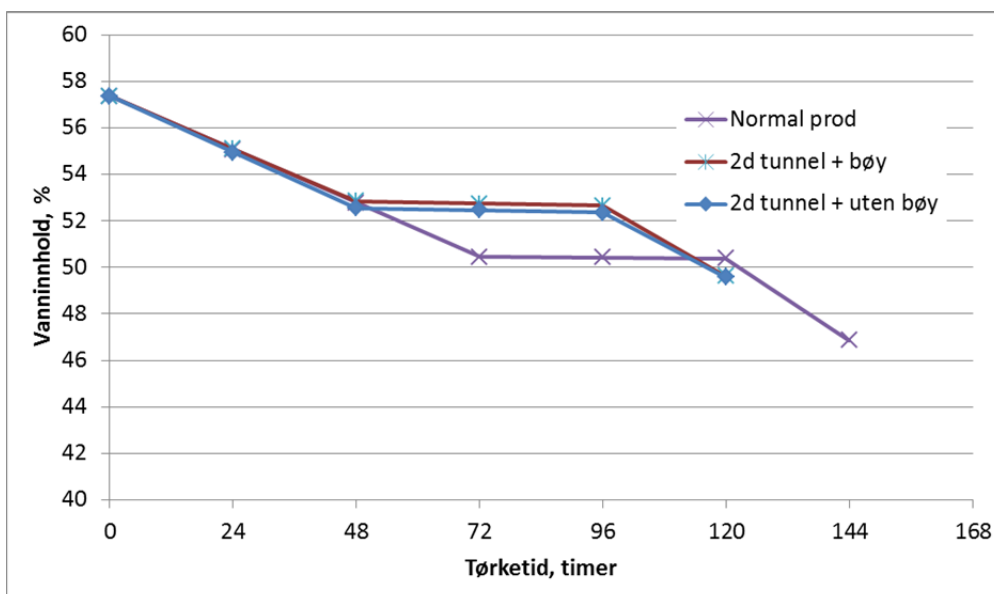
Under normal drift utføres mellomlagring i lageret utenfor tørkene i 2 døgn etter 3 døgn innledende tørking. Det gjennomføres ikke slutt-tørking utenfor tørkene. Når fisken på vognene begynner å bli tørr, tas disse ut av kammertørken, sorteres, og fortsatt slakk fisk blir pålagt ny vogn og satt tilbake i kammertørken.

Temperering/avrenning, mellomlagring, samt slutt-tørking er sentrale trinn for en optimal tørkeprosess, og kontroll av temperatur og fuktighet i lageret der dette kan bli utført er derfor viktig. Måleresultater fra dette lageret er vist i Figur 2. Dette er et lager der porter står åpne gjennom dagen, men er stengt på natten.



**Figur 2:** Temperatur og fuktighet i luften på lageret der mellomlagring blir gjennomført

Klippfisk har en likevektsfuktighet på 76 %. Det betyr at hvis den relative fuktigheten i luften rundt produktet er høyere enn 76 %, så tar fisken til seg vann og blir oppfuktet og slakk. Hvis fuktigheten er lavere, vil produktet fortsette å tørke. Dess større avstand mellom fuktigheten i luften og fiskens likevektsfuktighet, dess raskere går tørkingen eller oppfuktingen. Fra Figur 2 ser man at fuktigheten i lageret varierer, og ligger i perioder opp mot 80 %. Det er derfor begrenset tørkepotensiale under mellomlagring, noe som også fremkommer fra Figur 3, som viser at fisken har minimal vektreduksjon etter 2 og 3 dager på mellomlagring. Det er i tidligere industriforsøk vist at mellomlagring i tørre lager kan føre til en "gratis" reduksjon i vanninnhold på over 1 %. Det bør vurderes om det bør installeres en luftavfukter, eventuelt benytte overskuddsvarme fra varmepumpen til å varme uteluft som blåses i gjennom lageret.



**Figur 3:** Under mellomlagring i lager med relativt høy fuktighet vil man ikke få vekttap.

## 4 Lufttilstand og luftmengder i tunnel og kammer

Luftfordeling og -hastighet i hele tverrsnittet ble målt ut fra vognene både i tunnelen og i kammeret. Tørkeluftens temperatur og fuktighet ble logget kontinuerlig gjennom forsøksperioden.

### 4.1 Luftfordeling og -mengde

Riktig mengde luft i tunnelen, og luftens fordeling mellom brettene er sentral for å få god, jevn og økonomisk tørking. Så stort areal som mulig av tunneltverrsnittet bør fylles med vogner for å hindre falskluft i systemet. Tverrsnittet i begge tørkene er godt utfyllt. Det er en fordel at luftmengden justeres og tilpasses mengde fisk i begge tørkene for at varmepumpesystemet skal fungere mest mulig økonomisk. Det er frekvensstyring på viftene, men under normal drift går viftene for fullt.

Målingene av lufthastighet og fordeling viser at hele tverrsnittet får tilført godt med luft, stort sett i størrelsesorden 1,7-2,9 m/s mellom brettene.

	6,2	5,6	6,7	6,5	7,2							
3,8											5,6	
	3	3	3	3,5	3,1							
3,6											4,8	
	3,1	3,3	3,6	3,4	3,3		5,1	3,7	4,4	5,3	4,6	3,5
3,3												
	3,1	3,5	2,8	3,1	3		4,3	3,5	3,7	3,8	4,4	3,5
3,3												
	2,7	2,1	2,8	2,8	2		4,4	3,5	3,5	3,2	3,6	4
	4,2	4	3,9	3,4	3,1		4,9	3,9	2,8	2,6	2,8	3,7

**Figur 4:** Lufthast. (m/s) målt i 70-vognerstunnelen ut fra vognene (t.v.) og på mesanin-tak (t.h.)

Gjennomsnittlig lufthastighet ble ut fra vognene målt til 3,8 m/s og på mesanin-taket 3,9 m/s. Med bakgrunn i dette beregnes luftmengden i tunnelen til omkring 87.000 m<sup>3</sup>/time.

Normal er kammertørker designet for å sirkulere mye mer luft enn langblåste tunneler. Ut fra Figur 5 ser man at lufthastigheten ut fra vognene er målt til 3,2 m/s. Med et større tverrsnitt (10 vogner) og en lysåpning i vognene på 53 % (erfaringstall) beregnes luftmengden til 192.000 m<sup>3</sup>/time.

2,6	1,4	2	2,4	2	2,1	4,3	1,6	3,2	2,4
4,2	2,6	2,4	3,5	3,6	2,7	3,8	2,6	2,7	3,2
3,5	4,2	3,9	3,7	3,1	2,8	3,3	3,8	3,7	3,7
4,1	3,8	4,2	3,8	3,8	3,3	4,1	4,8	3,8	4,2

**Figur 5:** Lufthastighet (m/s) målt gjennom vognene i kammertørken ved full viftekapasitet.

Det er en usikkerhet om nødvendigheten med så høye luftstrømmer i kammertørken. Teorien bak dette er at høy luftsirkulasjon gir jevnere tørking. Tidligere målinger viser at luftmengden i sluttfasen av tørkingen ikke har så stor betydning på tørkehastigheten så lenge denne ligger over 0,8 m/s gjennom brettene. Det ble derfor



gjennomført et forsøk på slutt-tørking ved normal og lav luftmengde. Lufthastigheten ble målt, og vist i Figur 6.

1,8	1,9	1,8	1,8	1,5	1,3	1,4	1,6	1,6	1
1,5	1,7	1,5	1,3	1,1	1,2	1,5	1,2	1,6	1,4
1	1,5	1,2	1,3	0,9	1,3	1,1	1,2	1,2	1,2
0,8	1,3	1,1	1,1	0,9	1	1,2	1,1	0,8	0,9
1,1	1,1	1,3	1,1	0,5	0,9	0,9	0,8	0,6	1
0,7	0,7	1,1	0,8	0,7	0,9	0,6	0,6		0,7

**Figur 6:** Lufthastighet (m/s) målt gjennom vognene i kammertørken ved redusert viftekapasitet.

Etter at viftene i tørkekammeret ble justert ned maksimalt, ble gjennomsnittlig lufthastighet målt til 1,2 m/s, noe som tilsvarer 70.000 m<sup>3</sup>/time.

## 4.2 Tørkeluftens temperatur og fuktighet.

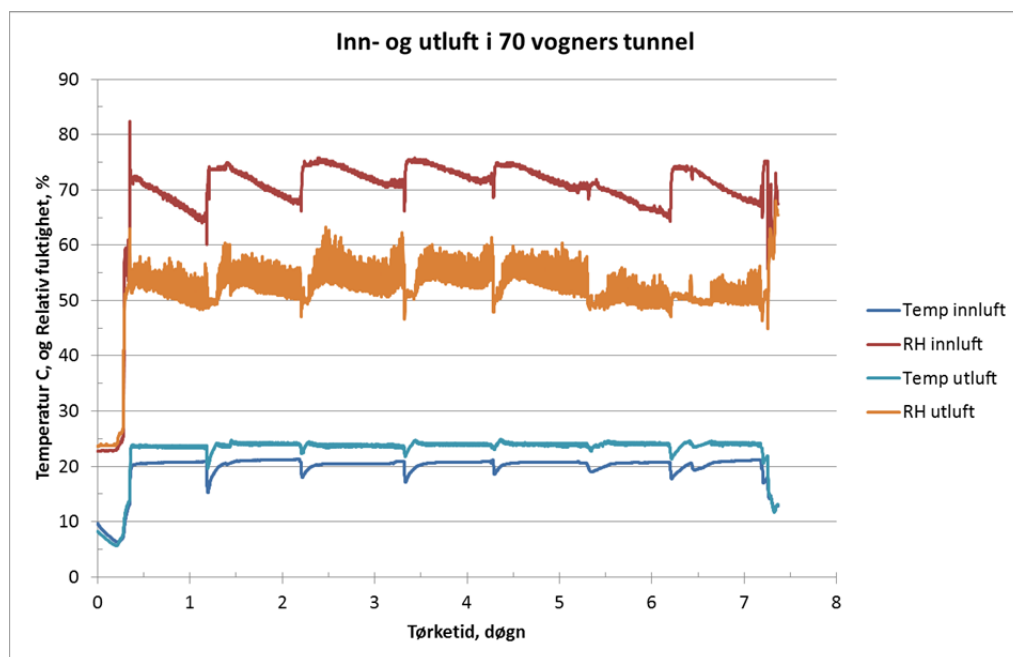
Tørkeluftens temperatur og fuktighet ble logget kontinuerlig gjennom forsøksperioden. Klippfisk har som nevnt en likevektsfuktighet på 76 %. Det betyr at hvis den relative fuktigheten i tørkeluften ligger opp mot 76 %, så har man ingen tørkepotensial.

### 4.2.1 I tunneltørken

Det er valgt å bruke 70-vogn tunnelen til innledende tørking av våt saltfisk, noe som fører til god oppfukning av tørkeluften gjennom tunnelen.

Ut fra Figur 7 ser man at tørkeluften i forsøksperioden går inn på vognene med en temperatur på 23 °C og en fuktighet på 50-60 %. Ut fra vognene har luften en temperatur på 18-21 °C, og en fuktighet på 65-76 %. Temperaturfallet skyldes fordampningen av vannet fra fisken. Fuktigheten på luften ut av vognene viser de typiske variasjonene i langblåste tunneler. I perioden etter innsats av våt fisk går denne opp mot 76 %.

Det som er viktig å legge merke til her er at fuktigheten ligger over 70 % i lange perioder, noe som fører til at de vognene som står bakerst ikke opplever noe stort tørkepotensiale. Tunnelen har installert ett aggregat til avfukning. Ser man på den inngående luftfuktigheten, så er det tydelig at dette ikke er nok avfukningskapasitet med tanke på at det stort sett er våt fisk som tørkes her. Normalt vil man i langblåste tunneler ha en inngående fuktighet på 40-45 %.

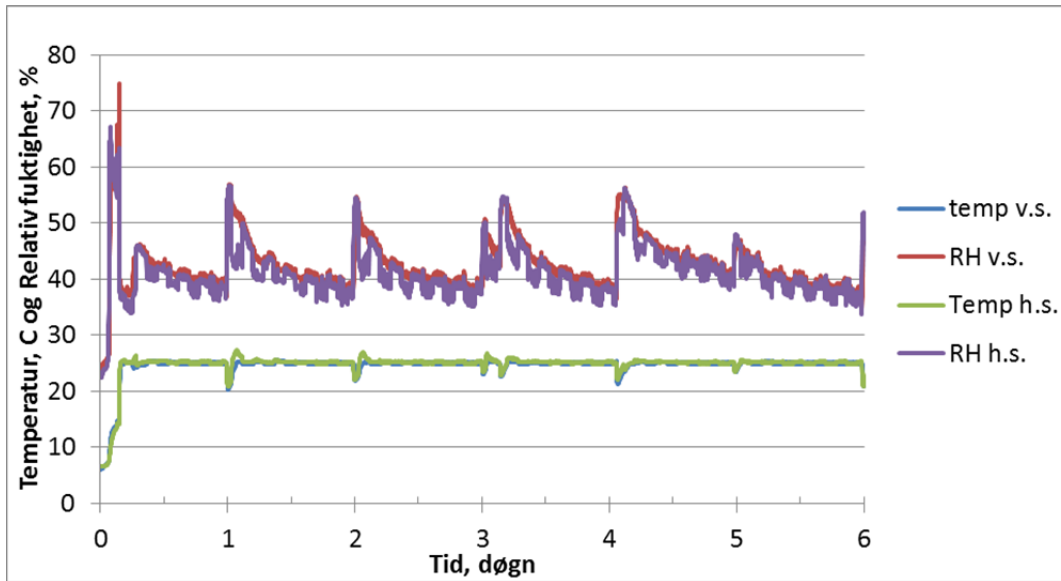


**Figur 7:** Temperatur og fuktighet i tørkeluften ut og inn av tunnelen gjennom forsøksperioden.

#### 4.2.2 I kammertørken

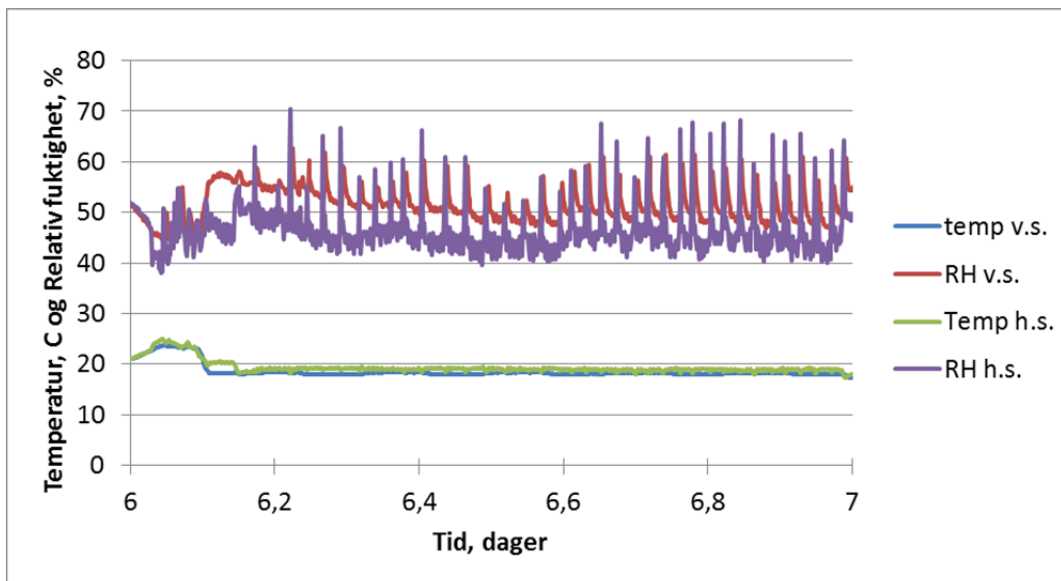
På samme vis som i tunneltørken, ble temperatur og fuktighet logget i forsøksperioden også i kammertørken (Figur 8). Temperaturen ligger jevnt rundt 24 °C, kun med en liten svingning når nye vogner settes inn. Slakkfisken som settes inn gir en kort tid en høyere oppfuktning til rundt 55 % i kammeret før denne gradvis faller ned mot 35 %. Viftene snur hver andre time, og differansen mellom den lilla og rød kurve viser oppfuktningen av luften gjennom vognen.

Varmepumpeaggregatet suger ut og behandler 10-20 % av luften som sirkulerer. Luften ut fra aggregatet har en fuktighet på rundt 25 % før denne blandes med den sirkulerende luften i kammeret. Varmepumpen jobber derfor med en avfuktingsdifferanse på mellom 10 og 40 %, noe som er betydelig mindre enn for tunneltørken der avfuktingsdifferansen ligger mellom 50 og 60 %, og som gir redusert energiforbruk per kg vann fjernet.



**Figur 8:** Temperatur og fuktighet i tørkeluften i kammertørken gjennom forsøksperioden.

Som nevnt er det usikkerhet om den harde tørkingen med svært høy luftmengde er nødvendig på slutten av tørkeperioden. Kammertørken ble derfor trinnet ned så mye som mulig for å redusere lufthastigheten (fra 190.000 til 70.000 m<sup>3</sup>/time) og samtidig øke luftfuktigheten (Figur 9, fra 35 til 45 %), og temperaturen ble redusert fra 24 til 19 °C. Senere i dokumentet blir det vist at dette reduserte effektforbruket fra 55 til 31 kW.



**Figur 9:** Temperatur og fuktighet i tørkeluften i kammertørken ved redusert kapasitet.

## 5 Produksjonstall og energibruk

Effektforbruk på både tunnel og kammer ble målt under forsøksperioden, samtidig som mengde innsatt saltfisk ble registrert. Dette gir tall på hvor mange kWh som går med til å produsere ett tonn klippfisk.

Tunnelen og kammeret har installert samme type aggregat. Installert effekt pr aggregat er:

- 2 stk kompressorer a 16 kW
- 3 stk kondensatorvifter a 1,95 kW
- 1 stk aggregatvifte a 11 kW

Tunnelen har i tillegg 3 stk. 1,5 kW sirkulasjonsvifter, tilsammen en installert effekt på 53,3 kW

Kammeret har tilsvarende 10 stk. vifter, tilsammen en installert effekt på 63,9 kW

### 5.1 Energibruk tunneltørke

Effektmålingene i tunnelen viser at energibruken på 70-vogn tunnelen ligger relativt konstant på rundt 42-43 kW under drift, dvs. 1022 kWh pr døgn.

### 5.2 Energibruk kammertørke

På tilsvarende vis som for tunnel-tørken, ble energibruken i kammertørken bestemt. I tillegg ble energibruk i kammertørken bestemt ved redusert drift, pga. at det som nevnt er en usikkerhet om nødvendigheten med så høye luftstrømmer i kammertørken. Energibruken for begge driftsmåtene er vist i Tabell 1:

**Tabell 1:** Effektforbruk under drift av kammertørken ved vanlig drift (t.v.) og redusert drift (t.h.)

Kammertørke full drift				Kammertørke redusert drift			
Dato	kl	Avlest kWh	kW forbruk	Dato	kl	Avlest kWh	kW forbruk
23.apr	10:36	1382.407		28.apr	09:40	1389.675	38,0
23.apr	13:43	1382.566	51,0	28.apr	10:29	1389.703	34,1
24.apr	08:36	1383.531	51,1	28.apr	10:38	1389.708	33,3
24.apr	09:40	1383.590	55,1	28.apr	10:58	1389.717	27,3
25.apr	08:02	1384.734	51,1	28.apr	12:03	1389.746	26,9
28.apr	07:48	1389.604	67,9	28.apr	12:38	1389.762	27,6
				28.apr	14:06	1389.806	29,9
				29.apr	07:41	1390327	29,6
		<b>Snitt</b>	<b>55,2</b>			<b>Snitt</b>	<b>30,8</b>

Ut fra Tabell 1 ser man at det er en betydelig reduksjon i energibruken ved og trinne ned aggregatet i kammertørking. Effektforbruket går ned fra 55 til 31 kW, noe som tilsvarer 576 kWh per døgn. Det vil senere i dokumentet bli vist at tørkehastigheten går noe ned.

### 5.3 kWh per tonn klippfisk

Under normal produksjon blir medium stor (2-3 kg) saltfisk tørket i tunnelen i 3 døgn før 2 døgn mellomlagring. Deretter slutt-tørkes slakkefisk i kammertørken i 2-3 døgn. Energibruk pr tonn produsert klippfisk vil variere både mellom sei og torsk, men mest pga. størrelse. Energibruken beregnet her er basert på medium stor torsk.

Energitalle er beregnet ut fra gjennomsnittsverdier. Det er satt at 520 kg våt saltfisk (58 % vanninnhold) legges per vogn, noe som gir 420 kg klippfisk (47 % vanninnhold) per vogn. Med plass til 70 vogner, og tørketid på 3 døgn, tas 23,3 vogner med slakkefisk i snitt ut hvert døgn. Med plass til 40 vogner i kammertørken, og en snitt-tid på 2 døgn, vil det her hentes ut 20 vogner i snitt pr døgn. Det kan synes at kammertørken i perioder kan være litt begrensende for kapasiteten totalt, noe som kan i en viss grad kompenseres ved å ha fisken i tunneltørken litt lengre, og dermed litt kortere i kammertørken.

Med uttak av 20 vogner pr snitt pr døgn, vil det ved medium stor torsk gi en døgn-produksjon på 8400 kg ferdig klippfisk. Med et effektforbruk på hhv. 43 og 55 kW i tunnel- og kammertørken, vil energiforbruket pr døgn være 2352 kWh, dvs. 280 kWh pr tonn klippfisk.

Til sammenligning ble energiforbruket i 140 vogn tunnelen funnet å ligge relativt jevnt på 91 kW (totalt for 2 stk. aggregat), og ved beregninger i 2012 var forbruket 177 kWh per tonn.

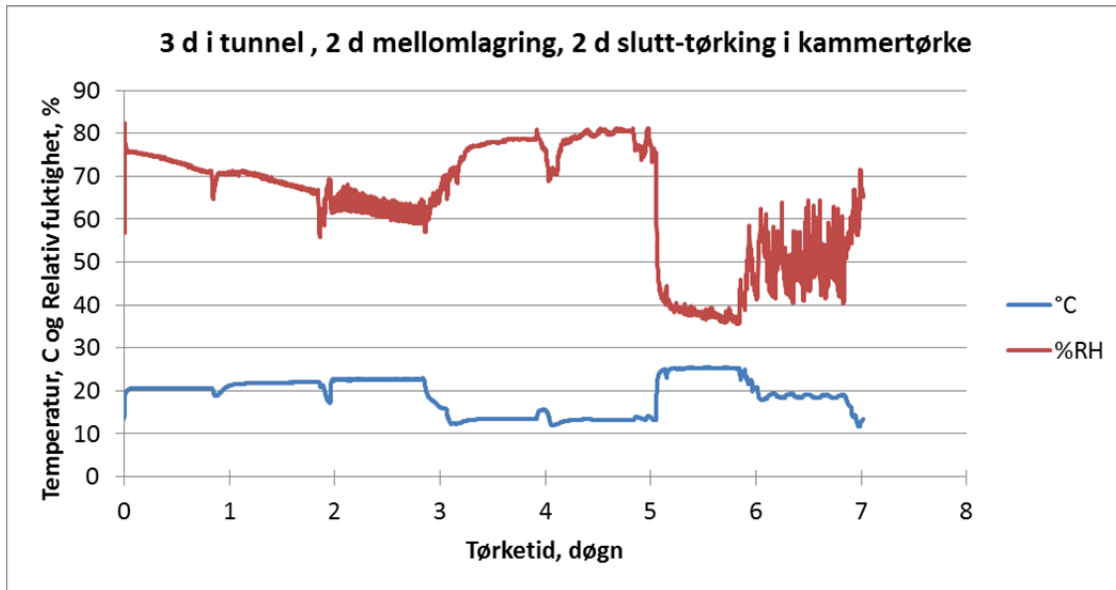
## 6 Tørkekurver og vektendring

Saltfisk lagt på vogn, og saltfisk som sto på vogn over natt ble målt med hensyn på vanninnhold før disse ble satt inn i tunnelen. Saltfisk hadde et vanninnhold på 58,0 mens saltfisk som fikk stå på vogn over natt hadde fått redusert vanninnholdet til 57,3 %. Dette er gratis tørking som gir mindre belastning på den energikrevende tunnelen.

### 6.1 Luftprofil gjennom vognene

Ved å logge temperatur og fuktighet gjennom en spesifikk vogn gjennom hele tørkeperioden, får man inntrykk av tørkepotensialet under veis. Figur 10 under, viser temperaturen og fuktigheten gjennom 3 døgn i tunnelen, før voggen sto til mellomlagring utenfor tørkene i 2 døgn, for deretter å bli slutt-tørket i kammertørken i 2 døgn. Siste døgn i kammertørken var ved redusert drift i kammeret.

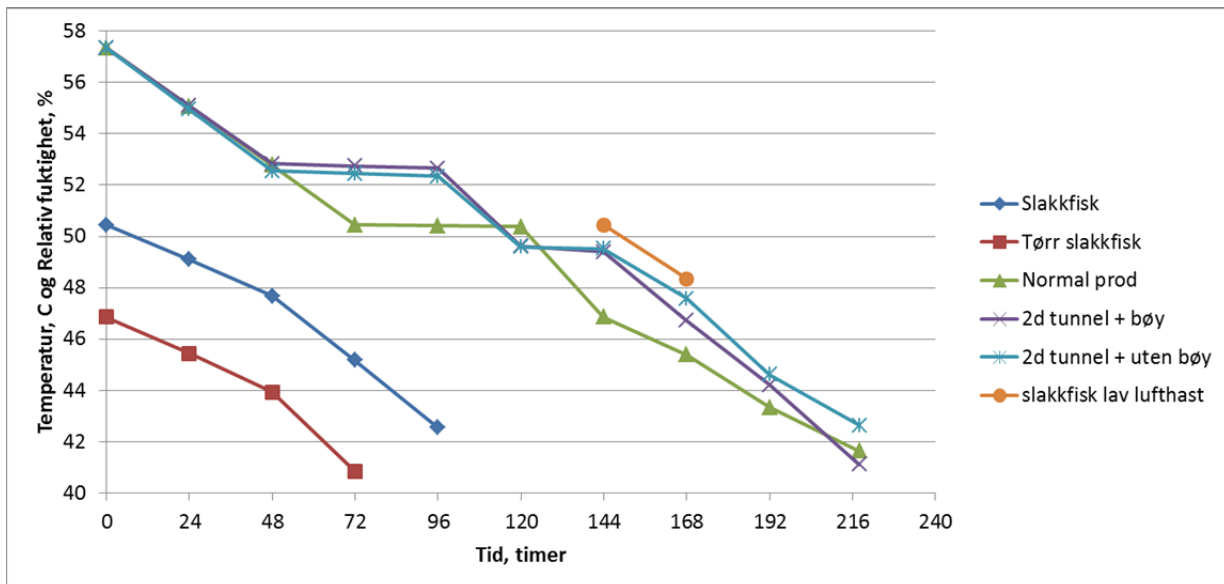
Det første døgnet står voggen på den fuktige siden av tunnelen og opplever over 70 % fuktighet, før den går igjennom tunnelen om møter tørrere luft. Under mellomlagringen er fuktigheten rundt 80 %, og det er her minimalt med tørking. Under slutt-tørkingen er fuktigheten 35 til 55 %.



Figur 10: Temperatur og fuktighet i tørkeluften gjennom en spesifikk vogn gjennom tørkeforløpet.

## 6.2 Endring i vanninnhold ved ulike tørkebetingelser

Figur 1 gir en oversikt over de forsøk som ble gjennomført. Figur 11 under, viser hvordan vanninnholdet (tørkekurven) endrer seg under de varierende tørkebetingelsene. Den grønne kurven viser tørkekurven for medium stor torsk under normal drift med 3 døgn i tunnel, 2 døgn mellomlagring og 2-3 døgn slutt-tørking.

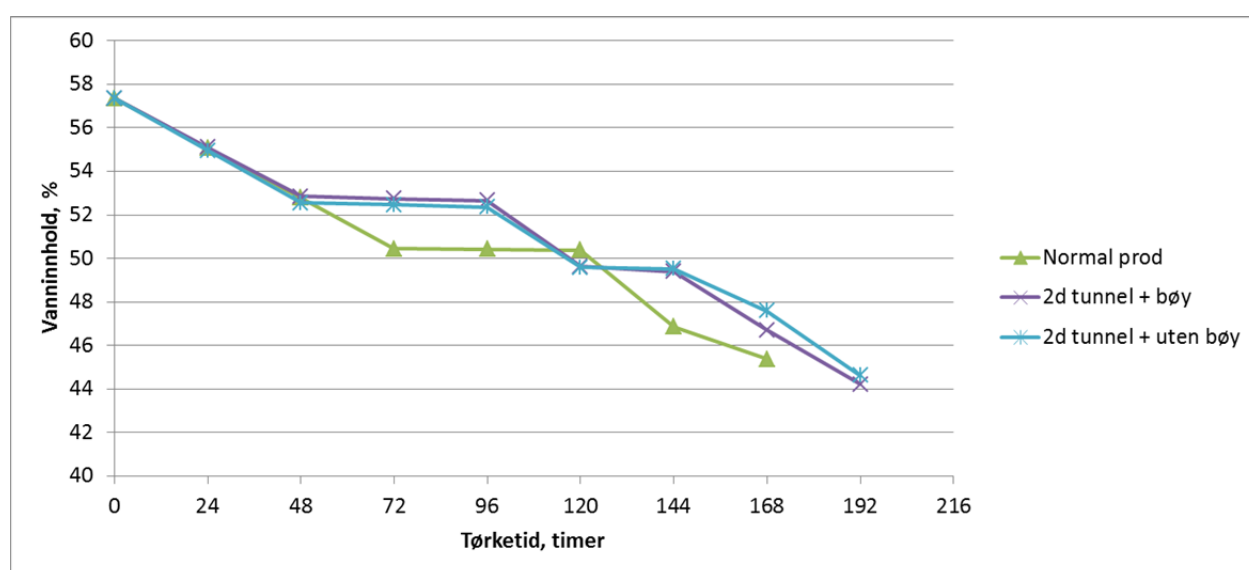


Figur 11: Endring i fiskens vanninnhold under ulike tørkebetingelser.

### 6.3 To perioder mellomlagring

Det er tidligere funnet at det etter innledende tørking i 2-3 døgn, er en stor fordel å gjennomføre mellomlagring av slakkfisken slik at det høye vanninnholdet i kjernen får jevnet seg ut i hele fiske-tverrsnittet før slutt-tørking. Dette kan også ses fra Figur 11, der slakkfisk (blå kurve) trenger 4 døgn med slutt-tørking for å komme ned på 43 % vanninnhold i forhold til mellomlagret fisk (grønn kurve) som kun trenger 3 døgn. For små og mellomstor fisk er 2 døgn mellomlagring optimalt, mens det for stor fisk kan være fordel å vente i 3 døgn. Det er ikke nødvendig å ta fisk av vognene under mellom-lagringen.

Det ble nå gjennomført et forsøk for å se på om det er ytterligere fordel å utføre 2 perioder med mellomlagring. Samtidig ble forsøk med bøying av slakkfisken (for å bryte opp tørrsjiktet ytterst) gjennomført.



**Figur 12:** Endring i fiskens vanninnhold under ulike tørkebetingelser.

Sammenligner man den grønne og den blå kurven i Figur 12, ser man at det er minimalt med ending i tørketid ved å endre fra 3 døgn i tunneltørken til 2+1 døgn i tunneltørken. Det har derfor ingen fordel å dele opp mellomlagringen i to perioder. Det kan kanskje være en fordel hvis man har svært stor fisk.

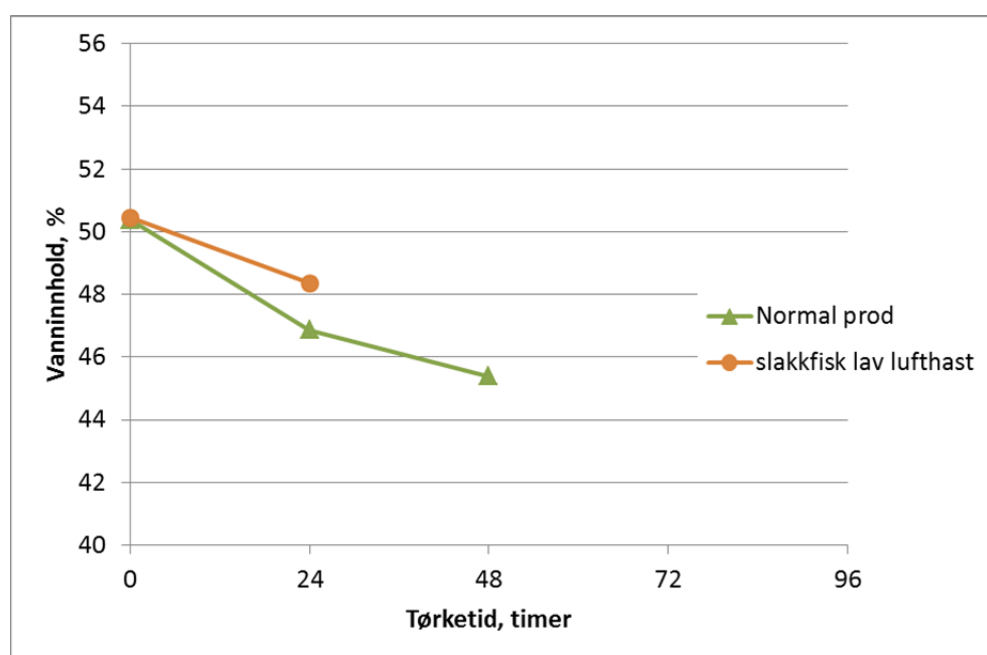
Slutt-tørking etter mellomlagring der fisken har blitt knekt opp langs ryggbeinet har tidligere vist en fordel med tanke på tørkehastigheten. Det ble også i dette forsøket vist at dette er en fordel (blå mot lilla kurve), men at fordelene sannsynligvis ikke er i henhold til ekstraarbeidet med manuelt bøye på hver fisk.

Det er tidligere vist at det ikke er nødvendig å ta fisken av vognene ved mellomlagring, noe som letter arbeidet betydelig. Dette er også vist her, ved å sammenligne blå kurve (mellomlagret på pall) mot lilla kurve (mellomlagret på vogn).

Ved riktig og lav fuktighet i lageret under mellomlagringen, så vil fisken tørke videre og dermed avlaste tørkesystemet. Målingene viste at fuktigheten i lageret utenfor tørkene ligger opp mot 80 %, og videre tørking vil derfor ikke skje. Dette vises også i tørkekurvene i Figur 12.

## 6.4 Tørkehastighet ved lav kapasitet i kammer under slutt-tørking

Som nevnt ble det gjennomført forsøk med slutt-tørking ved redusert avfukningskapasitet i kammer-tørken. Dette ble gjennomført ved å redusere temperaturen, øke luftfuktigheten, samt redusere sirkulert luftmengde. Figur 13 under viser tørkehastigheten ved normal og redusert kapasitet.



**Figur 13:** Endring i fiskens vanninnhold under vanlig og redusert tørkekapasitet i kammertørken under slutt-tørkingen.

Etter to døgn med mellomlagring, ble tørkehastigheten ved redusert kapasitet i kammeret (oransje kurve) målt mot normalt slutt-tørking (grønn kurve) etter to døgn med mellomlagring. Det er tydelig at høy kapasitet også gir høyere tørkekapasitet. Dette baserer seg imidlertid på kun ett forsøk. Dette bør videre prøves ut, da men kun mindre reduksjon i kapasitet. Dette kan ha betydning på energiforbruket.

## 7 Diskusjon/konklusjon

Produksjonen av klippfisk med bruk av tunneltørke i kombinasjon med kammertørken driftes fornuftig, selv om denne på noen punkter kan optimaliseres. Den største utfordringen ligger imidlertid i redusert stablingsplass av vogner utenfor tørkene. Med bakgrunn i forsøkene presentert i dette dokumentet, kan man oppsummere følgende:

- 1) Det er god utnyttelse av tunnel-tverrsnitt og fyllingsgrad.
- 2) Luftfordelingen og luftmengden er god i begge tørkene.
- 3) Det totale effektforbruket ligger på 98 kW, noe som tilsvarer 280 kWh pr tonn produsert medium stor klippfisk. Med tanke på energieffektivisering er det mest å hente på kammertørken.
- 4) Tunneltørken har begrenset avfukningskapasitet. Denne er i stor grad fylt med relativt våt fisk, og inngående luftfuktighet ligger over 50 %, noe som er høyt. Det vil klart være en fordel med ett ekstra aggregat, og dette vil øke kapasiteten av anlegget. Det er derimot usikkert om dette gir en total reduksjon i effektforbruket pr tonn produsert. Man vil samtidig øke påtrykk med å få unna slakkfisk i kammertørken som allerede synes å være begrensende.



- 5) Avrenning og temperering av vogner før innsats i tunnelen vil være en stor fordel. Dette krever imidlertid god plass utenfor tørkene.
- 6) Mellomlagring utføres i dag på pall, noe som kan erstattes med å la fisken stå på vognene. Dette krever imidlertid også plass utenfor tørkene.
- 7) Lagerområdet utenfor tørkene er for lite. Her er det viktigste punktet å gjøre noe med. Samtidig bør det gjennomføres tiltak for å redusere fuktigheten i dette lageret. En løsning på dette kan være å utnytte overskuddsvarmen fra aggregatene til å varme opp uteluft som blåses gjennom lagerområdet.
- 8) Den totale belastningen på tørkene ved tørking av middels stor fisk er 6 døgn. Dette kan reduseres ved økt avfuktingskapasitet i tunnel-tørken. Kapasiteten vil øke, men det vil sannsynligvis også effektforbruket per tonn produsert.
- 9) Redusert tørkekapasitet i kammertørken vil også øke tiden for slutt-tørking. Dette er imidlertid basert på kun ett forsøk. Dette bør ses på videre, da energireduksjonspotensialet her er stort.



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)