

Rapport

Måling av langblåst tunneltørke (Strømmen-system) – Etter utbedret tiltak (L2a)

Rasjonell klippfisktørking

Forfatter(e)

Erlend Indergård



Rapport

Måling av langblåst tunneltørke (Strømmen-system) – Etter utbedret tiltak (L2a)

EMNEORD:
Klippfisk
Tørking
Tunnel tørke
Energieffektivisering
Mellomlagring

VERSJON

V1

DATO

2015-04-22

FORFATTER(E)

Erlend Indergård

OPPDRAGSGIVER(E)

FHF

OPPDRAGSGIVERS REF.

Lorena Gallart Jornet

PROSJEKTNR

FHF-900662, SINTEF-16Y003

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

15 + 0 vedlegg

SAMMENDRAG

Måling av langblåst tunneltørke (Strømmen) – etter utbedret tiltak


Rapporten inneholder industrielle målinger på 2 langblåste tunneltørker med Strømmen-system (Nordvestmiljø/Johnson Control) etter utbedrede tiltak. I tørken blir all sirkulert luft avfuktet gjennom varmpumpen.

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

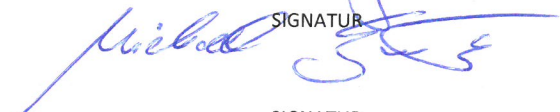
Erlend Indergård

SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**

Michael Bantle

SIGNATUR

**GODKJENT AV**

Petter Røkke

SIGNATUR

**RAPPORTNR**
TR A7501**ISBN**
978-82-594-3631-3**GRADERING**
Åpen**GRADERING DENNE SIDE**
Åpen

Historikk

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

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	4
2	Tørkeprosessen	4
3	Temperatur og fuktighet i haller og lager	5
3.1	Avrenning og temperering.....	5
3.2	Etter-tørking og mellomlagring.....	6
3.3	Ferdigvarelager, utkjøring.....	7
4	Luftfordeling og luftmengde i tunnelene	7
5	Produksjonstall og energibruk	8
5.1	Effektforbruk.....	8
5.2	Energiforbruk (kWh) pr tonn klippfisk	8
5.3	Spesifikk energiforbruk avhengig av sort og størrelse.....	9
6	Luftprofil gjennom tørkene	10
7	Tørking og mellomlagring	12
8	Utnyttelse av overskuddsvarme	15
9	Diskusjon og vurdering	16

BILAG/VEDLEGG

Ingen

1 Bakgrunn

Rapporten inneholder industrielle målinger på 2 langblåste tunneltørker med Nordvestmiljø/Johnson Control system (Strømmen-system). Dette innebærer at all sirkulert luft i tunnelen blir avfuktet gjennom varmpumpen.

Forsøket er en del av prosjektet Rasjonell Klippfisktørking, og innbefatter studier av de mest vanlige måtene (teknologiene) å tørke klippfisk på per i dag. Industriforsøk har i prosjektet blitt målt 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.

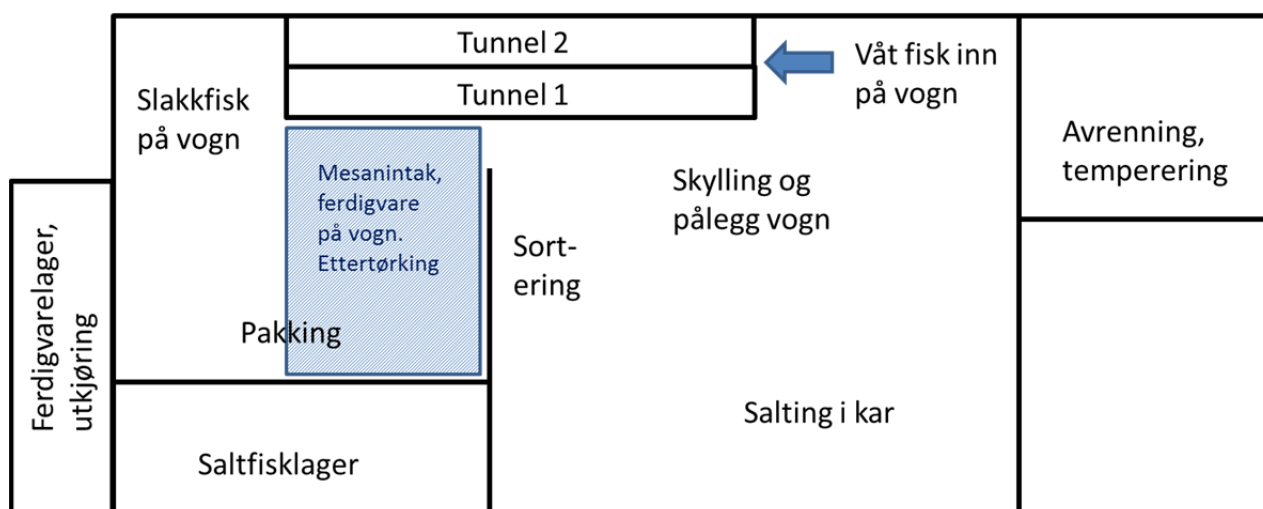
Etter industrielle forsøk og målinger på de 4 ulike teknologiene, ble det bestemt at forsøk skulle gjennomføres på nytt under en så optimal drift som mulig hos 2 produsenter.

Begge tunnelene ved anlegget (2 x 132 vogner) var i drift under forsøket, og det ble tørket saltfisk fra frosset råstoff. Målingene ble utført på både torsk og sei med vekt 1,9-2,5 kg, samtidig som det var betydelig produksjon av ryggsei.

2 Tørkeprosessen

Bedriften har frosset fisk på lager som benyttes når det er mindre tilgang på fersk fisk. All saltfisk produseres på eget eller egne anlegg, og det er høy lagringskapasitet for saltfisk. Etter vasking blir fisken lagt på Brett og plassert i eget rom over natt for avrenning og temperering, som er en rutine bedriften har etablert siden første analyse av anlegget.

Det er også siden første analyse blitt bygd mesanin over pakkehallen, som har medført betydelig større areal på slakkfisk/klippfisk-siden. Figur 1 viser en skisse av lokalene.



Figur 1: Skisse av produksjonslokaler og lager.

3 Temperatur og fuktighet i haller og lager

Ofte er tørketunnelene begrensningen for å kunne øke kapasiteten ved anleggene. Det er derfor av stor betydning å utnytte andre rom i produksjonsanlegget for å avlaste tørkene. Temperering og avrenning, mellomlagring, samt etter-tørking er sentrale trinn for en optimal tørkeprosess, og kontroll av temperatur og fuktighet i haller og lager der dette blir utført er derfor viktig.

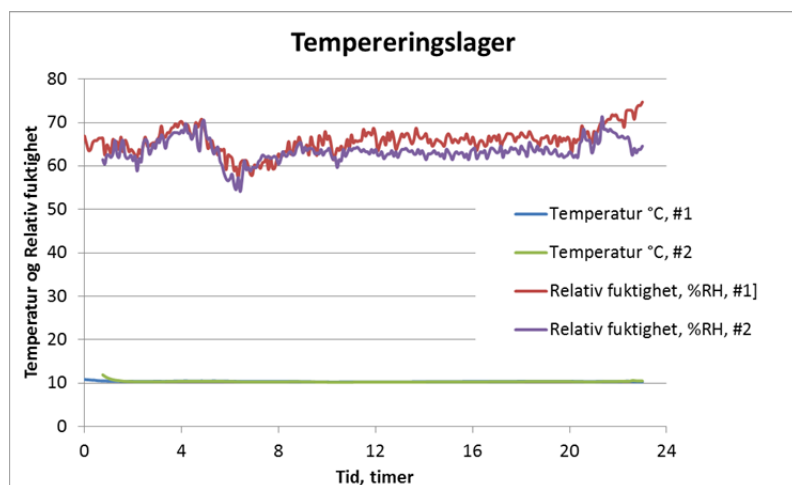
Bedriften tempererer og avrenner våt saltfisk i egnet lokale før tørking. Samtidig benyttes pakkehall og mesanintak over pakkehall til etter-tørking. Kun stor torsk blir mellomlagret i dag.

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.

Generelt er det fordel at fuktigheten er lav frem til klippfisken er definert tørr nok. Deretter bør man ha fuktigheten så nær 76 % som mulig. Ved høyere fuktighet vil det være fare for at ferdig klippfisk slår seg etter hvert.

3.1 Avrenning og temperering

Ved å benytte egnede lokaler utenfor tunnelene til avrenning av overflatevann på saltfisken, samt temperering fra kjøletemperatur på 0-4 °C, vil man avlaste tørketunnelen. Bedriften har i senere tid valgt å bruke egnet lokale til avrenning og tempererer av våt saltfisk i før tørking. Her vil det være en fordel om luften er tørr. Måleresultatene på temperatur og relativ fuktighet i dette lageret er vist i Figur 2 under.



Figur 2: Temperatur og relativ fuktighet i rom for avrenning og temperering.

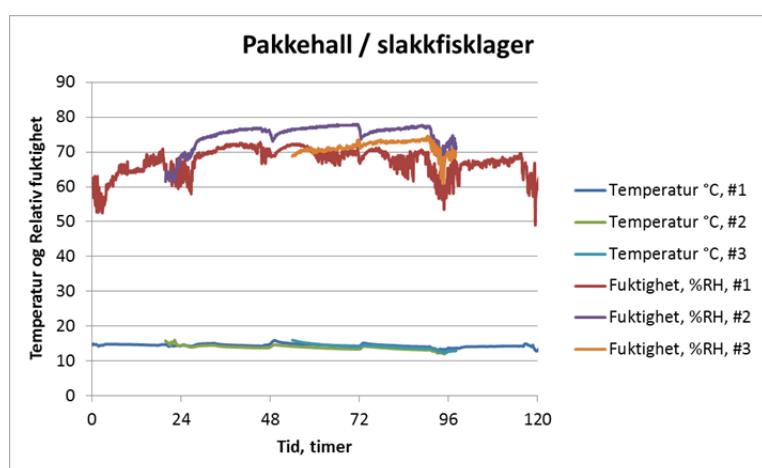
I tempererings- og avrenningslageret ligger fuktigheten mellom 60 og 70 %. Dette er en fuktighet der saltfisken vil starte tørkeprosessen, samtidig som overflatevannet vil forsvinne. Senere i notatet blir det vist at vanninnholdet i saltfisken under tempereringen blir inntil 1 % lavere før den blir satt inn i tørken. Dette tilsvarer over 10 % av vannet som skal fjernes under tørkeperioden, og vil dermed redusere oppholdstiden i tørkene, og som igjen øker kapasiteten i tunnelene.

3.2 Etter-tørking og mellomlagring

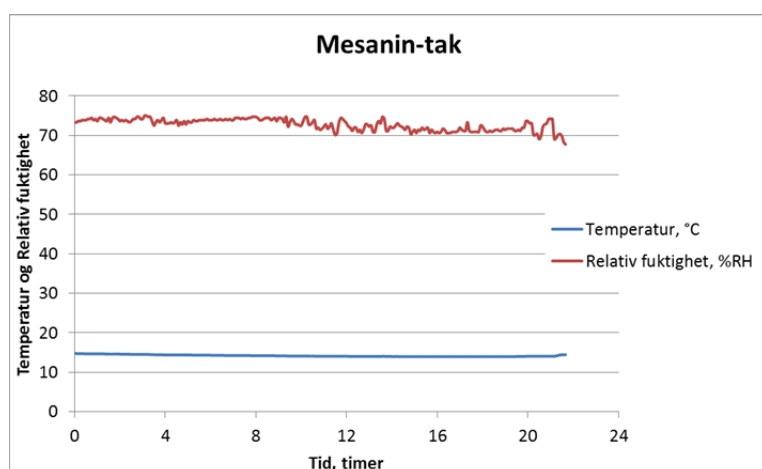
Bedriften mellomlagrer kun stor fisk, så området utenfor tørketunnelene på tørr side (pakkehall), samt arealet oppe på mesanin-taket blir i hovedsak benyttet til etter-tørking av nesten tørr klippfisk, samt lagring av vogner med tørr klippfisk i påvente av sortering og pakking.

Under siste periode av tørkingen, vil tørkehastigheten være svært lav, og det er vist at man kan øke kapasiteten betydelig i tunnelen ved å ta ut nesten tørr klippfisk og slutt-tørke denne i tørre lager utenfor tørkene. Bedriften har mulighet til dette ved å benytte området i pakkehallen og på mesanin-taket. Ved å la vogner stå utenfor tørkene i 2 døgn, sparer man ett døgn i tunnelene. Dette gir en kapasitetsøkning i tunnelene på 10-15 %. Tilsvarende er det vist at mellomlagring kan øke kapasiteten i tunnelen med over 30 %, noe bedriften kan utnytte i større grad.

I pakkehallen (Figur 3) ser man at fuktigheten ligger mellom 60 og 75 %, der variasjoner også skyldes hvor i lageret fuktigheten er målt. Det er direkte luftstrømninger mellom våtfisk og tørrfisksoner, så en viss variasjon vil være naturlig.



Figur 3: Temperatur og relativ fuktighet i pakkehall / slakkfisklager



Figur 4: Temperatur og relativ fuktighet på mesanintak. Ettetørking.

På mesanintaket der mye av etter-tørkingen vil foregå, vil det være en fordel med lavere relativ fuktighet. Fra Figur 4 ser man at fuktigheten ligger mellom 70-75 %, noe som optimalt burde vært lavere. Her kan man med fordel vurdere å tilføre uteluft som blir oppvarmet av overskuddsvarmen fra varmepumpen. Dette blir diskutert i konklusjonene.

3.3 Ferdigvarelager, utkjøring.

I ferdigvarelageret ligger fuktigheten mellom 70-80 %, og varierer pga. svingninger i temperatur. Portene er delvis åpne under perioder med inn- og utkjøring. Her er samtidig ferdigvaren emballert, og oppholdstid er begrenset til kun få dager. Det er ikke forventet hverken uttørking eller oppfukning pga. variasjon i fuktigheten i lagerluften. Det må derimot merkes at for store svingninger i temperatur kan føre til lokal kondensering på produkt inne i emballasjen.

4 Luftfordeling og luftmengde i tunnelene

Vognene dekker tverrsnittet godt i begge tunnelene. Luftprofil og hastighet i hele tverrsnitt ble målt to ganger på hver tunnel:

- 1) Ut fra vognene på saltfisk-siden
- 2) Gjennom kondensator på mesanintaket

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. Det er en fordel at luftmengden justeres og tilpasses mengde fisk i tunnelen for at varmepumpesystemet skal fungere mest mulig økonomisk. I og med at det ikke er frekvensstyring på viftene er dette ikke mulig, men det kan være aktuelt å slå av en vifte i perioder med lite eller tørr fisk i tunnelene.

Under forsøksperioden var tverrsnittet i begge tunnelene godt utfylt, og målingene av lufthastighet og fordeling viser at hele tverrsnittet får tilført godt med luft, stort sett i størrelsesorden 1,5 - 3 m/s mellom brettene, noe som anses som rikelig. Luftmengden gjennom tunnelen ligger rundt 80.000 m³/time. Tidligere resultater har vist at lufthastighet ned til 1,0 m/s er tilstrekkelig nå tunnelen er fylt med lite våt fisk.

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

Figur 5: Lufthast. (m/s) målt mellom Brett og rundt vognene på saltfisksiden. Tunnel 1 t.v., Tunnel 2 t.h.

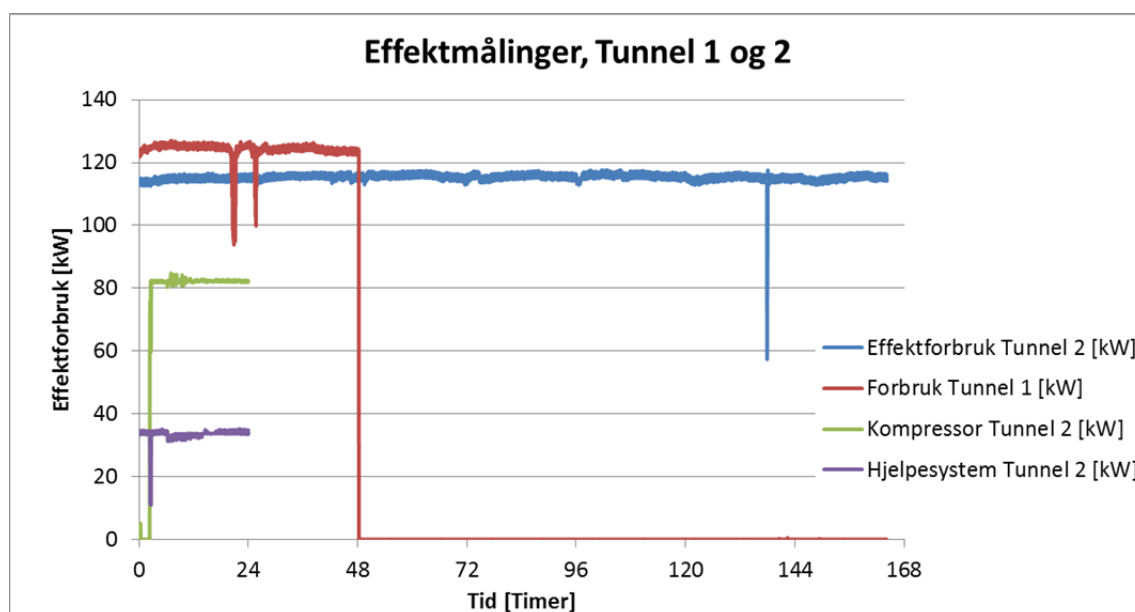
5 Produksjonstall og energibruk

Enrgiforbruk på både tunnel 1 og 2 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. Det er som nevnt 2 tunneler, hver med plass til 132 vogner.

5.1 Effektforkbruk

Effektmålingene (Figur 6) viser at energibruken på tunnelene er konstant under drift. Kuldeanlegget for begge tunnelene er med R134a og glykol krets. Tunnel 1 ligger jevnt på 124 kW, og Tunnel 2 på 115 kW. Totalt effektforkbruk ligger på 239 kW. Av figuren ser man at forbruket på Tunnel 1 går til null etter 2 døgn. Dette skyldes at tunnelen ble stoppet for å ta unna stor mengde ryggsei som hadde blitt tørket.

Målinger på Tunnel 2 utført i 2012 viste at kompressoreffekten ligger jevnt på 82 kW, mens hjelpesystemet (vifter, sirkulasjonspumper) ligger på 33 kW, totalt 115 kW som er nøyaktig samme som ble målt nå under dette forsøket.



Figur 6: Effektmåling av Tunnel 1 og 2 under drift.

5.2 Energiforkbruk (kWh) pr tonn klippfisk

Spesifikt energiforkbruk (kWh pr tonn produsert) er fullstendig avhengig av hva som tørkes (sei/torsk/ryggsei), saltmodningen, sluttvanninnholdet, samt størrelsen på fisken. Dette er vist i kap. 5.3. Det å sammenligne effektforkbruket mellom ulike produsenter er derfor tilnærmet umulig. Det som er energiøkonomisk viktig, er å få kartlagt eget forbruk, og konkurrere med seg selv. Har man fokus på maksimal produksjon, vil man samtidig få lavere spesifikt energiforkbruk.

For å beregne energiforkbruket pr tonn klippfisk, må produksjonstallene over en viss tid finnes og gjennomsnittsberegninger gjennomføres. Å beregne dette for en kortere forsøksperiode er en større

utfordring enn å se på historiske tall fra produksjonsregnskapet i en lengre periode. Det var under forsøket produksjon av både ryggsei, sei og torsk i ulik størrelse.

Produksjonsmengden i forsøksperioden var ca. 240 tonn klippfisk, og energiforbruk i snitt pr tonn produsert ble funnet å være 201 kWh pr tonn klippfisk. Dette snittet fordeler seg mellom energiforbruket for små fisk med kort tørketid (136 kWh/tonn), og for stor (>3 kg) torsk (278 kWh/tonn). Forsøk med stor torsk 2012 viste ett effektforbruk på 347 kWh/tonn, noe som viser at tiltak i produksjonen har ført til en betydelig energireduksjon pr produsert klippfisk, i tillegg til at tørketiden er redusert og kapasiteten økt.

5.3 Spesifikk energiforbruk avhengig av sort og størrelse

Med en kontinuerlig god fyllingsgrad i tunnelene, vil energiforbruket være tilnærmet konstant under drift. Avhengig av om man tørker små eller stor fisk, vil mengde ferdig klippfisk per dag variere stort. I tabell 1 er på bakgrunn i erfaringstall (vil variere noe) beregnet konsekvensene på spesifikk energi avhengig av størrelsen.

Under forutsetning om tørking i tunnel med 132 vogner, og konstant energibruk som vist tidligere, er spesifikk energibruk pr tonn klippfisk beregnet. Det er også satt forutsetninger om start- og sluttvanninnhold, og antall fisk per vogn.

Tabell 1: Forutsetninger og beregninger av antall kg saltfisk og klippfisk pr vogn.

Forutsetninger:		
Antall brett pr vogn <2,5 kg	21	brett/vogn
Antall brett pr vogn >2,5 kg	20	brett/vogn
Startvanninnhold	58	%
Sluttvanninnhold ryggsei	51	%
Sluttvanninnhold sei og torsk	47	%

	Snitt-vekt	Antall pr brett	kg pr vogn			Tørketid i tunnel, døgn		Kg klippfisk pr dag		Spes. energi kWh/tonn	
			Saltfisk	Vann fjernet	Ferdig klippfisk	Sei	Torsk	Sei	Torsk	Sei	Torsk
Ryggsei	1,2	16	403	58	346	2		22 810		126	
Saltfisk, 1,3-1,9 kg	1,6	14	470	98	373	3	4	16 402	12 301	176	234
Saltfisk, 1,9-2,5 kg	2,1	12	529	110	419	4	5	13 839	11 071	208	260
Saltfisk, 2,5-3,8 kg	3,2	10	640	133	507	5	6	13 389	11 158	215	258
Saltfisk, 3,8-5,7 kg	4,7	7	658	137	521		7		9 833		293
Saltfisk, +5,7 kg	5,9	6	708	147	561		8		9 257		311

Beregningene i tabell 1 viser at energiforbruket per tonn produsert vare varierer fra 126 kWh/tonn for små ryggsei, til over 300 kWh/tonn for stor torsk. Dette avhenger i hovedsak av tørketiden. Dess lengre tørketid i tunnelen, dess mindre klippfisk tas ut per dag. Med en konstant energibruk blir det da mindre tonn klippfisk å fordele energikostnadene på.

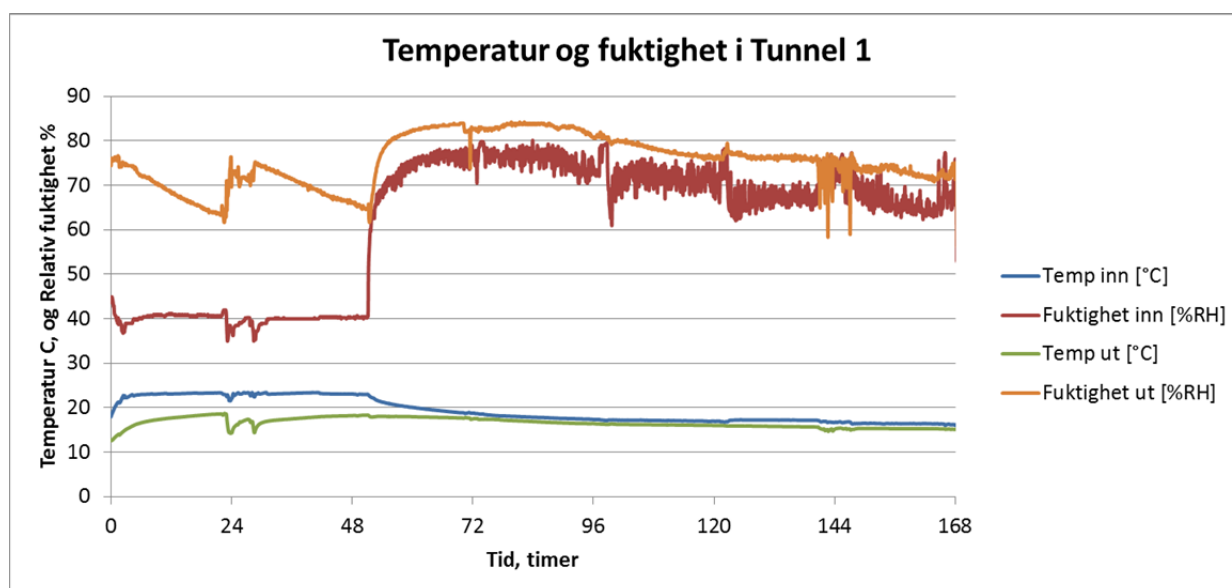
6 Luftprofil gjennom tørkene

Temperaturen og relativ fuktighet inn på begge tørkene ligger jevnt på hhv. 22 °C og 40 %. Den viktigste faktoren under tørkingen er relativ fuktighet. Salt-/klippfisk har en likevektsfuktighet på 76 %, og med et optimalt tørkepotensiale på 36 % (76 – 40 %) anses dette som godt. De fleste tørkene som det er målt på, ligger med en inngående fuktighet mellom 40 og 50 %.

For Tunnel 1, var tørken i starten av forsøket full av ryggsei. Denne tørker raskt, og dette gir god oppfukning av tørkeluften. Dette kan man se ut fra Figur 7 (de første 48 timene) der relativ fuktighet ut fra tunnelen ligger opp mot 76 % etter innsats av våt fisk, for så å falle ned mot 65 % etter hvert som fisken blir tørrere. Temperaturen gjennom tunnelen faller samtidig fra 22 til 16-19 °C pga. at energi fra luften går til fordampningen av vann fra fisken. Etter de to første døgnene slås Tunnel 1 av, og ryggseien blir stående i tunnelen til etter-tørking i påvente av pakking. Det er ikke kapasitet på pakkelinjen til å ta unna kontinuerlig tørking av ryggsei hver dag over tid.

Med tanke på optimalisering (energi-messig) ville det her være en fordel å kunne senke lufthastigheten litt mot slutten av hvert tørkedøgn for å øke fuktigheten i ut-luften og dermed effektiviteten på varmpumpen. I stedet for å senke lufthastigheten, kan man her med fordel tilføre våt fisk i tunnelen 2 ganger i døgnet i stedet for 1 for å holde fuktigheten jevnt høyere over tid. Dette må selvfølgelig vurderes opp mot endringer i driften.

Når det gjelder perioden der Tunnel 1 er slått av (etter 48 timer) og ryggsei etter-tørkes, ser man at fuktigheten øker betydelig i tunnelen. Dette er naturlig da fisken fortsatt vil fordampe av vann pga. at den ikke er helt tørr. Man vil ha en liten naturlig sirkulasjon av luften gjennom tunnelen fordi portene står åpne, men det er en liten differanse mellom luften på hver side. Man ser at fuktigheten ligger mellom 70 og 80 %, noe som tilsier liten tørking i denne perioden. Er fisken i tunnelen tørr nok, så er dette greit. Ønskes det at ryggseien tørker videre, kan man om mulig starte én vifte for å øke sirkulasjonen, men fortsatt må én port være åpen for utskifting av fuktig luft fra tunnelen.



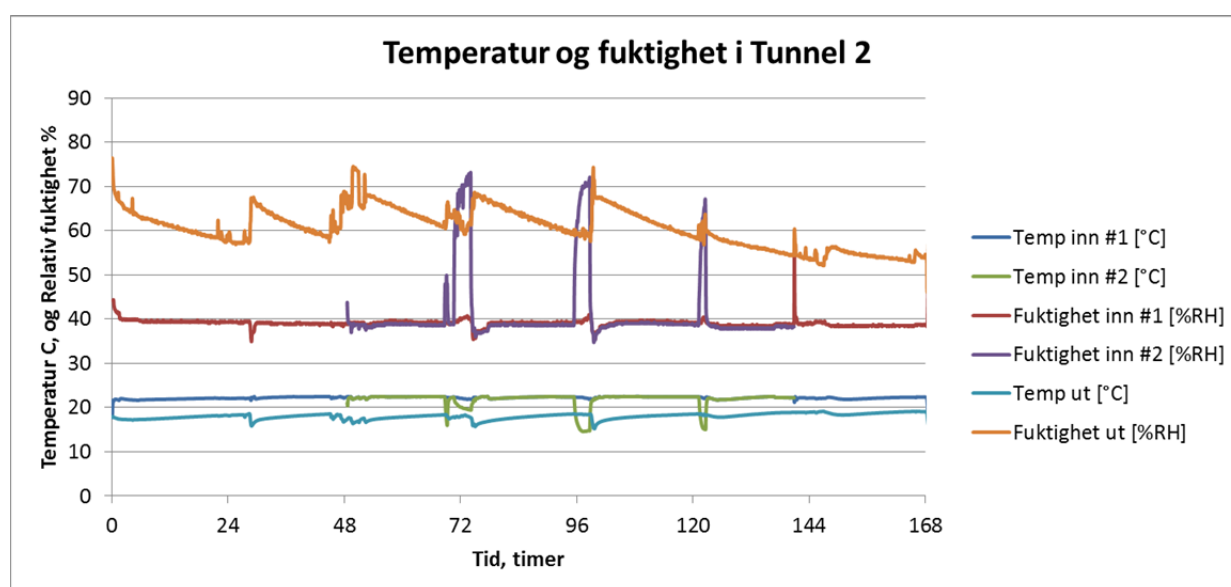
Figur 7: Temperatur inn og ut av tørketunnel 1.

For Tørke 2 ser man fra Figur 8 at oppfukningen gjennom tunnelen stort sett er grei. På grunn av at det her ble tørket større fisk med mer langsom vannfjerning, er fuktigheten ut fra tørken rundt 70 % for så å falle ned mot 58 %. Også her vil det kunne være en fordel å sette inn våt saltfisk 2 ganger pr døgn.

Ved tørking av større fisk, vil man ha enda høyere fortjeneste ved å kunne regulere lufthastigheten og dermed spare vifteenergi. Her vil man kun i noen få timer etter innsats av våt saltfisk ha behov for maksimal luftmengde.

Det er verdt å merke seg forskjellen på den røde og lilla fuktighetskurven i Figur 8. Den røde er luftfuktigheten ut fra varmpumpen, og den lilla er fuktigheten inn på vognen. Disse skal egentlig ha samme verdi. Man ser at fuktigheten inn på produktet har høye topper opp mot 70 % i opptil 3 timer, noe som skyldes at portene på tørr side står åpen, og suger inn fuktig luft fra slakkfisk-lageret. I denne perioden som er 10 % av døgnet, har man minimal tørking. Dette viser at portene bør kun åpnes i korte perioder.

Fuktigheten ut fra tunnelen de siste 2 døgnene kryper ned mot 55 %. Dette er helgedager, og en periode uten innsats av ny våt saltfisk. Også her vil det være en klar fordel å kunne senke lufthastigheten. Dette kan gjøres ved å installere frekvensomformere eller etablere en løsning for avstengning av 1 eller 2 av de 3 viftene.



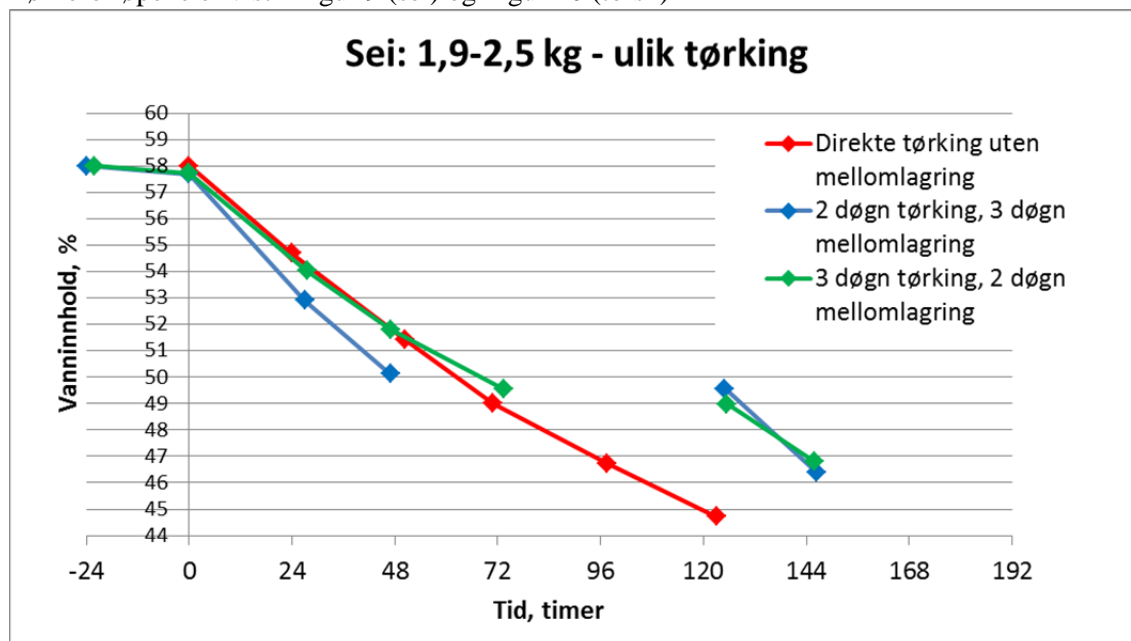
Figur 8: Temperatur inn og ut av tørketunnel 2.

7 Tørking og mellomlagring

Saltfisk tørker relativt sakte til klippfisk, og etter en innledende tørkeperiode på 2-3 døgn går tørkingen langsomt selv om man har rikelig med tørr luft. På dette tidspunktet er kjernen i fisken fortsatt svært våt, mens overflaten er tørr. Industriforsøk har vist at det på dette tidspunktet er en stor fordel å ta ut vognene fra tunnelen, og sette disse på et egnet sted utenfor i 2-3 døgn. Dette gjør at vannet i fisken får tid til å jevne seg ut gjennom hele fisk-tverrsnittet igjen, før vognene settes tilbake i tunnelen for sluttørking. Den totale tiden for tørking blir 1-2 dager lengre, men oppholdstiden i tunnelen blir 1-2 dager mindre. Dvs. man øker kapasiteten på tunnelen betraktelig, og man bruker mindre energi pr tonn produsert.

Forsøk med både torsk og sei (1,9-2,5 kg, 15 fisker i hvert forøk) ble gjennomført, der tørketiden med og uten mellomlagring ble sammenlignet. På sei ble det samtidig undersøkt forskjeller på 2 og 3 dagers innledende tørking før mellomlagring, og på torsk ble undersøkt forskjeller på 2 og 3 dagers mellomlagring før sluttørking.

Tørkeforløpene er vist i Figur 9 (sei) og Figur 10 (torsk)



Figur 9: Vanninnhold i sei under tørking med og uten mellomlagring.

Den røde kurven i Figur 9 viser tørkeforløpet (vanninnholdet) i sei som etter pålegg på vogn blir satt direkte inn i Tunnel 1 og tørket helt tørr uten mellomlagring. Total tørketid til 47 % er 4 døgn.

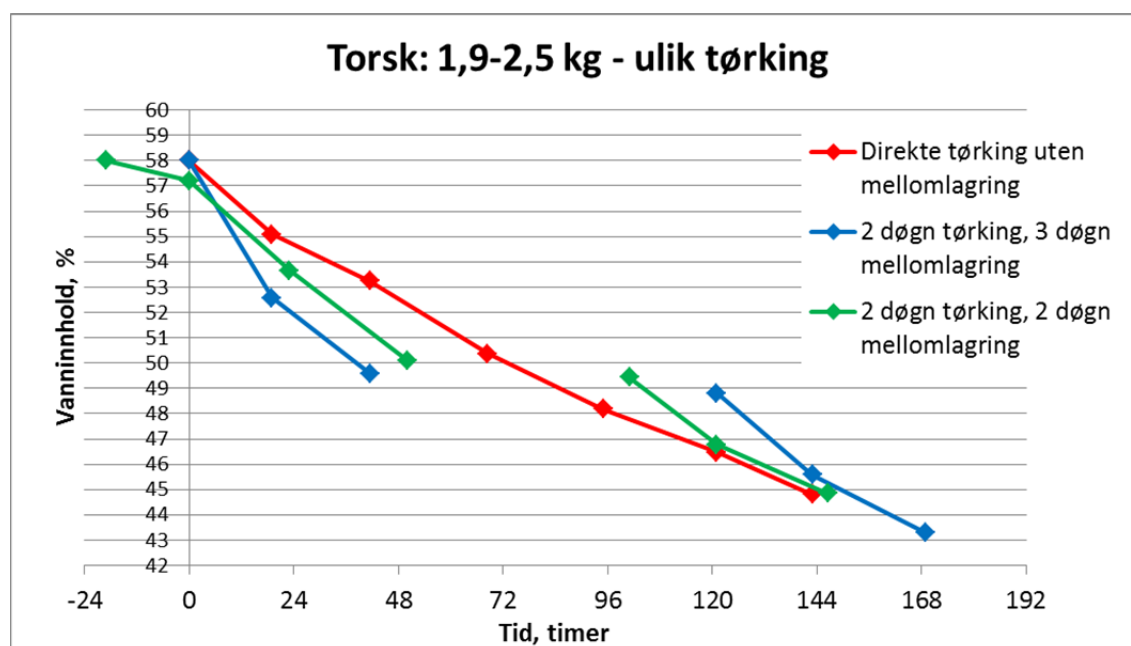
I motsetning til torsk, ble sei ikke vasket før pålegg på vognene. Det er tidligere vist at det for torsk var en stor fordel å la vognene renne av seg overflatevann over natten før vognene ble satt inn. Forsøk med sei (blå og grønn kurve) viste at det også for uvasket sei er en fordel med temperering og avrenning før innsettelsen i tunnelen.

Fuktigheten i lageret for avrenning lå rundt 65 % som tyder på potensiell tørking. Saltfisken fikk redusert vanninnhold før tørking, og ved å sammenligne rød og blå kurve (Figur 9) ser man at denne letningen før tørketunnelen opprettholdes de første 2 døgnene. Grønn kurve viser at vognen tørker mer langsomt enn blå vogn de to første døgnene, noe som skyldes at denne vognen hadde blitt plassert lengre bak i tunnelen, mens rød og blå vogn sto fremst i tunnelen og opplevde noe lavere fuktighet i tørkeluften.

Det blir derfor vanskelig å bestemme om det er fordel med 2 eller 3 døgn innledende tørking før mellomlagring, men tidligere resultater har vist at det er tilstrekkelig med 2 døgn spesielt for små og medium stor fisk. Man kan vurdere 3 døgn for stor torsk.

Sammenligner man tørking med og uten mellomlagring (rød og blå kurve), så er konklusjonen klar på at man selv for medium sei sparer ett døgn i tørken. Dette gjør at man ved kontinuerlig drift kan øke kapasiteten på sei med 33 % uten å øke totalt energiforbruk. Forbruk av kWh per tonn produsert vil reduseres tilsvarende.

Tørkeforløp på samme størrelse torsk er vist i Figur 10 under.



Figur 10: Vanninnhold i torsk under tørking med og uten mellomlagring.

Saltfisk av torsk hadde samme startvanninnhold som sei, 58 %. Rød kurve i Figur 10 viser vasket torsk som ble satt rett i tørken og tørket helt tørr uten mellomlagring. Tørketiden til 47 % var 5 døgn, ett døgn lengre enn for sei.

Saltfisk av torsk blir som nevnt vasket før tørking. Grønn kurve viser at vognen som ble satt til avrenning og temperering over natt hadde fått et startvanninnhold nesten 1 % lavere, som er 10 % av vannet som skal fjernes. Sammenligner man rød og grønn kurve, ser man at denne letningen har fordel videre i tørkeprosessen.

Tørking av vognen som vises av blå kurve har innledningsvis mye høyere avfukking. Dette skyldes at denne vognen ble satt på tørr side av tunnelen, mens grønn og rød vogn ble satt på våt side og opplever dermed ulik fuktighet i tørkeluften. Det var ingen synlig effekt og mellomlagre i 3 kontra 2 døgn, her for medium fisk. Dette er også vist i tidligere forsøk.

Ved å sammenligne rød og grønn kurve (med og uten mellomlagring), ser man at det for torsk er enda større fordel å sette vognene til avrenning og samtidig utføre mellomlagring. I stedet for 5 døgn i tunnelene, trengs

kun 3 døgn for å komme ned til 47 % vanninnhold. Dette gir en kapasitetsøkning i tunnelen på 66 % uten økt total energiforbruk. Også kWh pr tonn produsert tilsvarende redusert.

For å kunne gjennomføre avrenning før tørking og mellomlagring, må egnede lokaler benyttes. Dette kan for enkelte produsenter være en utfordring. Dette er også noe Senjahopen må vurdere i fremtiden, da lokaler i perioder blir benyttet til annen produksjon. Bedriften har bygd mesanintak over pakkehallen, noe som har gitt betydelig økt areal på tørr side. Ved økt bruk av mellomlagring kan bedriften likevel få utfordring med nok areal utenfor tunnelen, og god planlegging vil være sentralt.

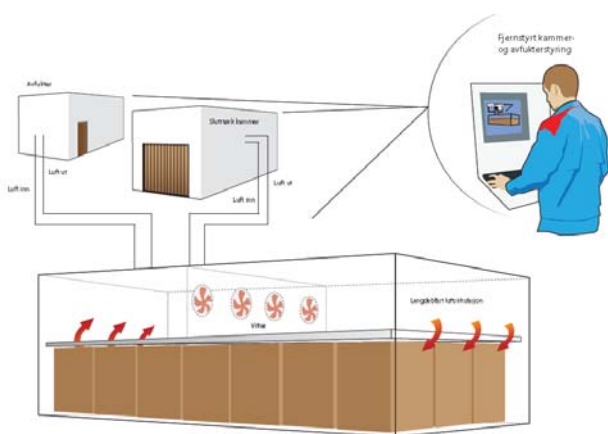
Ved produksjon i langblåste tunneler, vil mellomlagring føre til mer flytting av vogner. I perioder der det er ønskelig med maksimal kapasitet på tunnelene, er dette ekstra-arbeidet likevel en fordel å gjennomføre.

8 Utnyttelse av overskuddsvarme

Kompressorvarmen fra den ene tunnelen utnyttes i dag til pelagisk produksjon. Det er derimot mye overskuddsvarme igjen som blir dumpet over tak. Ved full drift i begge tunnelene er effektforbruket 240 kW. I teorien er tørkeprosessen en lukket krets, der overskuddsvarmen blir akkumulert og må fjernes via hjelpkondensatorer. Det er derimot en del varmelekkasjer både fra maskinrom og tunneler. Det er ofte enklest å utnytte varmen fra oljekjøleren, samt hetgassen fra kompressoren pga. at denne har høy temperatur.

Det som derimot er spesielt med klippfiskproduksjon (eller lavtemperatur tørking generelt) er at man kan utnytte kondensasjonsvarmen direkte ved å varme opp uteluft som kan benyttes til mellomlagring og slutt-tørking av klippfisk. Dette i stedet for å dumpe denne varmen over tak. Dette kan gjøres ved at en hjelpkondensator settes i luftstrømmen av uteluft som suges inn og blåses inn i lageret. Uteluften blir da oppvarmet til riktig temperatur, samtidig som fuktigheten i luften går ned og gir et godt tørkepotensial. Man må benytte uteluft, og man kan ikke sirkulere luften inne i lageret gjennom hjelpkondensatoren da man vil få akkumulering av varme og fuktighet i lageret. Man må samtidig installere avtrekk som suger den fuktige luften ut av lageret. Prinsipløsning er vist i Figur 11, og potensialet er å utnytte mange 10-talls kW kontinuerlig.

For bedriften kan arealet på mesanin-taket være spesielt egnet for denne løsningen, ikke minst pga. at det her ble målt relativt høy fuktighet. Har man areal og samtidig løsning for oppvarming av uteluft med overskuddsvarme, kan man ta ut fisk fra tunnelen 1-2 døgn før den er helt tørr for så å sluttørke denne utenfor tunnelen i 2-3 døgn. Dette gjør at man øker kapasiteten i tunnelen ytterligere. Dette er spesielt egnet for fisk som i tunnel har en tørketid på over 5 dager. For mindre fisk som tørker relativt raskt, kan det virke som om både avrenning, mellomlagring og sluttørking i eget lager blir hektisk, selv om det i prinsippet vil være en fordel. Ved å benytte slutt-tørking i egen lager på torsk som har tørketid på 7 døgn, vil man kunne øke kapasiteten med 15 %. Dette i tillegg til kapasitetsøkningen pga. mellomlagring som ligger i størrelsesorden 30-40 %.



Figur 11: Prinsippkisse av sluttørking i eget lager, der overskuddsvarmen utnyttes til sluttørking. (Foto: Alfson & Gunderson)

9 Diskusjon og vurdering

Etter forsøksperioden i 2012 har bedriften gjennomført en del driftstiltak. Målet med nye målinger var å verifisere utbedringer. Dette har ført til høyere kapasitet og lavere spesifikt energibruk.

Under forsøksperioden var driften rimelig god, og det ble generelt kjørt med høy kapasitet. Dette gjenspeilte også effektforbruket som i snitt lå rundt 200 kWh per tonn produsert klippfisk, betydelig lavere enn tidligere målt. Det ble kjørt både ryggsei, sei og torsk med ulike størrelser, noe som gjør det vanskelig å drifte helt optimalt, men dette er noen man i perioder må gjøre industrielt. Ved kontinuerlig drift i begge tunnelene ligger effektforbruket på 240 kW, dvs. 5700 kWh pr døgn.

Luften inn på tunnelen ligger jevnt på 22 °C og 40 % relativ fuktighet, noe som er bra. Oppfuktingen gjennom tunnelen er relativt god, men luften utnyttes maksimalt kun rett etter innsats av våt saltfisk. Det er rikelig med luft gjennom tørkene, og det må derfor vurderes om det bør installeres frekvensomformer på viftene, eller en løsning for utkobling av en vifte i perioder. Bedriften bør investere i utstyr for kontinuerlig logging av temperatur og relativ fuktighet inn og ut av tunnelene, da dette er helt sentralt for god styring av tørkene. Dette kan gjøres rimelig. Tverrsnittet i tunnelen er godt dekket med vogner helt opp mot taket, noe som gir lite falskluft. Det bør være fokus på å ha portene stengt så mye som mulig under drift, da åpne porter reduserer tørkingen.

Spesielt for torsk (men også for ikke vasket sei) er det viktig med avrenning og temperering av vognene før de settes inn i tunnelen, noe som gjøres i dag. Man sparer et halvt døgn (og mer for stor fisk) i tunnel ved å la vognene stå over natt før tørking pga. mindre belastning på tunnelene.

Etter 2-3 døgn (avhengig av størrelse) er det en stor fordel å ta vognene ut av tunnelene for å la de utjevne seg i 2 døgn. Dette reduserer tørketiden i tunnelen betydelig, og frigjør kapasitet. Denne mellomlagringen gav hhv. 33 og 66 % kapasitetsøkning ved tørking av hhv. 2 kg sei og torsk. Tilsvarende reduksjon vil være for effektforbruk pr tonn klippfisk. Bedriften mellomlagrer i dag kun stor torsk, men ved også å utføre dette på mellomstor fisk, har bedriften betydelig potensial for økt kapasitet.

Det er bygd mesanin-tak over pakkehallen som har økt areal på tørr side betraktelig. Dette arealet benyttes også til etter-tørking, og overskuddsvarmen fra varmepumpene kan utnyttes til å varme uteluft som så blåses gjennom vognene på mesanintaket. Dette vil gi en svært god arena for mellomlagring og eventuelt slutt-tørking. Høyt bruk av både mellomlagring og slutt-tørking vil imidlertid kunne kreve enda større arealer på tørr-siden, spesielt i perioder med samtidig høy produksjon av ryggsei som tar stor plass.

Ved slutt-tørking på mesanin-taket kunne øke kapasiteten ytterligere 15 % ved å ta ut produktet fra tunnelene ett døgn tidligere enn vanlig, noe som spesielt er gunstig for noe større fisk.

Bedriften har utført tiltak, men har ytterligere potensiale. Det er antatt at de nevnte tiltakene vil redusere gjennomsnittlig oppholdstid i tørken med minst 2 døgn, sannsynligvis over 3 døgn. Det er ikke forventet at effektforbruket vil øke spesielt pga. av dette, og energiforbruket vil i snitt gå ned mot 100-150 kWh pr tonn klippfisk. Samtidig vil kapasiteten på tunnelene øke med over 30 %.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no