

Forutsetninger for optimalisering av systemer for transport av levende fisk i brønnbåt

Av Trond Rosten

Trond Rosten er forskningsleder ved Norsk Institutt for Vannforskning.

Sammendrag

Transport av levende fisk i brønnbåt har blitt en viktig og stor tjeneste innen oppdrett av laksefisk. Den norske brønnbåt flåten er anslått til ca 140 båter. Båtene er svært ulike, både hva gjelder alder, utstyr, størrelse og brønnvolum. Kompleksiteten i transportoperasjonen har vært lite kjent, men det begynner nå å komme relevante forskningsresultater som kan benyttes for optimalisering av nye båter. En transport som både skal ivareta fiskens velferd, og oppdretterens og kundens krav til kvalitet, krever teknologi og kompetanse på en rekke felter. I denne artikkelen henvises det til aktuelle forskningsresultater og samtidig foreslås det en tolv punkts liste over faktorer som kan bidra til ytterligere forbedring.

Summary

Transport of live fish in well-boat systems has become an important service in the business of salmonid farming. The

Norwegian fish carrier fleet is estimated at approximately 140 vessels. They are of very different age, technology, size, and well volume. The complexity of the transport operation for live fish has been little known, but relevant research results are now starting to come and can be used for the design of new boats. A transport both to safeguard the welfare of the fish and the customer's requirements for quality requires technology and expertise in a variety of fields. In this article we address relevant research and propose a twelve-point list of factors that we believe can contribute to further improvement of live fish transport operations.

Innledning

Transport av levende fisk i brønnbåt har blitt en viktig og stor tjeneste innen oppdrett av atlantisk laks (*Salmo salar* L) og regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) i

Norge, Skottland, Canada og Chile. Den norske brønnbåtflåten er anslått til ca 140 båter. Båtene er svært ulike både hva gjelder alder, utstyr, størrelse og brønnvolum (Rosten, 1998). Om lag 82 av disse båtene var godkjent av Mattilsynet for transport av levende fisk. De første norske brønnbåtene var fiskebåter brukt til transport av levende sei (*Pollachius virens*) og atlantisk torsk (*Gadus morhua*) på 50- og 60-tallet. I 70-årene ble det vanlig å benytte disse båtene for transport av oppdrettet laksefisk. Tabell 1 viser antall og størrelse (brønnkapasitet) i den norske flåten opp til år 2010. En stor andel av flåten ble bygget i

årene mellom 1995 og 2000, men 11 nye båter kom til i perioden 2000 til 2005. Omtrent ti større fartøyer med brønnvolum fra 499 - 2043 m³ er blitt bygget de seneste fem årene, og fem til var kontrahert for levering i 2010. (Bjørn Atle Krohn Johansen, Shipping publikasjoner, pers. komm.) Inkludert disse nye båtene har Norge en samlet brønnbåtkapasitet på ca 55 000 m³. På 90-tallet utviklet ”Brønnbåteiernes forening” i Norge egne systemer for kvalitetssikring av tjenesten (Rosten and Maroni, 1996), hvor blant annet betydningen av god planlegging, overvåking og smitteforebyggende tiltak ble adressert.

Brønnkapasitet	Antall båter	% av flåten	Total kapasitet	% av kapasiteten
1300-2250	2	1,6	4 284	12,5
1000-1300	7	5,4	8 106	23,6
500-1000	7	5,4	4 889	14,2
400-500	6	4,7	2 740	8,0
300-400	15	11,6	5 020	14,6
200-300	19	14,7	4 247	12,4
100-200	29	55,5	4 252	12,4
50-100	8	6,2	571	1,7
<50	7	5,4	263	0,8
Ingen data	29	22,5	0	0,0
Total	136	100	34 372	100

Tabell 1. Oversikt over den norske brønnbåtflåten.

Den tekniske standarden på skipene varierer, og dette vil bidra til ulik risiko under transport av fisk. Spesielt gjelder dette for transport på av fisk i lukket system. Det er kjent at transportprosessen for fisk kan være utfordrende særlig i de tilfeller man ønsker å utføre transporten med lukket system (Hjeltnes et al., 2008;

Nomura et al., 2009; Rosten, 2006). Lukket system vil si å gjennomføre transporten uten fornying av vannet. Det er særlig karbondioksyd (CO₂) (Tang et al., 2009) og ammoniakk (NH₃) (Grottum et al., 1997) som kan være problematisk på grunn av stoffenes giftighet for fisk.

Kilden til CO₂ og NH₃ er fiskens egen

metabolisme. Den er avhengig av en rekke faktorer som for eksempel foringsstatus (Forsberg, 1997) og sultetid før transport (Hjeltnes et al., 2008), svømme-hastighet, kroppsstørrelse og vanntemperatur (Grottum and Sigholt, 1998). Akkumulering av disse metabolske stoffene i transportvannet kan motvirkes ved å sørge for vanngjennomstrømming og lufting. Effekten av lufting for fjerning av CO_2 i vann begrenses av virkningsgraden på luftenheten og mengde vann som pumpes gjennom vannbehandlingen. Dette er beskrevet som lov om massebalanse, omtalt av blant annet Timmons et al., (2002). Det er laget beregningsmodeller som viser sammenhenger mellom pH- og CO_2 -mengde i transportvannet, (Tang et al., 2009) og maksimal transporttid i forhold til biomasse, fiskestørrelse og luftekapasitet (Rosten et al., 2009).

Ammoniakk er særdeles giftig for laks selv i lave doser (Knoph, 1996; Knoph and Masoval, 1996; Knoph and Thorud, 1996; Knoph, 1992, 1995; Knoph and Olsen, 1994). Det er svært vanskelig å fjerne ammoniakk fra transportvannet. Fra akvarieteknologi har man forsøkt med ionebytteren Zeolitt, men denne fungerer kun i ferskvann, er kostnads-krevende og må lades på nytt i sjøvann etter bruk. I praksis er ikke dette en aktuell teknologi for ammoniakkfjerning i brønnbåtvann.

Ammoniakk antar ionisk form (NH_4^+) når pH er lav. NH_4^+ er et større molekyl enn NH_3 og kan ikke passere gjellemembranen like enkelt. Det er også mye mindre giftig enn gassformen ammoniakk

(NH_3) som det forefinnes mer av når pH er høy. Fra transportforsøk har man vist at akkumulering av CO_2 i vannet fører til at pH faller. Dette tvinger ammoniakk over på den mindre giftige ioniske formen (NH_4^+) og en beskyttelse oppnåes (Grottum et al., 1997). Brå økning i pH i et transportvann med mye totalammonium (TAN) kan føre til et skift mot ammoniakk og akutt fiskedød. Dette er beskrevet av Hjeltnes et al., (2008). Anbefalte maksimalverdier for CO_2 under transport av laksefisk er 10 mmHg eller 25 mg l^{-1} ved 10 grader (Tang et al., 2009). Grenseverdier for TAN er vanskeligere å sette, men ligger i området 2-5 mg l^{-1} (Hjeltnes et al., 2008). Giftvirkning av ammoniakkeforbindelser blir større på lave oksygenverdier (Alabaster et al., 1979). Dette er også beskrevet som praktiske erfaringer i Hjeltnes et al., (2008).

Mange forventer at stress er forbundet med selve transportsituasjonen til slakteriet. Forskning på fisk derimot, viser at det er særlig laste- og losseprosessen som tømmer energilager og generer stressresponser hos fisken (Erikson et al., 1997; Erikson et al., 1998). Under selve transporten, roer normalt fisken seg ned (Farrell, 2006) og gjenoppretter energilagrene (Erikson et al., 1998). Det kan imidlertid også oppstå forhold som stresser fisken under selve transporten. Dårlig vær med mye motsjø kan gi mindre fremdrift og redusert vannutskifting for en brønnbåt med åpne ventiler. Fra arbeidet med kvalitetssikring av brønnbåter har det også fremkommet at dårlig vær med mye sjøgang, kan medføre skjelltap og stresset fisk (Rosten and

Maroni, 1996). Redusert vannutskifting medfører mindre tilførsel av naturlig oksygen og dette må kompenseres med tilsats av ekstra oksygen. Optimalt oksygen nivå for laksefisk er omtalt av Rosten (2009). Kort oppsummert kan man si at det er viktig å unngå for høye (hyperoksi) og for lave (hypoksi) oksygen-nivå. Normalt sett anbefaler man 100 % metning som det optimale for fisken i oppdretts- og transportsituasjoner (Rosten, 2009).

Et annet forhold som bør vektlegges er fiskens adferd i brønnen. Fisk viser et sett med reflekser og disse kan ofte være et tegn på dårlig velferd og stress. Eksempler på slike reflekser er kroppsorientering, hosting, gjellelokkbevegelser (Davis, 2010). En brønnbåt med mye ut-

styr og hjelpemotorer vil nødvendigvis generere en del støy som forplanter seg i brønnvannet. Fisk synes å roe seg i løpet av transporten (Farrell, 2006), men betydning av optimalisering av støy for fisk i transport er lite undersøkt.

Tiltak for å optimalisere transportsituasjonen

Ut fra tilgjengelig vitenskapelig dokumentasjon, empiriske data og erfaringer fra praktiske transportsituasjoner har vi laget en 12 punkts liste, tabell 2, over momenter som vil være med å optimalisere transportsituasjonen. Listen er ikke altomfattende og det kan være andre forhold av betydning som ikke er omtalt her.

Nr	Moment	Risiko	Referanser	Kommentar
1	Tilstrekkelig sulting av fisk før transport for å redusere metabolisme og utskilling av CO ₂ og TAN.	Høye nivå av CO ₂ og TAN er giftig for fisk	(Hjeltnes et al., 2008)	Mulig å oppnå opp mot 90 % reduksjon i nitrogen utskillelse etter 3-4 dager sulting.
2	Minst mulig stress ved innlasting av fisk.	Trengning og/eller innlating av fisk gir stressrespons	(Erikson et al., 1997) (Iversen et al., 1998)	Viktig med lasteløsninger som er raske og hvor fisken går i vann hele tiden.
3	Utlufting av CO ₂ ved transport i lukket system.	CO ₂ forstyrrer fiskens syrebase-balanse og respirasjon	(Hjeltnes et al., 2008)	Akkumulering av CO ₂ gir redusert pH i brønn og beskyttelse mot ammoniakk (Grottum et al., 1997). Det er likevel formålstjenlig å ha luftesystemer da dette motvirker for høye CO ₂ -verdier.

Nr	Moment	Risiko	Referanser	Kommentar
4	Redusere svømmehastighet i brønn for å redusere metabolisme og utskilling av CO ₂ og TAN i lukket system.	Høye nivå av CO ₂ og TAN er giftig for fisk	(Grottum and Sigholt, 1998; Hjeltnes et al., 2008)	Viktig med gunstig utforming av vannsirkulasjonssystem.
5	Redusere vann-temperatur i brønn for å redusere metabolisme og utskilling av CO ₂ og TAN i lukket system.	Høye nivå av CO ₂ og TAN er giftig for fisk	(Grottum and Sigholt, 1998; Hjeltnes et al., 2008)	Krever at RSW kjøle-system for brønnvannet er etablert om bord.
6	Overvåking av vannkvalitet	Manglende oversikt over forhold i brønnen som kan påvirke fisken	(Hjeltnes et al., 2008)	I en moderne brønnbåt bør man forvente systemer for overvåking av temperatur, oksygen, pH, CO ₂ , salinitet og eventuelt vannhastighet.
7	Overvåking av fiskeadferd	Manglende oversikt over fiskens reflekser, som ofte gir et godt bilde på stress og/eller miljøtilstand i brønnen	(Davis, 2010; Hjeltnes et al., 2008)	I en moderne brønnbåt forventer man bruk av undervannskamera (flere) for å fange opp tegn på endringer i fiskens tilstand.
8	Sikre vannutskifting	Tap av vann-utskiftingsrate ved lav fremdrift på båten	(Hjeltnes et al., 2008)	Må normalt sett kompenseres ved pumper og okygensystemer.
9	Unngå slingring	Skade på fisken pga skjelltap		Lite undersøkt, men rapportert fra næringen.
10	Oksygenering	Lave oksygen-verdier er direkte dødelig. For høye verdier gir oksydativt stress og redusert helse	(Rosten, 2009)	Må unngå både for lave og for høye verdier (Rosten, 2009).

Nr	Moment	Risiko	Referanser	Kommentar
11	Nitrogenovermetning	Kan oppstå ved fylling av brønn.	Se Rosten, T i (Bjerknes, 2007)	Unngå innsug av luft i sirkulasjons- og brønn-systemer. Utlufting av systemer før inntak av fisk.
12	Minst mulig stress ved lossing av fisk	Stress ved lossing gir tap av velferd og kjøttkvalitet	(Hjeltnes et al., 2008)	Systemer som kan losse fisk med tilnærmet full vannsøyle er å foretrekke fremfor nedtapping og trengning.

Tabell 2. Tiltak for å optimalisere transportsituasjonen.

Konklusjon

Transport av levende fisk i brønnbåt har blitt en stor og viktig næring Norge. Kompleksiteten i operasjonen har vært lite kjent, men det begynner nå å komme relevante forskningsresultater som kan benyttes i forbindelse med design av et transportsystem. En transport som både skal ivareta fiskens velferd og oppdretters og kundens krav til kvalitet, krever teknologi og kompetanse på en rekke felter. De vannkjemiske utfordringene som oppstår ved lukking av brønn setter høye krav til operatørens forståelse av sammenhengene innen vannkvalitet og fisken fysiologi. Et transportsystem som ivaretar vår tolv punkts liste, tabell 2, mener vi har større sjanse for å lykkes.

Referanser

Alabaster, J., Shurben, D., Knowles, G., 1979. Effect of dissolved-oxygen and salinity on the toxicity of ammonia to smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L). J FISH BIOL, pp 705-712.

Bjerknes, V., 2007. Vannkvalitet og smoltproduksjon. Juul forlag, 240 pp.

Davis, M., 2010. Fish stress and mortality can be predicted using reflex impairment. FISH FISH 11, 1-11.

Erikson, U., Sigholt, T., Seland, A., 1997. Handling stress and water quality during live transportation and slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). AQUACULTURE 149, 243-252.

Erikson, U., Sverdrup, A., Steen J.E., Rosten, T., 1998. Hyperoxia during transport of adult Atlantic salmon (*Salmo salar* L) - impact on meat quality (in Norwegian). Sluttrapport NFR 119617/121. KPMG, Trondheim.

Farrell, A., 2006. Bulk oxygen uptake measured with over 60,000 kg of adult salmon during live-haul transportation at sea. AQUACULTURE 254, 646-652.

- Forsberg, O.I., 1997. The impact of varying feeding regimes on oxygen consumption and excretion of carbon dioxide and nitrogen in post-smelt Atlantic salmon *Salmo salar* L. *AQUAC RES* 28, 29-41.
- Grottum, J., Staurnes, M., Sigholt, T., 1997. Effect of oxygenation, aeration and pH control on water quality and survival of turbot, *Scophthalmus maximus* (L), kept at high densities during transport. *AQUAC RES* 28, 159-164.
- Grottum, J.A., Sigholt, T., 1998. A model for oxygen consumption of Atlantic salmon (*Salmo salar*) based on measurements of individual fish in a tunnel respirometer. *AQUACULT ENG* 17, 241-251.
- Hjeltnes, B., Waagbø, R., Finstad, B., Rosseland, B.O., Rosten, T.R., Stefansson, S., 2008. Transportation of fish within a closed system. Norwegian Scientific Committee for Food Safety, pp. 63.
- Iversen, M., Finstad, B., Nilssen, K., 1998. Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *AQUACULTURE* 168, 387-394.
- Knoph, M., 1996. Gill ventilation frequency and mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L) exposed to high ammonia levels in seawater. *WATER RES* 30, 837-842.
- Knoph, M., Masoval, K., 1996. Plasma ammonia and urea levels in Atlantic salmon farmed in sea water. *J FISH BIOL* 49, 165-168.
- Knoph, M., Thorud, K., 1996. Toxicity of ammonia to Atlantic salmon (*Salmo salar* L) in seawater - Effects on plasma osmolality, ion, ammonia, urea and glucose levels and hematologic parameters. *COMPARATIVE BIOCHEMISTRY AND PHYSIOLOGY A-PHYSIOLOGY* 113, 375-381.
- Knoph, M.B., 1992. ACUTE TOXICITY OF AMMONIA TO ATLANTIC SALMON (*SALMO-SALAR*) PARR. *COMP BIOCHEM PHYS C* 101, 275-282.
- Knoph, M.B., 1995. EFFECTS OF METOMIDATE ANESTHESIA OR TRANSFER TO PURE SEA-WATER ON PLASMA PARAMETERS IN AMMONIA-EXPOSED ATLANTIC SALMON (*SALMO-SALAR* L) IN SEA-WATER. *FISH PHYSIOL BIOCHEM* 14, 103-109.
- Knoph, M.B., Olsen, Y.A., 1994. SUBACUTE TOXICITY OF AMMONIA TO ATLANTIC SALMON (*SALMO-SALAR* L) IN SEAWATER - EFFECTS ON WATER AND SALT BALANCE, PLASMA-CORTISOL AND PLASMA AMMONIA LEVELS. *AQUAT TOXICOL* 30, 295-310.
- Nomura, M., Sloman, K., von Keyserlingk, M., Farrell, A., 2009. Physiology and behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts during commercial land and sea transport. *PHYSIOL BEHAV* 96, 233-243.

- Rosten, T., 2009. Oxygen in water - what is favorable for the fish? (In Norwegian, English summary). VANN 44 nr 4, pp 367-374.
- Rosten, T.W., 1998. The welboat business (In Norwegian). Norsk Fiskeoppdrett 23, pp 26-27.
- Rosten, T.W., 2006. Transport of smolts open- or closed hold (In Norwegian). Norsk Fiskeoppdrett 31, pp 50-51.
- Rosten, T.W., Maroni, K., 1996. Quality Assurance of live fish transport with wellboats (In Norwegian). Norsk Fiskeoppdrett 21, pp 48-49.
- Rosten, T.W., Urke, H.A., Kristensen, T., 2009. Transport of smolt or fry in closed-hold system (In Norwegian). In: NIVA (Ed.), Fagseminar under AquaNor 2009, Trondheim.
- Tang, S., Thorarensen, H., Brauner, C., Wood, C., Farrell, A., 2009. Modeling the accumulation of CO₂ during high density, re-circulating transport of adult Atlantic salmon, *Salmo salar*, from observations aboard a sea-going commercial live-haul vessel. AQUACULTURE 296, 102-109.
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T., Vinci, B.J., 2002. Recirculating Aquaculture Systems^{2nd Edition}. NRAC Publication, pp 89-116 pp.