

# Hermun kæliferla – bætt hitastýring vinnslu- og flutningaferla



**Björn Margeirsson lauk B.Sc. prófi í vélaverkfræði frá Háskóla Íslands árið 2003. Meistaránám hóf hann árið 2005 við Chalmers University of Technology í Gautaborg og útskrifaðist þaðan með M.Sc. gráðu 2007. Starfaði hjá Almennu verkfræðistofunni með hléum frá 2000 – 2005 og starfar nú sem sérfræðingur á sviðinu Virðiskeðjan hjá Matís ohf. samhlíða doktorsnámi í vélaverkfræði við Háskóla Íslands.**

## Inngangur

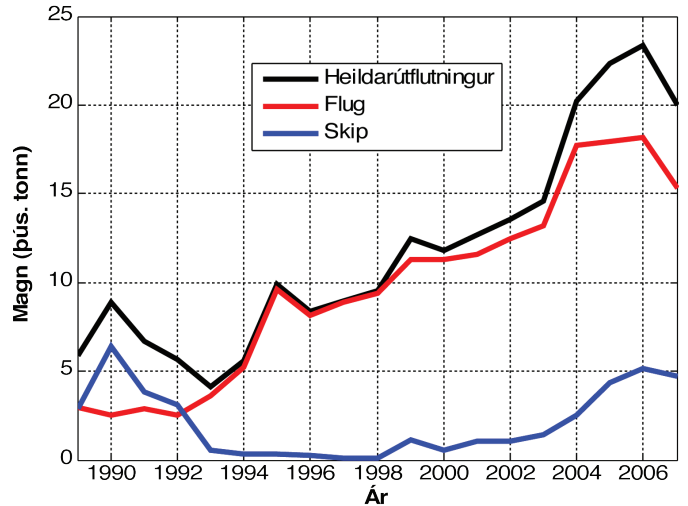
Markmið doktorsverkefnis míns, sem í daglegu tali er kallað Hermun kæliferla, er að endurbæta verklag og búnað tengdum vinnslu- og flutningi á sjávarafurðum með ferlagreiningu, tilraunum og tölvuvæddum varma- og straumfræðilíkönum (CFD líkönum). Verkefnið er unnið í samvinnu við Promens Tempra, Eimskip og sjávarútvegsfyrirtækin Samherja, Brim og Festi og styrkt af AVS rannsóknasjóði í sjávarútvegi, Tækniþróunarsjóði Rannís og Rannsóknasjóði HÍ. Sérstök áhersla er lögð á þróun nýrra pakkninga fyrir ferskar fiskafurðir enda er hitastig í vinnslu- og flutningaferlum ferskra sjávarafurða sú breyta, sem hefur mest áhrif á val á pakkningum og um leið áhrif á geymsluþol. Því er til mikils að vinna með því að bæta hitastýringu í áðurnefndum ferlum. Síðastliðna tvo áratugi hefur magn útfluttra ferskafiskafurða aukist umtalsvert (sjá mynd 1) og er þar einkum um að ræða aukningu í svk. „flugfiski“, þ.e. ferskum flökum eða fiskbitum (hnakkastykkjum), sem flutt eru með flugi. Vegna framfara í forkælingu ferskra fiskafurða fyrir flutning hefur

rannsóknarfyrirtækjum í fiskiðnaði á borð við Matís í samstarfi við framleiðendur tekist að auka geymsluþol afurðanna og auka þannig möguleika á skipaflutningum til evrópskra markaða. Hið takmarkaða geymsluþol hefur nefnilega hingað til verið ástæða þess að hraðari flutningsmátinn, flugið, hefur haft örugga yfirhönd yfir skipaflutningunum þrátt fyrir að um u.þ.b. 2–3 x dýrari flutningsmáta sé að ræða. Vegna efnahagskreppunnar gætu hagrænar ástæður og umhverfisverndarsjónarmið enn frekar sett strik í reikninginn og aukið hlut skipaflutninga í heildarútflutningi ferskra sjávarafurða í framtíðinni. Þess má geta að árlegt útflutningsverðmæti áðurnefndra ferskafiskafurða var um og yfir 15 milljarðar króna árið 2006 og 2007 má því ljóst vera að töluverðir hagsmunir eru í húfi.

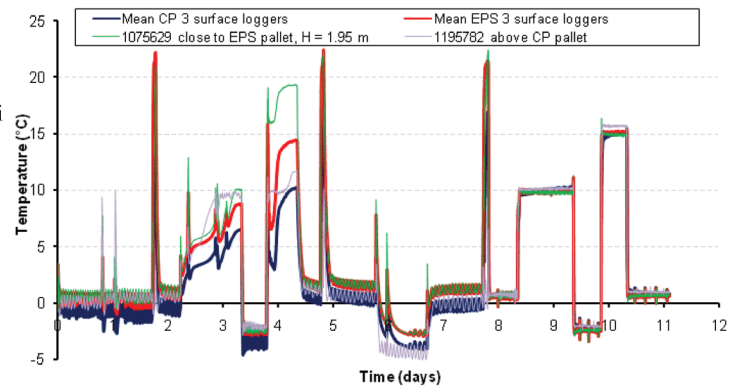
Doktorsnámið hóf ég í janúar 2008 og hafa niðurstöður verkefnisins þegar leitt í ljós þörf fyrir bætt hitastýringu í flutningaferlum fyrir ferskafiskafurðir, einkum þó í tilfelli flugflutninga. Því til staðfestingar er 11.0 °C meðalhiti, sem mældist sl. sumar umhverfis fiskikassa á bretti í flutningi frá framleiðanda á Íslandi til kaupanda á Englandi. Taka ber fram að flutningurinn átti sér stað í óvenju heitum júlímánuði en flutningaferlið spannaði u.þ.b. 43 klst. Ljóst er að verulega reynir á einangrunargildi pakkninga í tilfellum sem þessum og því var ákveðið að beina sjónum að samannburði á einangrunargildi mismunandi pakkninga í sex sambærilegum tilraunum á haustmánuðum 2008. Þessar tilraunir leggja, ásamt varmaflutningslíkanagerð með varma- og straumfræðihugbúnaðinum Fluent (www.fluent.com), grunn að endurbættum pakkningalausnum, sem þróaðar verða í framhaldinu. Hugmyndin er að veita lesandanum innsýn í tvær af þessum samannburðartilraunum. Sambærilegar, en ekki jafn viðamiklar, mælingar hafa leitt í ljós að einangrunargildi frauðplastkassa er betra en bylgjuplastkassa.

## Tilraunauppsetning

Tilgangur tilraunanna var tvíþættur:  
- bera saman einangrunargildi tvenns konar pakkninga fyrir



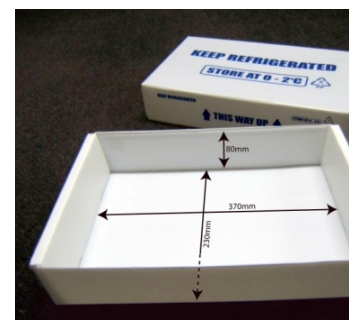
Mynd 1: Útflutningur ferskra fiskafurða frá 1989 til 2007. (tölur fengnar frá Hagstofu Íslands)



Mynd 2: Umhverfishitaferill fyrir síðari tilraun með heil fiskibretti með 96 kassa.



Mynd 3: Hitasírta komið fyrir í EPS kassa með ýsuflokum.



Mynd 4: Bylgjuplastkassi (CP) fyrir fersk fiskflök.

ferskan fisk: frauðplastkassa (e. expanded polystyrene, EPS) og bylgjuplastkassa (e. corrugated plastic, CP)  
- þróa Fluent varmaflutningslíkön fyrir pakkaðar, ferskar fiskafurðir í breytilegum umhverfishita.

Niðurstöður hitakortlagningar þeirra kælikeðja, sem einna verst komu út, voru hafðar að leiðarljósi þegar umhverfishitaferill tilraunarinnar var ákvarðaður. Þannig var tryggt að hitaálagið var örugglega nægjanlegt til að koma auga á mun milli pakkinganna, væri hann einhver. Umhverfishitaferlana í síðari tilrauninni má sjá á mynd 2 og var hann sambærilegur í fyrri tilrauninni (sjá mynd 5). Í fyrri tilrauninni var hitasíritum komið fyrir í fjórum EPS kössum (mynd 3) og fjórum 3 kg CP kössum (mynd 4), 4 – 14 talsins í hverjum kassa. Kassarnir voru látnir standa á gólfi í hitastýrðum kælikefna og fylgst með umhverfishita með sjö hitasíritum, sem dreift var um klefann. Í síðari tilrauninni var fylgst með hitasveiflum með 24 CP kössum á einu bretti og 24 EPS kössum á sömu stöðum á öðru bretti. Heildarfjöldi kassa á hvoru bretti var 96 og fjöldi raða 12. Líkt og í fyrri tilrauninni var brettunum komið fyrir í kælikefna og fylgst með hitanum umhverfis brettin með 20 hitasíritum vítt og breitt um klefann. Ofan á efsta flak í tveimur

CP og tveimur EPS kössum var á fyrirfram ákveðnum tímasetningum komið fyrir 230 gramma kælimottum, sem innihéldu frosið vatn við  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (sjá tímasetningar á mynd 2). Þá voru einnig rannsökuð áhrif blásturs í kælikefna með því að hafa kveikt eða slökkt á viftu kælieiningarinnar í klefanum.

### Niðurstöður

Hitasveifur í fyrri tilrauninni má sjá á mynd 5, jafnt utan sem innan umbúða. Myndin sýnir meðalhita innan í hverri pakkingalausn (CP án kælimottu, CP með kælimottu, EPS án kælimottu og EPS með kælimottu) og loft-hitann til hliðsjónar. Augljóst er að frauðplastkassarnir verja vörunar betur fyrir hitasveiflum, eins er töluverðan mun að sjá eftir því hvort notaðar eru kælimottur eða ekki. Miðað við þessar niðurstöður veita frauðplastkassarnir það mikið betri varmaeinangrun að notkun kælimottu í bylgjuplastkassa nægir ekki til að vinna upp mismuninn á einangrun frauðplastkassa og bylgjuplastkassa. Þetta þýðir með öðrum orðum að út frá varmafræðilegu sjónarhorni eru frauðplastkassar mun hentugri en bylgjuplastkassar til notkunar fyrir mjög illa hitastýrða flutningaferla ferska fiskafurða.

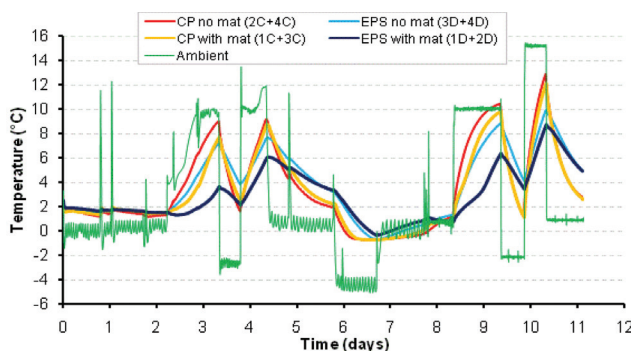
Síðari tilraunin með heilu fiskbrettin leiddi einnig í ljós að

bylgjuplastkassarnir eru viðkvæmari fyrir hitaálagi frá umhverfinu. Mynd 6 ber vitni um þetta en hún sýnir meðalhita innan í frauðplastkössunum og bylgjuplastkössunum með meðallofthitann til hliðsjónar. Vert er að vekja athygli á að hitaálagið hafði töluvert minni áhrif á heilu brettastæðurnar í heild sinni en stöku kassana í fyrri tilrauninni. Þetta má á einfaldan hátt skýra með þeirri staðreynd að kassar í jaðri brettastæðu virkuðu sem einangrun fyrir þá sem eru innarlega í stæðunni. Einnig ber að geta þess greinilega munar sem sést á milli hitasveiflna inni í kassagerðunum tveimur þegar vifta kælieiningar var í gangi frá og með tímanum 8.3 dagar. Á rúmlega einum sólarhring frá tímanum 8.3 dagar hækkaði meðalhitinn í CP kössunum úr  $0.3$  í  $4.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $3.9\text{ }^{\circ}\text{C}$  hækkan) í u.þ.b.  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  lofthita en einungis úr  $0.5$  í  $2.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$  hækkan) í EPS kössunum.

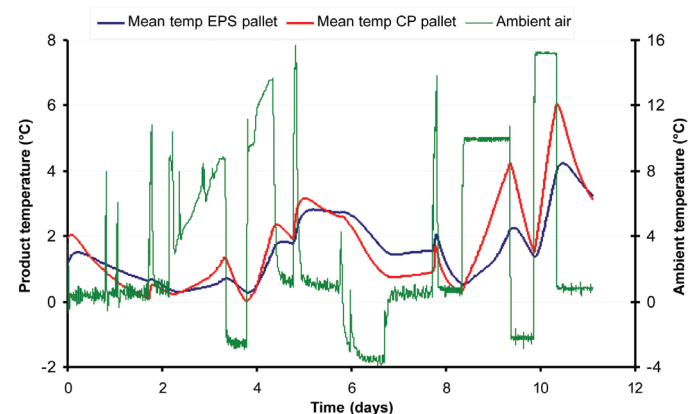
Mælingarnar í heilu brettastæðunum sýndu einnig að hitadreifingin í stæðunni var mjög óeinsleit í hitaálagi (allt að  $6-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ !), hitinn inni í kössum hækkar mun hraðar í botn- og toppröðum en í miðjuröðum og einnig mun hraðar utarlega en innarlega í stæðunum. Af framansögðu er ljóst að þegar hitastýringu í flutningaferlum ferskra sjávarafurða er verulega ábótavant þá eru frauðplastkassar

betur til þess fallnir að vinna gegn hitaálagi, sem afurðir verða fyrir. Flutningaferlin, sem bylgjuplastkassar henta betur fyrir, eru vel hitastýrðir ferlar. Eins er ljóst að þegar hitastig afurðar er óæskilega hátt eftir vinnslu, þegar þökkun á sér stað, (yfir  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) þá er of mikil einangrun umbúða óæskileg því þá er nauðsynlegt að hitalækkunin eigi sér stað í fyrstu hlutum flutningaferilsins. Þessar aðstæður ber þó að forðast því það ætti frekar að vera hlutverk árangursríkrar forkælingar í vinnslu fyrir þökkun að lækka hitastig vöru en ekki flutningaferilsins sjálfs.

Eftir stendur að leggja mat á hvor flutningsmátinn skilar vöru með lengra eftirstandandi geymsluþoli til kaupanda erlendis en sú vinna stendur yfir hjá Matis um þessar mundir.



Mynd 5: Hitastig innan í og umhverfis (ambient) staka kassa í fyrri tilrauninni. Hiti innan í kössum er meðalhiti tveggja sams konar pakkingalausna.



Mynd 6: Meðalhiti innan í 24 frauðplastkössum (EPS) í 96 kassa stafla, meðalhiti innan í 24 bylgjuplastkössum (CP) og meðallofthiti umhverfis kassana.