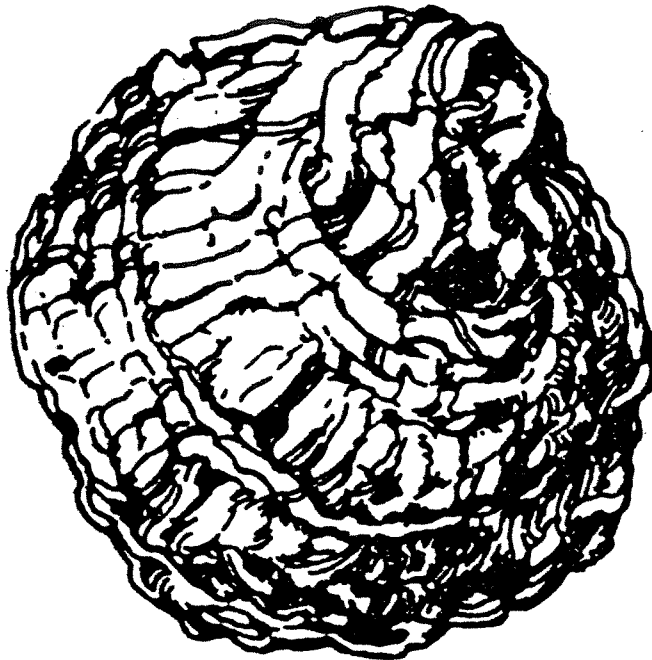


RAPPORT LNR 3693-97

Forsøk med lagring
av levende europeisk
flatøsters (*Ostrea edulis*)



Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 29 50 55 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Sandvikaveien 41 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Nordnesboder 5 5005 Bergen Telefon (47) 55 30 22 50 Telefax (47) 55 30 22 51	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

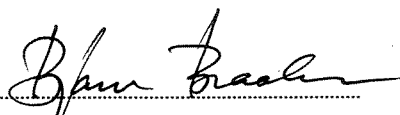
Tittel Forsøk med lagring av levende europeisk flatøsters (<i>Ostrea edulis</i>) Sluttrapport fra det brukerstyrte prosjektet: "Lagringsteknikk for levende skjell fra produsent til forbruker". Experiments with storage of living European flat oyster (<i>Ostrea edulis</i>).	Løpenr. (for bestilling) 3693-97	Dato 97.06.23
	Prosjektnr. Undernr. O-95148 E-96426	Sider Pris 36 + 2 bilag
Forfatter(e) Bomo, Anne-Marie, Inst. for tekn. fag Braaten, Bjørn Ratnaweera, Harsha Skogesal, Gunnar, Inst. for tekn. fag Stevik, Tor Kristian, Inst. for tekn. fag Robberstad, Sigvald, Sydnes Skjell & Fisk	Fagområde Akvakultur	Distribusjon
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norges forskningsråd. (Rapporten finnes også som ITF-rapport nr. 88/1997, ISSN-nr. 0805-7257).	Oppdragsreferanse
---	-------------------

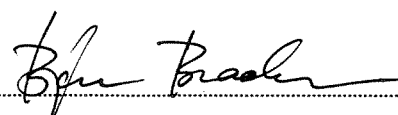
Sammendrag

I dette prosjektet er det utført forsøk med lagring av levende europeisk flatøsters (*Ostrea edulis*) i åpne anlegg (gjennomstrømningstanker) og lukkede anlegg (100% resirkuleringstanker). Tetthet og skjellenes plassering i lageranleggene og lagringstid er vurdert som viktige parametre som kan influere på skjellenes kvalitet. Til vurdering av skjellkvalitet er benyttet skjellenes bruttovekt i forhold til vekt av skjell-mat (fyllingsgrad), form på skjellmat og sensoriske parametre som lukt, søt- og saltsmak. Dødelighet er registrert, samt vannkvalitetens parametre som temperatur, salinitet, oksygen og pH. Lukt og fyllingsgrad ble noe dårligere når skjellene ble lagret ved høy tetthet, dvs. 200 skjell/kasser i både åpne og lukkede anlegg. Strømningshastighet synes ikke å påvirke skjellkvaliteten. Dødeligheten var høyest i kasser med høy lagringstetthet og større hos skjell lagret i midt- og toppkasser i forhold til bunnkasser. Lagringstid var den parameter som viste flest sammenhenger med endringer i skjellkvaliteten. Lukt hadde en sterk sammenheng med lagringstid og var uforandret for skjell i åpne anlegg, mens den ble forverret for skjell i lukkede anlegg. Antall døde skjell økte med tiden, noe som tyder på at skjellene hadde en øvre tids-toleransegrense for lagring. Lengste lagringstid var 93 dager hvorav 82 i åpent anlegg. Det var vanskeligere å opprettholde tilfredsstillende vannkvalitet over lengre tid i de lukkede anleggene.

Fire norske emneord 1. Skalldyr - østers 2. Lagring 3. Skalldyrkvalitet 4. Vannkvalitet	Fire engelske emneord 1. Shellfish - Oyster 2. Storage 3. Shellfish quality 4. Water quality
---	--


Prosjektleder (NIVA)

ISBN 82-577-3258-3


Forskningsjef (NIVA)

**Forsøk med lagring
av levende europeisk flatøsters
(*Ostrea edulis*)**

**Sluttrapport fra det brukerstyrte prosjektet:
"Lagringsteknikk for levende skjell
fra produsent til forbruker"**

**Experiments with storage of living European
flat oyster (*Ostrea edulis*)**

*Anne-Marie Bomo, Institutt for tekniske fag
Bjørn Braaten, Norsk institutt for vannforskning
Harsha Ratnaweera, Norsk institutt for vannforskning
Gunnar Skogesal, Institutt for tekniske fag
Tor Kristian Selvik, Institutt for tekniske fag
Sigvald Robberstad, Sydnes Skjell & Fisk*

Innholdsfortegnelse

FORORD

1 SAMMENDRAG.....	1
SUMMARY	1
2 BAKGRUNN	3
2.1 INNLEDNING	3
2.1.1 Regler for kvalitet.....	3
2.1.2 Rensemetoder for skjell	4
2.1.3 Miljømessige forutsetninger ved lagring	5
2.2 SYDNES SKJELL & FISK AS - MOTTAKSANLEGG FOR SKJELL	6
2.3 PROSJEKTET «LAGRINGSTEKNIKK FOR LEVENDE SKJELL FRA PRODUSENT TIL FORBRUKER»	6
3 TETTHETSFORSLØK MED OPPBEVARING AV <i>OSTREA EDULIS</i> I ÅPENT LAGERANLEGG	7
3.1 MATERIALE OG METODE.....	7
3.1.1 Materiale	7
3.1.2 Tekniske data - åpent lageranlegg, Sydnes Skjell & Fisk.....	7
3.1.3 Forsøksoppsett.....	9
3.1.4 Registreringer.....	10
3.1.5 Statistisk modell.....	11
3.2 RESULTATER OG DISKUSJON.....	11
4 FORSLØK MED TO VANNHASTIGHETER VED OPPBEVARING AV <i>OSTREA EDULIS</i> I ÅPENT LAGERANLEGG	16
4.1 MATERIALE OG METODE.....	16
4.1.1 Materiale	16
4.1.2 Tekniske data forsøksanlegg.....	16
4.1.3 Forsøksoppsett.....	17
4.1.4 Registreringer.....	17
4.1.5 Statistisk modell.....	17
4.2 RESULTATER OG DISKUSJON	18
5 TETTHETSFORSLØK MED OPPBEVARING AV <i>OSTREA EDULIS</i> I LUKKEDE LAGERANLEGG MED 100 % RESIRKULERING.....	20
5.1 MATERIALE OG METODE.....	20
5.1.1 Materiale	20
5.1.2 Tekniske data - lukkede anlegg.....	20
5.1.3 Forsøksoppsett.....	21
5.1.4 Registreringer.....	22
5.1.5 Statistisk modell.....	23
5.2 RESULTATER OG DISKUSJON	23
6 SAMMENFATTENDE DISKUSJON	28
6.1 TETTHET.....	28
6.2 PLASSERING.....	29
6.3 LAGRINGSTID	30
6.4 VANNGJENNOMSTRØMNING	31
6.5 BETYDNING AV VANNKVALITET	31
6.6 TEKNISK VURDERING AV ANLEGG	32
6.7 KORT SAMMENLIGNING AV ÅPNE OG LUKKEDE LAGERANLEGG	33
7 KONKLUSJON.....	33
8 FORSLØG TIL VIDERE ARBEID.....	34
9 REFERANSER.....	36

Forord

Prosjektet «Lagringsteknikk for levende skjell fra produsent til forbruker» er et brukerstyrt prosjekt, finansiert av Norges Forskningsråd, hvor Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) og Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag (ITF) har samarbeidet med fire bedrifter om utvikling av teknikker for levende lagring av skjell i tanker. Den foreliggende rapport omhandler både åpne anlegg (gjennomstrømningsanlegg) og lukkede anlegg (resirkuleringstanker).

Følgende bedrifter har vært med i prosjektet:

- Seafood AS v/ Lars Amundsen
- Sydnes Skjell & Fisk AS v/ Sigval Robberstad
- Naustvik Storkjøkken AS v/ Stein Naustvik
- Bagatelle AS v/ Eyvind Hellstrøm

Prosjektet har hatt følgende arbeidsfordeling:

Daglig leder i sjømatbedriften **Seafood AS**, Lars Amundsen var initiativtaker til prosjektet og er også oppført som prosjektets ansvarlige leder. Skjellmottaket **Sydnes Skjell & Fisk AS** har et fullskala anlegg for lagerforsøk i gjennomstrømmingstanker knyttet til den kommersielle delen av bedriften. Forsøksanlegget er utviklet av Institutt for tekniske fag, men Sydnes Skjell & Fisk stod for den praktiske gjennomføringen av forsøk i gjennomstrømmingstanker. Det innebar prøvetaking av vannkvalitet og oppsyn med skjellene. Sydnes sørget også for all leveranse av skjell til forsøkene. ITF v/ Gunnar Skogesal stod for prøvetaking av skjell ved innsatt og uttak i forsøksstankene. Restauranten **Bagatelle AS** var med i startfasen av prosjektet. Ved hjelp av kokk Eyvind Hellstrøm ble det utviklet et system for enkel kvalitetsgradering av skjellene i forsøket. Sjømatgrossisten **Naustvik Storkjøkken AS** sørget for resirkuleringstank til gjennomføring av forsøk i denne type anlegg. Naustvik stilte også forsøkslokaler til disposisjon. Arbeidet med oppbygging av resirkuleringstank og gjennomføring av forsøk hos Naustvik ble i praksis utført av NIVA. Tekniske komplikasjoner ved forsøkene hos Naustvik gjorde at resirkuleringsforsøk måtte gjentas. Nytt forsøk ble utført ved Institutt for tekniske fag. Instituttet stilte et eget utviklet akvarium til disposisjon til dette forsøket.

NIVA og ITF har hatt ansvar for skrivingen av den foreliggende rapport. Dette arbeidet har vært fordelt slik:

- Bakgrunn: NIVA v/ forskningssjef Bjørn Braaten
- Materiale og metode: ITF v/ forsker Gunnar Skogesal og forsker Anne-Marie Bomo
- Resultatbehandling: NIVA v/ forskningsleder Harsha Ratnaweera
- Diskusjon/konklusjon: ITF v/ forskerne Gunnar Skogesal og Anne-Marie Bomo i samråd med NIVA
- Sammenstilling av rapport: ITF v/ forsker Anne-Marie Bomo

Ås - NLH 23.06.97

Tor Kristian Stevik (sign.)
Prosjektleder, ITF

Anne-Marie Bomo
Anne-Marie Bomo
Forsker, ITF

1 Sammendrag

Norsk skjellnæring har et stort potensiale for vekst men mangler kunnskap om fysiske og kjemiske parametre ved innlagring av skjell og hvordan dette påvirker skjellkvaliteten. Skjellene må tilbys et miljø hvor vannkvalitet og teknisk utforming av lageranlegg sørger for at skjellenes kvalitet ivaretas gjennom hele fasen fra høsting til konsum. I dette prosjektet er det utført forsøk med lagring av levende europeisk flatøster (*Ostrea edulis*) i åpne anlegg (gjennomstrømningstanker) og lukkede anlegg (100 % resirkuleringstanker). I forsøkene er det tatt utgangspunkt i at tetthet er en kritisk faktor ved lagring. I tillegg er skjellenens plassering i lageranleggene og lagringstid vurdert som viktige parametre som kan influere på skjellenes kvalitet ved lagring. Det er også utført et strømningsforsøk i åpent anlegg. I dette forsøket er det prøvd to ulike strømningshastigheter for å se om dette innvirket på skjellkvaliteten. Vurdering av skjellkvalitet er gjort etter enkle fysiske kriterier som skjellenes bruttovekt i forhold til vekt av skjellmat (fyllingsgrad), form på skjellmat og sensoriske parametre som lukt, søt- og saltsmak. Dødelighet er registrert i tillegg til en nøye dokumentasjon av vannkvaliteten dvs. temperatur, salinitet, oksygen og pH.

Lukt og fyllingsgrad ble noe dårligere når skjellene ble lagret ved høy tetthet, dvs. 200 skjell/kasse. Dette gjaldt både åpne og lukkede anlegg. Høy strømningshastighet, 4 l/min, sammenlignet med lav strømningshastighet, 0,5 l/min, syntes ikke å påvirke skjellkvaliteten i noen retning. Det ble observert større dødelighet i kasser med høy lagringstetthet. Skjellene ble lagret i kassestabler i tre nivåer, bunn- midt- og toppkasser. I forsøkene syntes det ikke som om plassering hadde noen betydning for skjellenes kvalitet, men resultatene viste at dødeligheten var større hos skjell lagret i midt- og toppkasser i forhold til bunnkasser. Dette kan ha sammenheng med vannkvaliteten og et utilfredstillende strømningsbilde i lagertankene. I forsøkene ble det registrert et brunt slamteppe av døde alger og feces som la seg som et dekke over skjellene, spesielt i de øvre kassene. Utilfredstillende strømningsregime gjorde at dette bunnfallet ikke ble transportert vekk men forringet miljøet til skjellene og medførte økt dødelighet. Lagringstid var den parameteren som viste flest sammenhenger med endringer i skjellkvaliteten. Spesielt kvalitetsparameteren lukt hadde en sterk sammenheng med lagringstid. Lukten ble ikke verre eller uforandret for skjell i åpne anlegg, mens den ble forverret for skjell i lukkede anlegg. Antall døde skjell økte med tiden. Dette kan tyde på at skjellene hadde en øvre tids-toleransegrense for lagring. Lengste lagringstid var 93 dager hvorav 82 i åpent anlegg. Ved slutten av dette forsøket var alle skjellene døde.

Vannkvaliteten holdt seg relativt stabil i alle forsøkene og innenfor det som er anbefalt som grenseverdier ved lagring av skjell (temperatur: 7 °C, salinitet > 25 ‰, oksygen > 50 % metning, pH 7-8). Temperaturen var den parameteren som svingte mest. Dette syntes å ha sammenheng med økende dødelighet i forsøkene. Det var vanskeligere å opprettholde tilfredstillende vannkvalitet over lengre tid i de lukkede anleggene. Dette tyder på at det fremdeles kan gjøres mye for å forbedre lagring av levende skjell i resirkuleringsanlegg. Skjellkvaliteten i de lukkede anleggene var noe dårligere enn skjellkvaliteten i de åpne anleggene.

Summary

The Norwegian shellfish industry has a significant potential for growth. There is, however, a lack of knowledge about physical and chemical parameters that affect shellfish during storage and how these parameters influence the quality of the shellfish. Shellfish have to be stored in an environment where the water quality and technical design of the storage tanks preserve the quality of the shellfish, from harvesting to the consumer.

This project describes experiments where living oysters (*Ostrea edulis*) were stored in open (flow through) and closed (100 % recirculation) storage systems. Parameters such as the number of oysters per storage box (storage density), their placement in the tanks (near bottom or higher up in water column) and storage time were evaluated in the experiments. These parameters were studied with regard to their influence on the oyster quality. In one experiment two different rates of waterflow through an open tank were tested: high and low, with flow rates of 4 l/min and 0.5 l/min respectively.

Oyster quality was evaluated according to the following criteria: the ratio of gross weight to the weight of the shellfish meat, the shape of the shellfish meat, it's smell, sweetness and saltiness. Mortality was noted and water quality parameters like temperature, salinity, oxygen and pH were monitored.

At high storage density (200 oysters/box) the oysters began to give off a noticeable bad odour and the weight of shellfish meat compared to the gross weight was reduced. This was observed both in open and closed systems. Different rates of water flow did not lead to any observed influence on shellfish quality. Mortality was higher in boxes with high storage density compared to those with low density (50 oysters/box). Placement of the oysters at different depths in the storage tanks did not affect the oyster quality. However, mortality rates were higher for oysters placed higher up in the water column compared to oysters stored near the bottom in the tanks. During the experiments a brown «mud» layer was observed to accumulate in the boxes, probably consisting of algae and faeces. This layer was observed more often in boxes placed higher up in the water column. The rates of water flow used in the experiments were obviously not strong enough to remove the particulate waste material from boxes placed high up in the water column. This will have impaired the water quality and gives a possible explanation to the observed increased mortality in these boxes.

The length of storage was the parameter that showed the strongest connection to changes in oyster quality. The odour given off from the oysters became worse over time when stored in closed tanks, but for open tanks there were no changes. Mortality increased with time. After the longest storage time, 93 days, all the oysters died at the end of the experiment.

The water quality was relatively stable throughout all the experiments and between the levels that are recommended for storage of oysters (temperature: 7 °C, salinity > 25 ‰, oxygen > 50 % saturation, pH 7 - 8). Temperature was the parameter that was most unstable. Increased mortality is probably related to variations in temperature. It was more difficult to maintain the required water quality in the closed storage systems compared to the open tanks. Oyster quality deteriorated faster in the closed systems compared to the open systems.

2 Bakgrunn

2.1 Innledning

Norsk østersproduksjon er en gammel næring som går tilbake til 1880 - årene, og har i hovedsak omfattet produksjon av yngel til eksport. Produksjonen har vært variabel, avhengig av markedet for yngel. I 1980- årene ble det satt igang dyrking av konsumøsters i nett og kurver, og i følge Fiskeoppdretternes salgslag var det 75 østersdyrkere i Norge i 1983. I dag er det bare noen få anlegg i drift.

Den europeiske flatøstersen *Ostrea edulis* er naturlig utbredt langs Atlanterhavskysten fra Nord-Afrika til Trøndelag (Mortensen og Strand, 1996) og krever ca. 20 °C for å formere seg. Derfor finnes det bare spredte bestander i grunne områder og vikene, og den har aldri oppnådd en stor popularitet i Norge som konsumvare. Fra utlandet betraktes norsk østers som et kvalitetsprodukt av høy klasse, og enkelte restauranter har flatøsters på spisekartet.

I tillegg til europeisk flatøsters dyrkes også stillehavsøsters, *Crassostrea gigas*, i Norge. Den ble innført i 1979 og har vist seg både robust og tilpassningsdyktig. Arten er relativt lavt priset internasjonalt, men i Norge omsettes flatøsters og stillehavsøsters om hverandre og til samme pris (Mortensen og Strand, 1996).

2.1.1 Regler for kvalitet

Mangelen på differensiering og kvalitetsgradering er i følge Mortensen og Strand (1996) en hemsko for en videre utvikling av østersnæringen som et kvalitetsprodukt. Et annet viktig problemområde, som ikke er løst er å få til en tilfredstillende behandling av skjellene under lagring og transport fra produsent til grossist og restaurant. Norsk flatøsters er et produkt av svært høy kvalitet dersom det behandles riktig gjennom hele produksjonssyklusen, og en viktig del av behandlingen er korrekt lagring.

Alle skjell som omsettes innenfor EU er underlagt regler som gjelder mikrobiologisk kvalitet på vannkvaliteten på dyrkningsstedet. Det har ikke vært ønskelig å tilpasse norsk regelverk til de grenseverdier som er fastsatt i EØS-regelverket (Røthe Knutsen, 1996). Vannkvaliteten på norske oppdrettslokaliteter er betydelig bedre enn det man normalt vil finne i de fleste andre europeiske land der man dyrker østers og blåskjell. Imidlertid er det fastsatt en grense for maksimalt innhold av termotolerante koliforme bakterier på 100 stk per gram skjellmat. For å sikre sporbarheten er det videre innført krav om å framlegge kartgrunnlag som viser de aktuelle høstingsområdene. Kvalitetsforskriften viderefører det generelle forbudet mot opptak av skjell som inneholder marine biotoksiner (algegifter), kjemiske eller bakteriologiske forurensninger som kan være helseskadelige.

De nye reglene om dokumentasjon og registreringer som skal gjøres ved eventuell rensing av skjell er hovedsakelig et resultat av tilpassningsprosessen til de EØS-baserte bestemmelsene (Røthe Knutsen, 1996). Det er av Fiskeridirektoratet fastsatt grenseverdier i henhold til Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer utgitt i 1996. Dette betyr at det er nødvendig å overvåke algesituasjonen i høstingsområdene gjennom et omfattende offentlig prøvetakingsprogram. I Norge er volumet av skjellomsetning så lite at programmet som nå drives i regi av Statens Næringsmiddeltilsyn er tilstrekkelig når det suppleres med vannprøver fra dyrkerne. Dersom det påvises algegifter som overstiger de fastsatte grenseverdier er det et generelt forbud mot opptak og omsetning av skjell.

2.1.2 Rensemeter for skjell

Dersom det påvises termotolerante koliforme bakterier, eller det er mistanke om tilstedeværelse av virus må skjellene renses. I de fleste land som har en viss omsetning av skjell er det bygget egne rensestasjoner («deuration» anlegg) for behandling av skjell, og det benyttes egne termer for de ulike behandlingsformer. I følge Piviotta (1993) kan «deuration» bety to ulike prosesser. Det ene er såkalt «relaying» der skjellene går seg rene ved naturlig rensing eller ved «controlled purification», kontrollert renseprosess, der skjellene blir rengjort ved en teknisk prosess.

Norske østers som mellomlagres hos produsent eller grossist kan utsettes for kontaminering og bør ved lengre tids lagring kunne behandles ved en av de to prosessene.

Ved naturlig rensing er det vanlig å overføre skjellene fra forurensede områder til rene områder og oppbevare de der til de har gått seg rene. Det kan også gjøres ved å oppbevare skjellene i spesielle tanker som tilføres rent vann. Metoden er enkel og rimelig dersom ikke skjellene må transporteres over større avstander og utsettes for omfattende håndtering. En svakhet ved denne metoden er at man har lite kontroll over miljøforholdene, som kan endre seg betydelig over tid.

Ved en kontrollert renseprosess er det nødvendig å etablere relativt stabile betingelser som omfatter temperatur, saltholdighet, vann fritt for bakterier og virus. Det benyttes fysiske og kjemiske metoder for å oppnå dette. Det vanligste er UV-behandling av vannet, og nøkkelbegrepet er kontroll av miljøet og renseenheten. Ved «deuration» reduseres antall patogene organismer, der skjellet selv er aktivt med på å fjerne patogenene. Prosessen er derimot ikke egnet til rensing av skjell fra sterkt forurensede områder eller algegifter. Det første «deuration» anlegget ble bygget i Conwy i England i 1916, og siden dengang er det bygget tilsvarende anlegg i Wales, Spania, Frankrike, Italia, Danmark, Tyrkia og andre europeiske land. I følge Piviroto (1993) er det vanlig å finne slike anlegg i Stillehavsregionen, Australia, Malaysia, Singapore, Thailand og Filippinene. I USA kom det første anlegget i 1911 (begrenset «relaying») og det første «deuration» anlegget ble bygget i 1921 i New York. I Canada begynte utviklingen av en deuration teknologi i 1970 årene.

I alle land med dyrking og omsetning av ville og kultiverte skjell er det etablert regler for rensing og kontroll før produktene når markedet. Utvikling av «deuration»-teknologien har ifølge eksperter utviklet seg lite de siste 20 år. Det var i alle fall konklusjonen på den første internasjonale konferanse om temaet i 1989 (Poggi og Le-Gall, 1995). Ved kontrollert rensing fjernes bakterier innen 48 timer, men teknikken er lite egnet til å fjerne virus. I tillegg er det en arbeidsintensiv og kostbar prosess.

I Norge er det først nylig blitt etablert en rensestasjon for skalldyr. I følge Eidissen (1996) har firmaet LUMAR på Vestvågøy i Lofoten utviklet en komplett rensestasjon for skjell, som er basert på resirkulering.

Etter at skjellene er kontrollert og eventuelt renses er neste trinn en forsvarlig pakking, forsendelse og lagring hos grossist og/eller restaurant før de når forbruker. Denne fasen er mindre beskrevet og undersøkt, men det finnes bedrifter som har spesialisert seg på å utvikle marine akvarier og holdetanker for oppbevaring av fisk og skalldyr. De fleste løsninger er basert på bruk av kunstig sjøvann og resirkulering med bruk av mekanisk, kjemisk og biologisk filtrering av vannet. Bruk av biofilter er det viktigste, og det betyr at de bedriften som velger en slik løsning må sette seg skikkelig inn de problemer og løsninger som resirkulering av sjøvann medfører.

2.1.3 Miljømessige forutsetninger ved lagring

I følge kommersielle firma som selger ferdig lagringsutstyr bør skjell som lagres oppbevares i temperaturer mellom 4,5 og 10 °C, og helst ved ca. 7 °C. Videre er det viktig at skjell som tas opp fra kaldere vann, får tid til å tilpasse seg en varmere temperatur i lagringstanken. Dette kan gjøres ved at skjellene oppbevares tørt i romtemperatur 15-20 minutter før de overføres til oppbevaringstanken. Ved direkte overføring fra kaldt vann til et varmere oppbevaringskar kan skjellene få varmesjokk og dø.

Østers kan også lagres i luft og i følge Seaman (1991) kan stillehavsøsters *C. gigas* lagres i luft i 20 uker dersom de dusjes kontinuerlig med resirkulert sjøvann med en saltholdighet på 25 ‰ og en temperatur på 7 °C. Østers som ble lagret på denne måten hadde en overlevning på 52-80 % og dødeligheten var minimal når de ble tilbakeført til vannet. Skjell som ble lagret ved 0 °C døde innen en uke. I følge Seaman (1991) har også andre bekreftet (Bayes, personlig meddelelse) at 5-7 °C er best egnet temperatur for oppbevaring i luft. Skjell som ble dusjet overlevde også mye lenger enn skjell som ble oppbevart tørt. Undersøkelsene viste at østers forbruker lite energi når de går over til anaerob metabolisme. Etter lagring i 20 uker gikk skjellenes kondisjon ned med en tredjedel, men etter noen uker i sjøvann hadde skjellene tatt seg opp igjen til samme kvalitet som kontrollgruppen. Ved kontrollert rensing er det vanlig å benytte høyere temperaturer for østers (10-25 °C)

Europeisk flatøsters foretrekker vann med en konstant og relativt høy salinitet, og den trives ikke med lavere saltholdighet enn 25 ‰ (Korringa, 1976). Stillehavsøstersen derimot tåler noe lavere saltholdighet, men bør ikke oppbevares under 20,5 ‰ (Ayres, 1978).

I alle lagringsanlegg er det viktig at oksygeninnholdet er tilstrekkelig, og ikke lavere enn 50 % (Ayres, 1978), og luftingen av vannet bør ikke skje i tanken der skjellene oppholder seg (Furfari, 1989). Det kan tillates en saltholdighet som avviker +/- 20 ‰ fra oppdrettsområdet, og det anbefales en pH i størrelsesområdet $7 < \text{pH} < 8,4$.

Ved lagring over tid i lukkede systemer er det nødvendig å installere et biofilter for å fjerne overskudd av ammonium som produseres av skjellene, og nitritt som kan oppstå i systemet. Østers er meget følsom ovenfor ammonium og i følge Spotte (1973), bør verdiene for ikke-ionisert ammonium være $< 0,01 \text{ mg/l}$, nitritt-verdiene bør være $< 0,1 \text{ mg/l}$ og nitrat-verdiene $< 20 \text{ mg/l}$. Det tar ca. 6 uker å bygge opp en aktiv bakteriekultur i et biologisk filter (Marineland Operating Manual), og før det er klart bør ikke systemet overbelastes.

En viktig forutsetning for design av et funksjonelt system for lagring av skjell er å ikke overbelaste systemet med for stor tetthet av individer. Skjellene må derfor plasseres spredt utover i enkle lag. Det må også sikres at gjennomstrømning og vanntilførsel er så god som mulig.

I følge tidligere erfaring bør østers aldri lagres ved større tettheter enn ca. 500 skjell per m^2 (Wood, 1961), men Ayres (1978) mener at det er sjelden en kan benytte slike høye tettheter. I forsøkene gjennomført av Wood ble det benyttet østers i to lag, men det bør ikke gjøres i tanker (Ayres, 1978). Størrelse og form på skjellene kan tillate noe avvik fra regelen, men generelt bør skjellene ikke stables i tykkere lag enn 75 mm, som gir en tetthet på ca. 34 kg/m^2 .

Siden tetthet er en kritisk faktor vil tankens utforming, sirkulasjon og strøm av vann i stor grad være avgjørende for maksimal og optimal tetthet av skjell.

2.2 Sydnes Skjell & Fisk AS - mottaksanlegg for skjell

En bedrift med nær tilknytning til skjellnæringen er Sydnes Skjell og Fisk AS i Kvinnherad i Hordaland. Denne bedriften driver oppkjøp og videresalg av skjell og har vært i drift i ca. 2 år. Bedriften har store lagertanker basert på fullsirkulasjon for lagring av skjellene. Fire tanker hver med et volum på 25 m³ forsynes med vann fra 21 m dyp. Vannet tilføres ubehandlet til tankene, men et sandfilter kan monteres inn mellom pumpe og kar hvis nødvendig. Skjellene lagres i hengende nettsekker eller i stabler av plastkasser. Både O-skjell, blåskjell, hjerteskjell, kamskjell, stillehavs- og europeisk flatøsters har vært lagret på anlegget med blandete driftserfaringer. Spesielt dødeligheten har vist seg å variere mellom artene. Kamskjell har vist lavest dødelighet, og flatøsters har falt klart dårligere ut enn for eksempel stillehavsøsters. Driftserfaringer tyder på at kamskjell har evne til å posisjonere seg i forhold til gunstig vannkvalitet. I tillegg unngår de ved sin bevegele at det samler seg bunnfall av døde alger og feces oppå skjellene. Over tid viser det seg at dette «slammet» kan oppstå i store mengder, spesielt der vannbevegelsen er lav. Det synes som om mengde av dette slammet har sammenheng med dødelighet.

2.3 Prosjektet «Lagringsteknikk for levende skjell fra produsent til forbruker»

I Norge er det liten tradisjon for bruk av skalldyr som matvare eller delikatesse generelt og levende skjell spesielt. Blåskjell omsettes i en viss grad, men østers til konsum er svært lite kjent og utbredt, med unntak av enkelte restauranter. Produsentene av skjell har liten erfaring i lagring av levende skjell over lengre tid, og det samme er tilfelle for både grossister og detaljister. De fleste østers kommer pakket i kurver eller kasser fra utlandet og omsettes etter noen få dager. Det er vanskelig å garantere en høy og stabil kvalitet fra produsent til forbruker.

Det foreliggende prosjekt ble foreslått av sjømatbedriften Seafood AS ved Lars Amundsen som hadde behov for veiledning i lagring av skjell både til egen restaurant og til videre omsetning. Han har fungert som prosjektleder. Prosjektet ble diskutert med bedriften Sydnes Skjell og Fisk AS som kunne levere skjell fra eget anlegg, Naustvik Storkjøkken AS, Fiskehallen og restaurant Bagatelle AS. Hovedmålet med prosjektet var å vurdere teknologiløsninger som sikrer høy og stabil kvalitet hos levende skjell ved mellomlagring fra produsent til forbruker. Institutt for tekniske fag, ITF, NLH skulle være ansvarlig for testing og installering av det tekniske utstyret og Norsk institutt for vannforskning (NIVA) skulle gjennomføre vannkvalitetsvurderinger samt databearbeidelse. Det var videre en forutsetning at de tekniske lagringsanleggene skulle finansieres utenfor prosjektet og stilles til rådighet for ITF og NIVA. I forbindelse med den kommersielle driften på Sydnes er det etablert et fullskala forsøksanlegg for lagring av skjell. Oppbyggingen av dette anlegget har skjedd i regi av ITF, NLH.

Forsøkene skulle omfatte fire faser: 1) Lagring av østers i et gjennomstrømmende system på Sydnes Skjell og Fisk, 2) Mellomlagring hos grossist i et fullresirkulasjonsanlegg, 3) Lagring hos detaljist ved fullresirkulasjon og 4) Kvalitetssikring, dokumentasjon og rapportering av resultatene. Fase 1- lagring i et gjennomstrømmende system ble gjennomført etter planen. Fase 2 og 3 kunne ikke gjennomføres som planlagt fordi det tekniske utstyret som ble stilt til rådighet fra grossist og detaljist ikke var fullstendig eller tilfredstillende. Etter en rekke mislykkede forsøk med teknisk ufullstendig utstyr, overtok ITF ansvaret for gjennomføringen av resirkulasjonsforsøkene ved å benytte et stort akvarium som ble tilpasset lagringsforsøkene. Mangel på utstyr har derfor forsinket gjennomføringen av prosjektet, og gjort det umulig å nå alle de oppsatte mål. Det har likevel vært mulig å komme fram til en rekke resultater og erfaringer som kan være til nytte for skjellnæringen.

I denne rapporten er det beskrevet fem forsøk hvorav to er tetthetsforsøk i åpne tanker, to er tetthetsforsøk i lukkede anlegg med 100 % resirkulering og et er strømningsforsøk i åpen tank. Tetthetsforsøk i åpne tanker samt strømningsforsøket ble utført i forsøksanleggene hos Sydnes Skjell og Fisk. For tetthetsforsøk i lukkede anlegg basert på 100 % resirkulering, ble et utført hos Naustvik Storkjøkken AS og et ved Institutt for tekniske fag, NLH. Gjennomføring, resultater og en kort diskusjon av hver forsøk beskrives i tre separate deler, før alle dataene sammenfattes i en hoveddiskusjon og konklusjon. I forsøkene er det tatt utgangspunkt i at tetthet er en kritisk faktor ved lagring av skjell. I tillegg ble også plassering av skjell i anleggene samt lagringstiden vurdert som parametre som kunne influere på skjellenes kvalitet. Kvalitetsendringer er vurdert etter enkle variable som skjellens bruttovekt i forhold til vekt av skjellmat dvs. fyllingsgrad og sensoriske vurderinger av skjellmaten som lukt og smak. Dødelighet er registrert i tillegg til at vannkvaliteten er nøye dokumentert underveis.

3 Tetthetsforsøk med oppbevaring av *Ostrea edulis* i åpent lageranlegg

3.1 Materiale og metode

To forsøk i åpne gjennomstrømningsanlegg ble utført i forsøksanlegget på Sydnes Skjell & Fisk (figur 3.1). Første forsøk (A) ble utført om våren, fra 1. mars til 22. mai 1996. Andre forsøk (B) ble utført om høsten, fra 23. okt. til 20. nov. 1996.

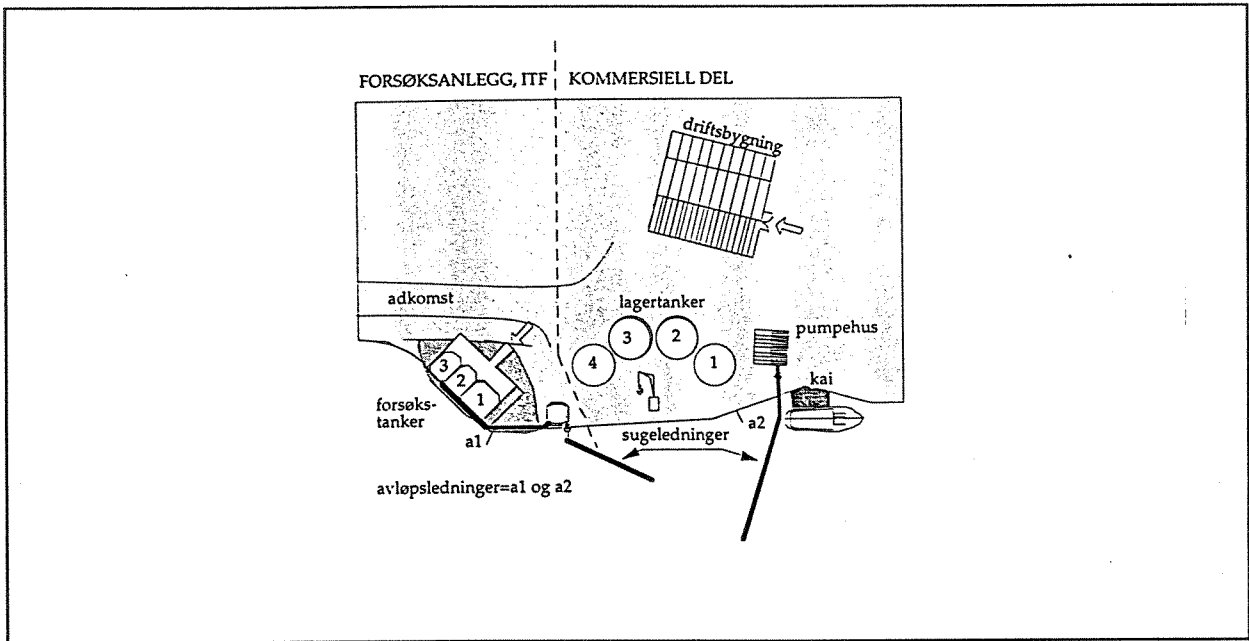
3.1.1 Materiale

Tabell 3.1 Data for skjellene som ble benyttet i forsøk A og B

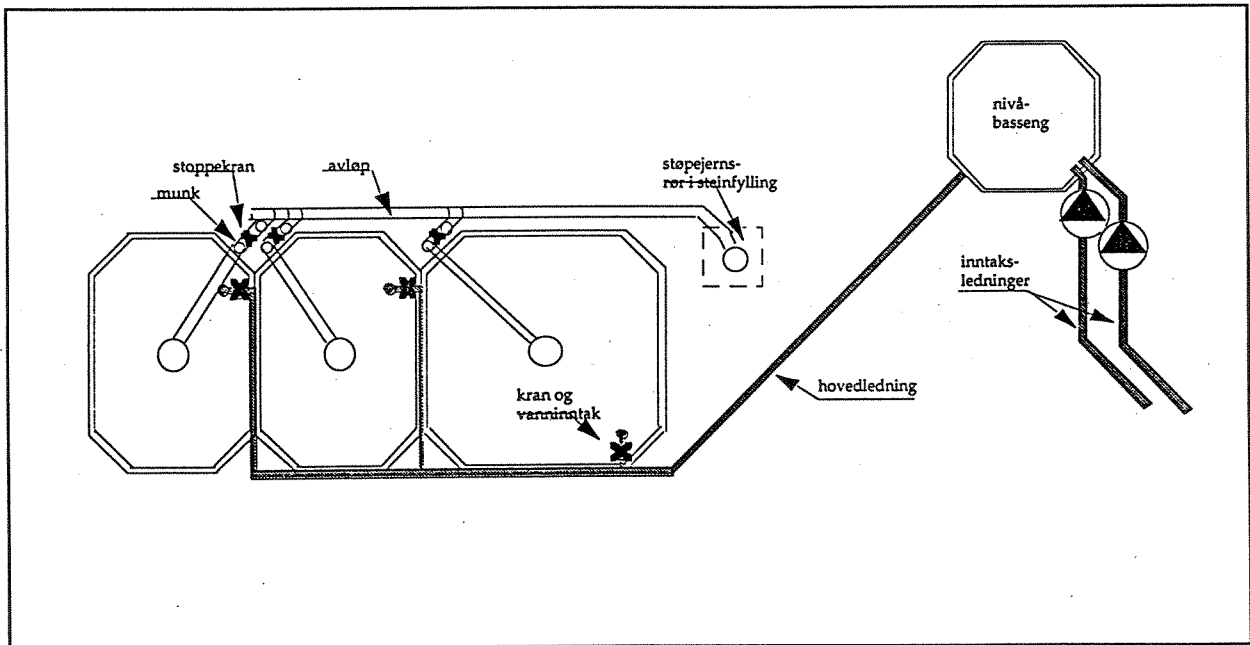
Materiale:	Forsøk A	Forsøk B
Skjell hentet fra	Bunnlokaliteten «Pøylå», 2 m dyp, Fjelbergøy, Halsnøy, Sunnhordaland	Bunnlokaliteten «Pøylå», 2 m dyp, Fjelbergøy, Halsnøy, Sunnhordaland
Innsetting i lagertank	01.03.96	23.10.96
Art	Europeisk flatøsters (<i>Ostrea edulis</i>)	Europeisk flatøsters (<i>Ostrea edulis</i>)
Vekt, gjennomsnittsverdi, g ± std	80 ± 22	59 ± 9
Alder, år	4 - 6	4 - 6

3.1.2 Tekniske data - åpent lageranlegg, Sydnes Skjell & Fisk

Forsøksanlegget består av tre gjennomstrømningstanker hver med et volum på 25 m³. En av tankene ble benyttet i begge forsøkene. Inntaksvannet ble pumpet fra 9 meters dyp og gikk ubehandlet til forsøkstankene (figur 3.2). I begge forsøkene ble skjellene lagret i svarte plastkasser, 67×43×12 cm, med perforerte sidevegger. Kassene ble plassert rett på bunnen i lagertanken. Tanken ble dekket med «lystet» presenning for å hindre uønsket algevekst.



Figur 3.1 Skisse av ITF's forsøksanlegg hos Sydnes Skjell & Fisk



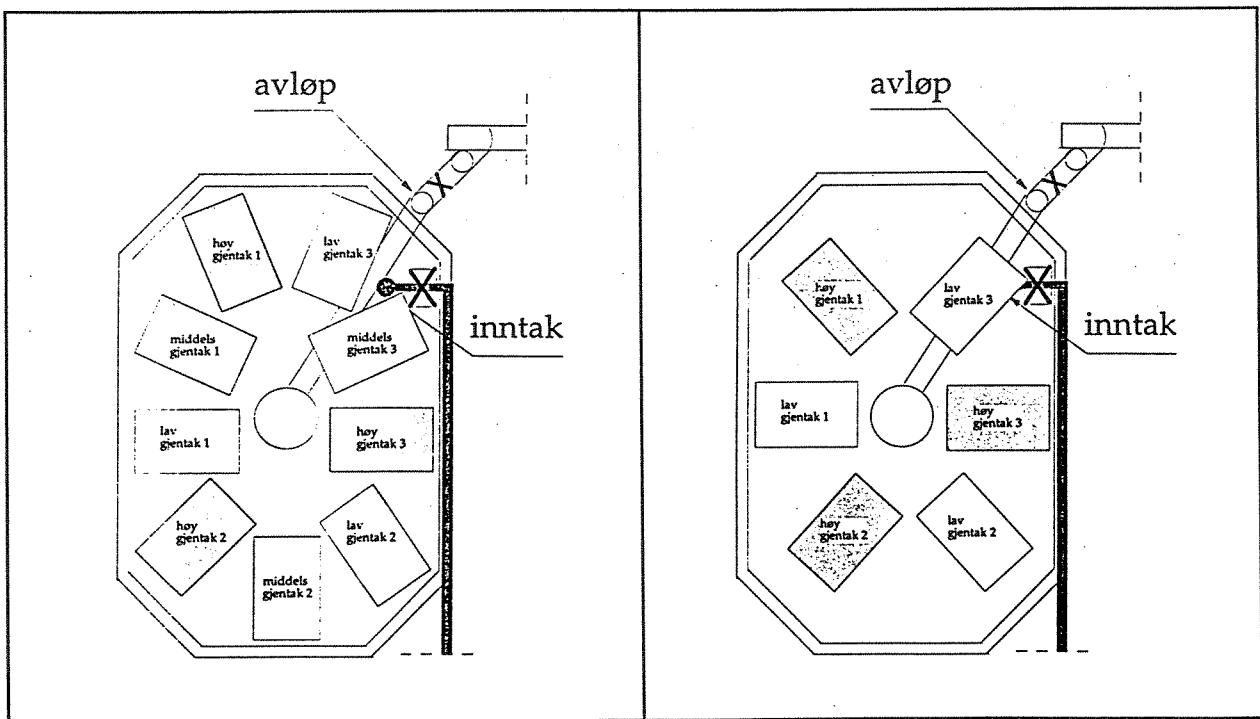
Figur 3.2 Planskisse av karplassering og rørføring i forsøksanleggene hos Sydnes Skjell & Fisk

3.1.3 Forsøksoppsett

Tabell 3.2 Forsøksoppsett for forsøk A og B

	Forsøk A	Forsøk B
Innlagring	9 stabler á 3 kasser	6 stabler á 3 kasser
Totalt antall skjell i forsøk	4536	2250
Innlagringstetthet, skjell per kasse	Lav = 54 Middels = 108 Høy = 216 Tre stabler per tetthet	Lav = 50 Høy = 200 Tre stabler per tetthet
Varighet	82 dager (12 uker)	30 dager (4 uker)
Registreringer	- Dødelighet - Fysiske parametre - Sensoriske parametre - Vannkvalitet	- Dødelighet - Fysiske parametre - Sensoriske parametre - Vannkvalitet

Figur 3.3 og 3.4 viser plassering av kassene i anleggene i forsøk A og B



Figur 3.3 Kassenes plassering i forsøk A

Figur 3.4 Kassenes plassering i forsøk B

3.1.4 Registreringer

Dødelighet i forsøk A ble registrert etter 1, 3, 5, 7 og 12 uker. For forsøk B ble registreringene gjort en gang i uken.

Fysiske og sensoriske registreringer ble utført ved innsett av skjellene i lagringsanleggene og ved forsøksavslutning. For forsøk A ble det i tillegg gjort registreringer etter 7 og 25 dager. Fire skjell fra hver kasse ble tilfeldig plukket ut ved hver registrering.

Fysiske parametre:

Måleparameter:

Bruttovekt (g)
Skjellmat vekt (g)
Skjellmat areal (mm²)
Skjellmat høyde (mm)
Fyllingsgrad (%)
Skjellmat form

Måleutstyr:

Brevvekt +/- 0,5 g
Brevvekt +/- 0,5 g
Sjablong med definerte størrelser
Linjal
Vekt skjellmat/bruttovekt
Skjellmat høyde/skjellmat areal

Formen på skjellmaten skal være tilnærmet eggeplommeformet. Denne faktoren angis som et forholdstall mellom høyde og areal av skjellmat. Det ideelle forholdet skal være tilnærmet lik 1. Beskrivelse av hvordan fysiske mål på skjellene er utført er vist i vedlegg 1.

Sensoriske parametre:

Måleparameter:

Lukt
Salt
Søt
pH - skjellmat

Måleutstyr:

Smakspanel
Smakspanel
Smakspanel
pH-elektrode ABB Combi pH, 0-10 pH +/- 0,05

Nærmere beskrivelse av kriterier ved sensorisk analyse er beskrevet i vedlegg 2.

Vannkvalitet:

Vannkvaliteten ble periodisk registrert i forsøk A og B.

Måleparameter:

Salinitet
Oksygen
Temperatur

Måleutstyr:

Aerometer
Oxyguard Handy Mk I +/- 1 %
Oxyguard Handy Mk I +/- 1 %

3.1.5 Statistisk modell

Resultatene ble analysert for å se hvordan effekten av lagringstetthet påvirket skjellkvaliteten. I tillegg ble effekter av skjellenes plassering i tankene og lagringstid undersøkt med hensyn på skjellenes kvalitet. Variablene ble delt til to grupper:

- Inngangsvariable:
 - Tetthet: Tetthet av skjell i plastkasser var; lav, medium og høy
 - Plassering: Vertikal plassering av plastkasser med skjell var; bunn, midt og topp
 - Lagringstid: Lagringstid i åpent landbasert anlegg på Sydnes Skjell & Fisk
- Utgangsvariable:
 - Form
 - Fyllingsgrad
 - Lukt
 - Saltsmak
 - Søtsmak

I tillegg ble pH-nivået i skjellmat målt i forsøk A

Data for hvert forsøk ble først analysert for statistisk signifikans mellom inngangs- og utgangsvariablene. En ANOVA-analyse ble gjennomført v.h.a. dataprogrammet «Statgraphics». En analyse av F- og P-verdier viste mulige statistisk signifikante korrelasjoner mellom variablene.

Videre ble det vurdert om det var mulig å konstruere datamodeller som kan forklare utgangsvariablene basert på inngangsvariable, eksempelvis om søtsmaken til et skjell kan forklares eller bestemmes utfra de fysiske lagringsforholdene til skjellene som tetthet, plassering eller lagringstid. Man kan anvende kjemometrisk teknikk som multivariat kalibrering for å finne sammenheng mellom variable (Martens og Næs, 1991). Enkle kjemometriske vurderinger er lagt til grunn i denne analysen. Det er benyttet Partial Least Square (PLS) regresjonsanalyser i vurderingen av datamaterialet. Datamaterialet ble analysert ved hjelp av dataprogrammet «Unscrambler».

3.2 Resultater og diskusjon

Forsøk A Tetthetsforsøk i åpent landbasert anlegg, Sydnes Skjell & Fisk, 1. mars - 22. mai 1996

I forsøket ble følgende endringer i skjellenes fysiske og sensoriske parametre observert:

Tabell 3.3 Oppsummering av observasjoner under forsøk A (gjennomsnitt ± standard avvik)

	Nivå	Form	Fyllingsgrad	Lukt	pH	Saltsmak	Søtsmak
Lagrings- tid	0	0,70±0,02	0,108±0,005	4,38±0,09	6,42±0,04	3,95±0,03	3,90±0,06
	7	0,81±0,02	0,109±0,004	4,52±0,08	6,40±0,04	3,97±0,03	3,86±0,06
	25	0,76±0,02	0,112±0,005	4,83±0,09	6,54±0,05	4,00±0,04	3,94±0,07
	82	0,70±0,02	0,109±0,004	4,64±0,07	6,71±0,03	4,06±0,03	4,02±0,05
Plass- ering	Bunn	0,71±0,02	0,113±0,004	4,64±0,08	6,45±0,04	3,99±0,03	3,95±0,06
	Midt	0,75±0,01	0,106±0,003	4,66±0,06	6,54±0,03	4,00±0,02	3,92±0,04
	Topp	0,78±0,02	0,111±0,004	4,48±0,08	6,56±0,04	3,99±0,03	3,92±0,06
Tetthet	Lav	0,72±0,02	0,116±0,004	4,83±0,08	6,51±0,04	4,01±0,03	3,05±0,06
	Med.	0,77±0,02	0,109±0,004	4,54±0,07	6,53±0,04	4,00±0,03	3,94±0,06
	Høy	0,74±0,01	0,104±0,003	4,41±0,06	6,51±0,03	3,97±0,02	3,90±0,04

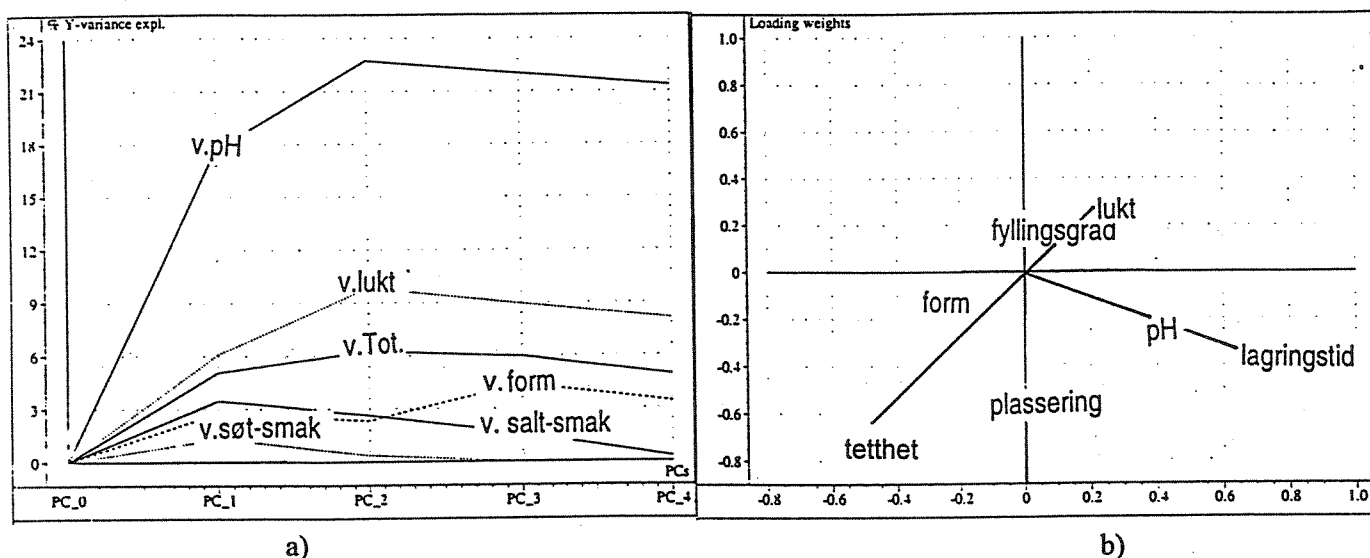
Variansanalyse (ANOVA) av overnevnte data er vist i tabell 3.4. og viser statistisk signifikante sammenhenger mellom følgende variable:

Tabell 3.4 Forsøk A: F-verdier fra ANOVA

	Form	Fyllings-grad	Lukt	pH	Saltsmak	Søtsmak
Lagringstid	8,38		4,83	18,87	2,95	
Plassering	4,29					
Tetthet			9,8			

I ANOVA-tabellen er både F- og P- verdier vurdert. Sammenhenger som er merket med dobbeltlinjer kan betraktes som sterke, mens de andre kan betraktes som svake sammenhenger. De blanke cellene indikerer at det ikke finnes noen sammenheng mellom variablene.

Tabellen viser at det er en sammenheng mellom inngangsvariabelen lagringstid og faktorene form, lukt, pH og saltsmak. Kun sammenhengen mellom lagringstid og pH er signifikant, ved konfidensintervall > 95 %. Skjellenes plassering i kassestabelen viser en svak sammenheng med utgangsvariabelen form. Effekten av tetthet viser kun en signifikant sammenheng med variabelen lukt. Ved å ta utgangspunkt i de sammenhengene som er signifikante er mulighetene for å lage en modell som kan estimere pH-nivået til skjellmat og lukt basert på lagringstid, plassering og tetthet av skjellene, utprøvd. Dette er vist i figur 3.5.



Figur 3.5 Partial Last Square- modell for forsøk A
 a) Forklaring av hvor mye modellen kan forklare av sammenhengen mellom utgangsvariable basert på inngangsvariable
 b) Estimering av hvor godt man kan forklare utgangsvariable basert på inngangsvariable

Figur 3.5 a) viser at man kan forklare ca. 23 % av pH i skjellmaten og ca. 10 % av skjellenes lukt basert på inngangsvariablene. To modeller basert på analysedataene resulterte i korrelasjonskoeffisientene (r^2) 0,50 for pH-skjellmat og 0,36 for lukt. Dette må betraktes som svake verdier og indikerer at det er vanskelig å lage slike modeller med god estimeringsmulighet. I praksis vil det si at det er meget vanskelig å lage en modell som sier at ved en angitt lagringstid, tetthet og plassering kan man forutsi pH-nivået til skjellmaten og lukten av skjellene.

Figur 3.5 b) tolkes slik:

Man tegner først en rett linje fra inngangsvariablene gjennom aksekorset (0,0). Utgangsvariablene som ligger på samme linje som inngangsvariablene har en sammenheng. For at sammenhengen skal være signifikant, må variablene ligge langt fra (0,0). Jo lengre avstanden fra (0,0) er, desto sterkere er sammenhengen. Figuren viser at lagringstid og pH ligger på samme linje. Det vil si at endringer i pH best kan forklares ved hjelp av lagringstid. Begge variablene ligger i samme kvadrat. Det betyr at de endrer seg i samme retning. Det vil si at ved økende lagringstid så øker pH-verdien i skjellmaten. Variablene tetthet og lukt ligger også på samme linje men i forskjellig kvadrat. Det betyr at ved økende tetthet vil lukten bli dårligere. Avstanden fra (0,0) til lukt er liten. Derfor er det en svak forklaringsmulighet for lukt basert på tetthet. Redusering av lukt kvalitet kan forklares ved at økt lagringstetthet i kassene gir mindre vanngjennomstrømming og dermed redusert tilgang på friskt vann for skjellene. Den dårlige lukten var registrerbar med en gang skjellene ble åpnet. Dette tyder på at det var en dårlig kvalitet på det frie vannet i skjellet, noe som kan tilskrives en generell lav vannutskifting i skjellenes omgivelser, forårsaket av høy lagringstetthet.

Vannkvaliteten ble periodisk registrert i forsøket. Måleverdiene er vist i tabell 3.5.

Tabell 3.5 Vannkvalitet i forsøk A

Uke 1996	Salinitet, ‰	Temperatur, °C	Oksygen, mg/l
9	23	3,0	12
10	23,2	3,6	12
11	23,6	4,0	12
12	23	4,8	12
13	-	4,6	12
14	-	4,8	12
15	-	5,2	12
16	-	5,5	11,6
17	-	5,6	12
18	-	6,8	12
19	24	7,2	11,6

Vinteren 95/96 var det svært lave temperaturer i sjøen de fleste steder, også rundt Halsnøy hvor forsøkene ble utført. Ikke før to uker etter påske, ved 7 ukers lagring, steg temperaturen til over 5 °C i inntaksvannet. Mot slutten av lagringsperioden steg temperaturen opp mot 8 °C. Oksygenivået og saltholdigheten var nokså stabil. Saltholdigheten lå noe lavere enn det som betraktes som nedre grense for trivselsnivået for flatøsters (25 ‰). Vannkvaliteten har sannsynligvis hatt liten betydning for en eventuell forringelse av skjellenes kvalitet i dette forsøket. Dødeligheten var svært lav de fire første lagringsukene. Dødeligheten inntraff etter 8-10 ukers lagring, og den totale registrerte dødeligheten for hele forsøksperioden var ca. 10 %. Det kan synes som om dødeligheten steg når temperaturen begynte å øke. Det ble registrert størst dødelighet i de øverste kassene. I disse kassene ble det også observert bunnfall eller et brunfarget slam som sannsynligvis stammer fra døde alger og feces. Dette slammene la seg som et teppe oppå skjellene, og spesielt i de kassene hvor tettheten var høy og vannbevegelsen lav medførte dette økt dødelighet. Tallmaterialet for dødelighetsregistreringene har vært for lite til å kunne vurdere eventuelle sammenhenger statistisk. Det må likevel påpekes at dødeligheten var større i topp-kasser med høy tetthet, og at det ble hyppigere registrert døde skjell mot slutten av lagringstiden i forhold til i starten.

Forsøk B **Tetthetsforsøk i åpent landbasert anlegg, Sydnes skjell & Fisk, 23. okt. - 21. nov. 1996**

Det ble i dette forsøket operert med to tettheter, høy og lav. Kun to nivåer av plassering ble brukt, «bunn» og «midt». pH-målinger av skjellmat ble ikke utført. I forsøket ble følgende endringer i skjellenes fysiske og sensoriske kvalitet observert:

Tabell 3.6 Oppsummering av observasjoner under forsøk B (gjennomsnitt ± standard avvik)

	Nivå	Form	Fyllingsgrad	Lukt	Saltsmak	Søtsmak
Lagrings- tid	0	0,84±0,05	0,099±0,008	3,85±0,11	4,02±0,11	4,00±0,13
	30	0,74±0,03	0,130±0,006	4,98±0,08	3,40±0,08	4,00±0,09
Plassering	Bunn	0,80±0,94	0,107±0,007	4,33±0,09	3,93±0,09	3,94±0,11
	Midt	0,79±0,04	0,122±0,007	4,50±0,09	3,99±0,09	4,06±0,11
Tetthet	Lav	0,79±0,05	0,134±0,008	4,48±0,11	4,02±0,11	4,00±0,13
	Høy	0,80±0,04	0,095±0,006	4,35±0,08	3,90±0,08	4,00±0,09

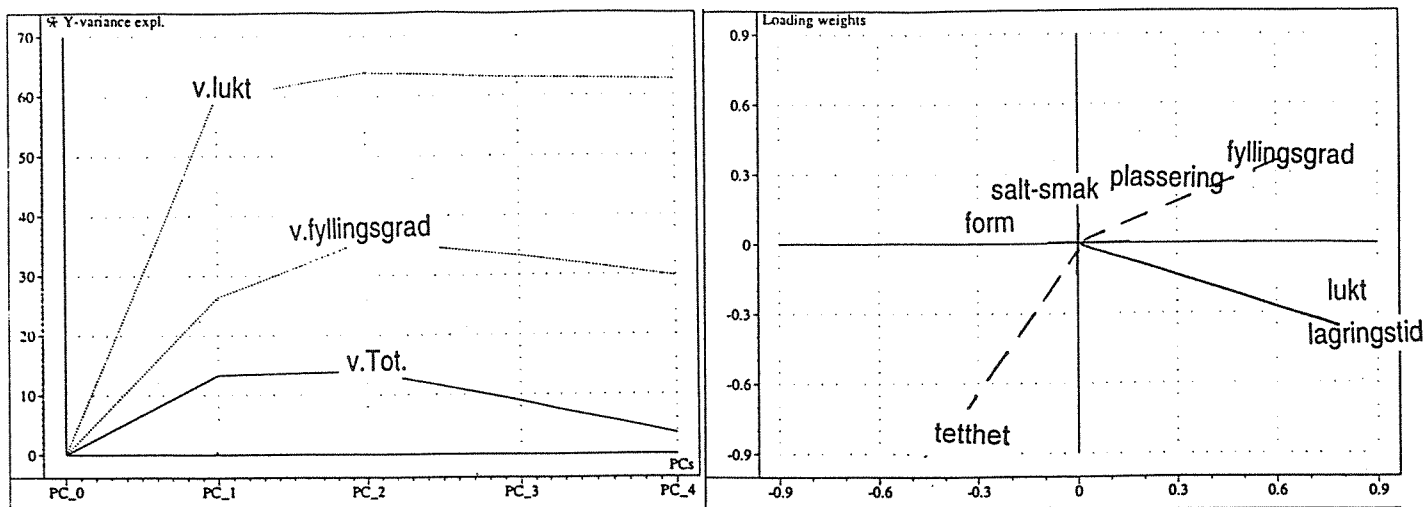
Variansanalyse (ANOVA) av overnevnte data er gitt i tabell 3.7 og viser statistisk signifikante sammenhenger mellom følgende variable:

Tabell 3.7 Forsøk B: F-verdier fra ANOVA

	Form	Fyllings- grad	Lukt	Saltsmak	Søtsmak
Lagringstid		10,93	76,24		
Plassering					
Tetthet		17,64			

Kun to statistisk signifikante sammenhenger ble påvist. Ved konfidensintervall > 95 % viste tetthet en signifikant sammenheng med fyllingsgrad og lagringstid viste en signifikant sammenheng med lukt. I tillegg hadde lagringstid en svak sammenheng med fyllingsgrad.

I likhet med forsøk A ble muligheten for å lage en modell som kan estimere utgangsvARIABLE basert på lagringstid, tetthet og plassering av skjell, undersøkt. Dette er vist i figur 3.6.



a)

b)

Figur 3.6 *Partial Last Square- modell for forsøk B*
 a) *Forklaring av hvor mye modellen kan forklare av sammenhengen mellom utgangsvARIABLE basert på inngangsvARIABLE*
 b) *Estimering av hvor godt man kan forklare utgangsvARIABLE basert på inngangsvARIABLE*

Figur 3.6 a) viser at man kan forklare 65 % av skjellenes lukt og ca. 35 % av skjellenes fyllingsgrad basert på inngangsparametre. Modeller basert på analysedataene resulterte i korrelasjonskoeffisientene (r^2) 0,84 for lukt og 0,69 for fyllingsgrad. Korrelasjonskoeffisientene indikerer at man kan lage en relativt god modell for estimering av lukt basert på spesifisering av inngangsvARIABLE. I forhold til forsøk A vil modellene være noe nøyaktigere.

Figur 3.6 b) viser retning av sammenhengene. Lukt og lagringstid ligger på samme side av aksekorset (0,0). Det betyr at lukt-parameteren ikke forringes i løpet av lagringsperioden, men derimot scorer noe høyere på kvalitetsskalaen i løpet av lagringsperioden. En mulig forklaring kan være at tilgangen på nytt, friskt sjøvann hele tiden har vært tilfredstillende slik at en frisk og god lukt er opprettholdt i skjellene. I motsetning til forsøk A har ikke tetthet i dette forsøket hatt noen innvirkning på lukt. Den andre signifikante sammenheng, tetthet og fyllingsgrad ligger på hver sin side av aksekorset. Det betyr at økende tetthet medfører redusert fyllingsgrad. Resultatene kan tolkes dit at høy tetthet skaper dårligere betingelser for skjellene enn lagring ved lavere tetthet. Høy tetthet fører til reduksjon av vannutskiftning gjennom kassene. Det vil si at det går en lavere vannstrøm gjennom kassene med høy tetthet i forhold til kasser med lav tetthet. Dette gir mindre tilgang på friskt vann, samt økt konkurranse om allerede lite eksisterende næring i inntaksvannet. På den annen side viser resultatene at økende lagringstid ikke medfører redusert fyllingsgrad. Denne sammenheng er ikke signifikant men tabell 3.7 viser likevel en svak sammenheng mellom disse parametrene, og tabell 3.6 viser at fyllingsgraden faktisk øker noe i løpet av lagringsperioden. Dette tyder på at skjellene i utgangspunktet ikke taper seg i kvalitet pga. næringsmangel, men at for høy lagringstetthet kan forårsake dette vekttapet.

Tabell 3.8 viser vannkvaliteten i forsøket ved start og slutt. Vannkvaliteten betraktes som noenlunde stabil. Dette har sannsynligvis bidratt til at dødeligheten har vært lav og at skjellens fysiske og sensoriske kvalitet er lite redusert i løpet av lagringsperioden

Tabell 3.8 Vannkvalitet i forsøk B

Dato	Salinitet, o/oo	Temperatur, °C	Oksygen, mg/l
23/10/96	25,5	9,3	8,8
21/11/96	25,6	9,9	8,0

Dødeligheten var svært lav i forsøket, ca. 1 %. Datamaterialet for registrering av dødelighet er for lite til å kunne vurderes statistisk, men de få døde skjellene som ble observert var i begynnelsen av forsøket lokalisert til kasser med høy tetthet, plassert øverst i kassestabelen. Mot slutten av forsøket ble det også observert noen døde skjell i kasser med lav tetthet, lokalisert i midt- eller bunnkasser. I likhet med forsøk A ble det også i dette forsøket observert et brunt slamteppe spesielt i de øverste kassene i stabelen.

4 Forsøk med to vannhastigheter ved oppbevaring av *Ostrea edulis* i åpent lageranlegg

4.1 Materiale og metode

Et strømningsforsøk (C) med to ulike strømningsregimer ble utprøvd hos Sydnes Skjell & Fisk AS. Forsøket varte fra 1. mars til 22. mai 1996 og ble kjørt parallellt med tetthetsforsøket (forsøk A) på Sydnes Skjell & Fisk i tilsvarende periode.

4.1.1 Materiale

Tabell 4.1 Data for skjellene benyttet i forsøk C

Materiale:	Forsøk C
Skjell hentet fra	Bunnlokaliteten «Pøylå», 2 m dyp, Fjelbergøy, Halsnøy, Sunnhordaland
Innsettingstidspunkt	01.03.96
Art	Europeisk flatøsters (<i>Ostrea edulis</i>)
Vekt, gjennomsnittsverdi, g \pm std	80 \pm 22
Alder, år	4 - 6

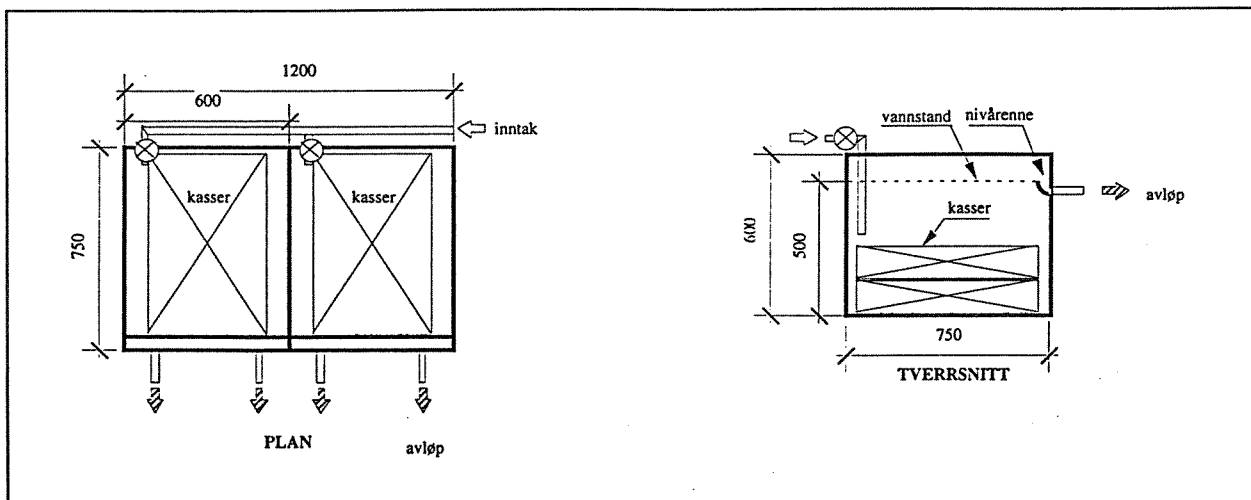
4.1.2 Tekniske data forsøksanlegg

Forsøkene ble utført ved Institutt for tekniske fag sitt forsøksanlegg på Sydnes Skjell & Fisk. Det ble benyttet et todelt forsøkskar med separat innløp og avløp for de adskilte delene. Det ble plassert to plastkasser i hver av de to delene. Plastkassene er lik de som er beskrevet for tetthetsforsøkene. Kassene ble stablet oppå hverandre, med den nederste plassert rett på den plane bunnen i karet. Det tokamrede karet ble plassert oppi tank nr. 2 på forsøksanlegget, figur 3.1. Vanninntaket til karet er det samme som beskrevet for tetthetsforsøk A og B, kap. 3, avsnitt 3.1.2.

4.1.3 Forsøksoppsett

To tettheter, høy og lav, for hver av strømningshastighetene ble benyttet. Den ene kassestabelen ble utsatt for høy vanngjennomstrømming, den andre for lav vanngjennomstrømming. Figur 4.1 viser skisse av forsøkskaret i forsøk C.

Høy = 4,0 l/min (1 vannutskiftning per time)
Lav = 0,5 l/min (3 vannutskiftninger per dag)



Figur 4.1 Skisse av forsøkskar i forsøk C

4.1.4 Registreringer

Dødelighet ble registrert en gang i uken i forsøksperioden.

Fysiske parametre:

Som for tetthetsforsøk i åpent lageranlegg, kap. 3, avsnitt 3.1.4.

Sensoriske parametre:

Som for tetthetsforsøk i åpent lageranlegg, kap. 3, avsnitt 3.1.4.

Vannkvalitet:

Vannkvaliteten ble periodisk registrert i strømningskaret, tilsvarende som for tetthetsforsøk, kapittel 3, avsnitt 3.1.4.

4.1.5 Statistisk modell

Samme statistiske modell som beskrevet for tetthetsforsøkene (forsøk A og B), kapittel 3, avsnitt 3.1.5 ble benyttet, men med følgende inngangsvariable:

- Inngangsvariable:
 - Strømning: Strømningshastighet i lageranlegg, lav og høy
 - Lagringstid: Lagringstid i åpent lageranlegg
 - Tetthet: Tetthet av skjell i plastkasser, lav og høy

4.2 Resultater og diskusjon

I forsøket ble følgende endringer i skjellenes fysiske og sensoriske kvalitet observert:

Tabell 4.2 Oppsummering av observasjoner under forsøk C (gjennomsnitt \pm standard avvik)

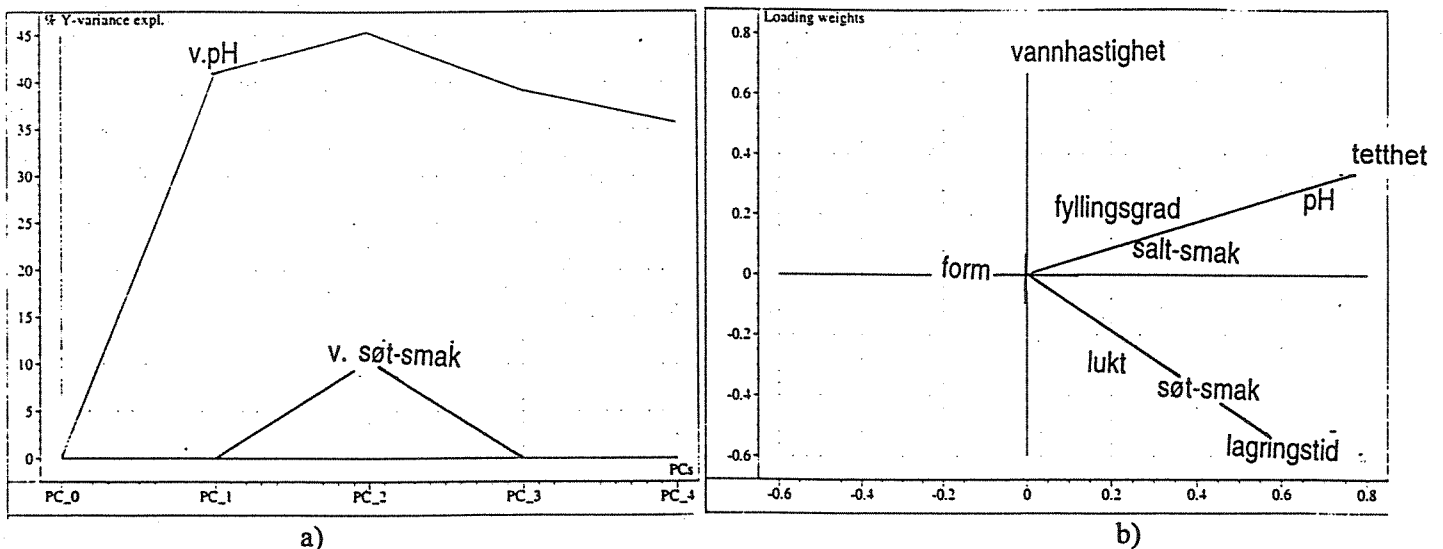
	Nivå	Form	Fyllingsgrad	Lukt	pH	Saltsmak	Søtsmak
Lagring tid	0	0,81 \pm 0,07	0,080 \pm 0,015	4,75 \pm 0,22	6,41 \pm 0,08	4,75 \pm 0,14	4,25 \pm 0,33
	7	0,88 \pm 0,05	0,108 \pm 0,010	4,51 \pm 0,14	6,53 \pm 0,05	5,00 \pm 0,09	3,94 \pm 0,21
	25	0,70 \pm 0,08	0,125 \pm 0,015	5,00 \pm 0,33	6,63 \pm 0,08	4,75 \pm 0,14	4,00 \pm 0,33
	82	0,77 \pm 0,07	0,088 \pm 0,015	5,00 \pm 0,22	6,65 \pm 0,07	5,00 \pm 0,14	4,75 \pm 0,33
Strømning	Lav	0,82 \pm 0,05	0,099 \pm 0,010	4,86 \pm 0,14	6,50 \pm 0,05	4,88 \pm 0,09	4,46 \pm 0,21
	Høy	0,76 \pm 0,04	0,102 \pm 0,015	4,77 \pm 0,14	6,62 \pm 0,05	4,88 \pm 0,08	4,01 \pm 0,20
Tetthet	Lav	0,79 \pm 0,05	0,093 \pm 0,009	4,81 \pm 0,14	6,44 \pm 0,04	4,78 \pm 0,09	4,10 \pm 0,21
	Høy	0,79 \pm 0,05	0,107 \pm 0,009	4,81 \pm 0,14	6,68 \pm 0,05	4,97 \pm 0,09	4,37 \pm 0,21

Variansanalyse (ANOVA) av overnevnte data er gitt i tabell 4.3, og viser statistisk signifikante sammenhenger mellom følgende variable:

Tabell 4.3 Forsøk C: F-verdier fra ANOVA

	Form	Fyllingsgrad	Lukt	pH	Saltsmak	Søtsmak
Lagringstid						
Strømning						
Tetthet				14,06		

Det er sett på F- og P- verdier i ANOVA-tabellen. Ved konfidensintervall $> 95\%$ er kun en statistisk signifikant sammenheng mellom tetthet og pH registrert. En multivariat analyse av data forklarer sammenhengene videre. Dette er vist i figur 4.2.



Figur 4.2 Partial Last Square-modell for forsøk C
 a) Forklaring av hvor mye modellen kan forklare av sammenhengen mellom utgangsvARIABLE basert på inngangsvARIABLE
 b) Estimering av hvor godt man kan forklare utgangsvARIABLENE basert på inngangsvARIABLENE

Figur 4.2 a) viser at man kan forklare 45% av pH i skjellmaten ved bruk av denne type modell. Korrelasjonskoeffisientene for denne modellen var $r^2 = 0,76$. Korrelasjonskoeffisienten indikerer at modellen er ikke sterk, men at man likevel grovt kan estimere verdier for pH, hovedsakelig basert på inngangsvariabelen tetthet, men med støtte fra lagringstid og strømningshastighet.

Figur 4.2 b) viser retning av sammenhenger mellom variablene. Figuren viser en signifikant sammenheng mellom pH og tetthet. pH og tetthet ligger i samme kvadrat. Det innebærer at pH og tetthet endres i samme retning.

I dette forsøket hadde ikke lagringstid noen effekt på skjellenes fysiske og sensoriske kvalitet. Dette i motsetning til de andre forsøkene, A og B, hvor lagringstid syntes å ha innvirkning på parametre som lukt og pH og til en viss grad også form og fyllingsgrad.

Det var forventet at ulike strømningshastigheter skulle gi en effekt på skjellenes kvalitet. Man vil tro at økt tilgang på friskt sjøvann vil gi en positiv effekt på skjellenes kvalitet, men utfra resultatene i tabell 4.2 er det kun registrert små endringer mellom høy og lav strømning og ikke påvist noen signifikante sammenhenger.

Vannkvaliteten ble periodisk registrert i strømningsforsøket og verdiene er gjengitt i tabell 4.4.

Tabell 4.4 Vannkvalitet i forsøk C

Uke 1996	Salinitet, ‰	Temperatur, °C	Oksygen, mg/l	Salinitet, ‰	Temperatur, °C	Oksygen, mg/l
	Høy strømning			Lav strømning		
9	23,0	3,0	10,5	23,0	4,0	10,0
10	20,7	4,2	9,1	22,6	3,7	8,0
11	23,8	4,6	9,0	24,2	4,5	8,0
12	-	-	-	-	-	-
13	23,6	3,9	9,0	23,6	4,0	7,2
14	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-
19	24,0	7,2	10,0	-	-	-

Vannkvaliteten betraktes som stabil men med svært lav og etterhvert stigende temperatur. Salinitetsmålingene er noe lavere enn flatøstersens trivselsnivå hvor nedre grense er 25 ‰. pH - registreringer mangler.

Dødeligheten var lav i begynnelsen av forsøket. Etter en uke ble det bare observert et dødt skjell i kasse utsatt for høy vanngjennomstrømning. Etter 8 ukers lagring steg antall døde noe. Dette faller sammen med en økning i temperaturen. Flest døde skjell ble observert i kasser plassert øverst i stabelen. Det var tilnærmet ingen forskjell i antall døde ved høy og lav vanngjennomstrømning. Datamaterialet for dødelighetsobservasjoner er for lite til å kunne påpeke noen statistiske sammenhenger.

5 Tetthetsforsøk med oppbevaring av *Ostrea edulis* i lukkede lageranlegg med 100 % resirkulering

5.1 Materiale og metode

To forsøk i lukkede anlegg basert på 100 % resirkulering ble gjennomført, et hos skjellgrossisten Naustvik Storkjøkken AS, og et ved Institutt for tekniske fag, NLH. Forsøk hos Naustvik Storkjøkken AS, forsøk D, ble utført om sommeren, fra 10. - 21. juni 1996. Forsøk på Institutt for tekniske fag, forsøk E, på ble utført om vinteren, fra 21. nov. til 9. des. 1996.

5.1.1 Materiale

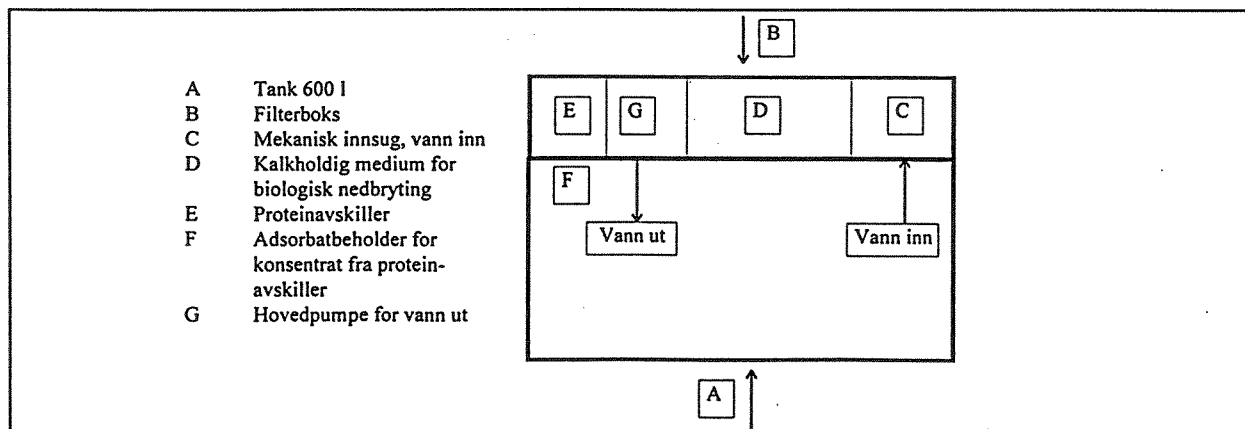
Tabell 5.1 Data for skjell benyttet i forsøk D og E

Materiale:	Forsøk D	Forsøk E
Skjell hentet fra	Gjennomstrømningsbasseng, SSF, forsøk A	Gjennomstrømningsbasseng, SSF, forsøk B
Innsettingstidspunkt	10.06.96	21.11.96
Art	Europeisk flatøsters (<i>Ostrea edulis</i>)	Europeisk flatøsters (<i>Ostrea edulis</i>)
Vekt, gjennomsnittsverdi, g ±std	64 ± 16	74 ± 23
Alder, år	4 - 6	4 - 6

5.1.2 Tekniske data - lukkede anlegg

Naustvik Storkjøkken AS:

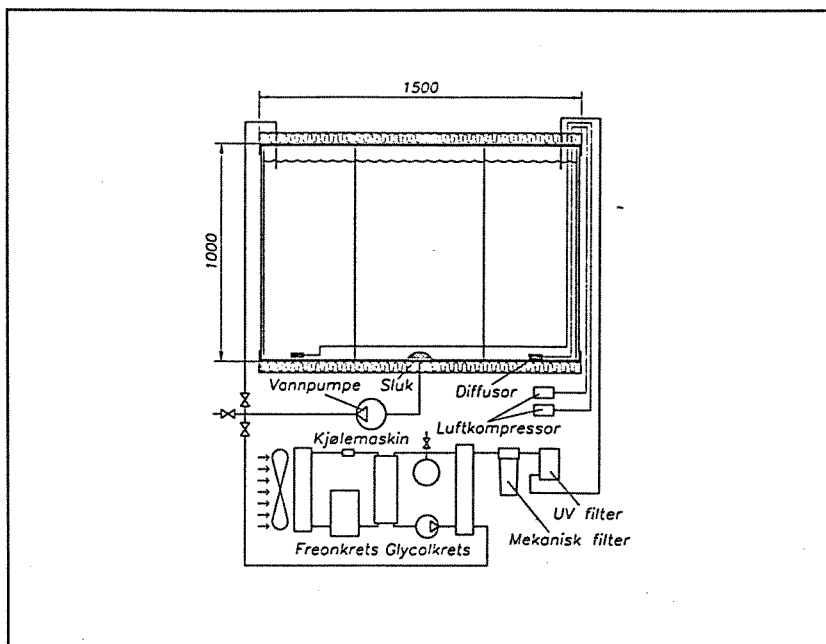
Et kar på 0,6 m³ med innebygget resirkuleringskrets ble benyttet i forsøket (figur 5.1). Saltvann ble laget kunstig ved å tilsette sjøsalt av type Biosal slik at saltinnholdet ble ca. 30 %. Det ble benyttet vanlig kranvann (kommunalt drikkevann) i forsøket. Det kunstige sjøvannet ble modnet i et døgn før skjellene ble plassert i karet. Skjellene ble lagret i svarte plastkasser, 67×43×12 cm, med perforerte vegger. Kassene ble plassert direkte på bunnen i karet.



Figur 5.1 Prinsippkisse av lukket lageranlegg ved Naustvik Storkjøkken

Institutt for tekniske fag:

Et akvarium med innebygget resirkuleringskrets ble benyttet i dette forsøket. Saltvann ble kunstig laget tilsvarende som for Naustvik-forsøket. For å unngå eventuelle effekter av restklor-produkter, bakterier osv. i kranvannet ble det montert et aktiv kullfilter for å fjerne disse forbindelsene. Det kunstige sjøvannet ble laget ca. en uke før skjellene ble plassert i anlegget. Rett før innplassering av skjell i akvariumet ble aktiv-kullfilteret fjernet. Figur 5.2 viser en prinsippskisse av akvariets oppbygging. Akvariumet har et volum på $1,8 \text{ m}^3$ (høyde 1,0 m, diameter 1,5 m) og en vannstrøm på 90 l/min. Vannstrømmen er fordelt på to sløyfer, med kapasitet på henholdsvis 15 l/min og 75 l/min. På sløyfen med lavest vannstrøm er det montert et mekanisk filter og et UV-filter. Kjøleanlegg sørger for at vanntemperaturen justeres i forhold til ønsket nivå. I forsøket ble ikke akvariumet fylt helt opp, bare slik at vannoverflaten akkurat dekket kassene, ca. 0,4 m. Akvariet var dekket av et «lokk» av isopor. Skjellene ble lagret i svarte plastkasser, $67 \times 43 \times 12 \text{ cm}$, med perforerte vegger. Bunnen i akvariet var dekket av steiner. Kassene med skjell ble plassert oppå disse.



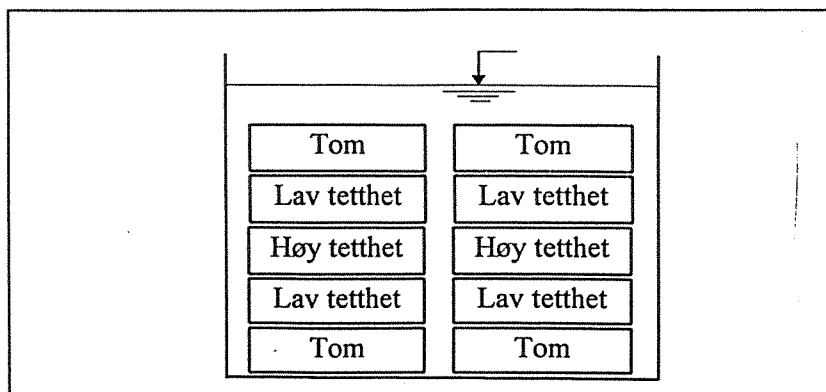
Figur 5.2 Prinsippskisse av lukket lageranlegg ved Institutt for tekniske fag

5.1.3 Forsøksoppsett

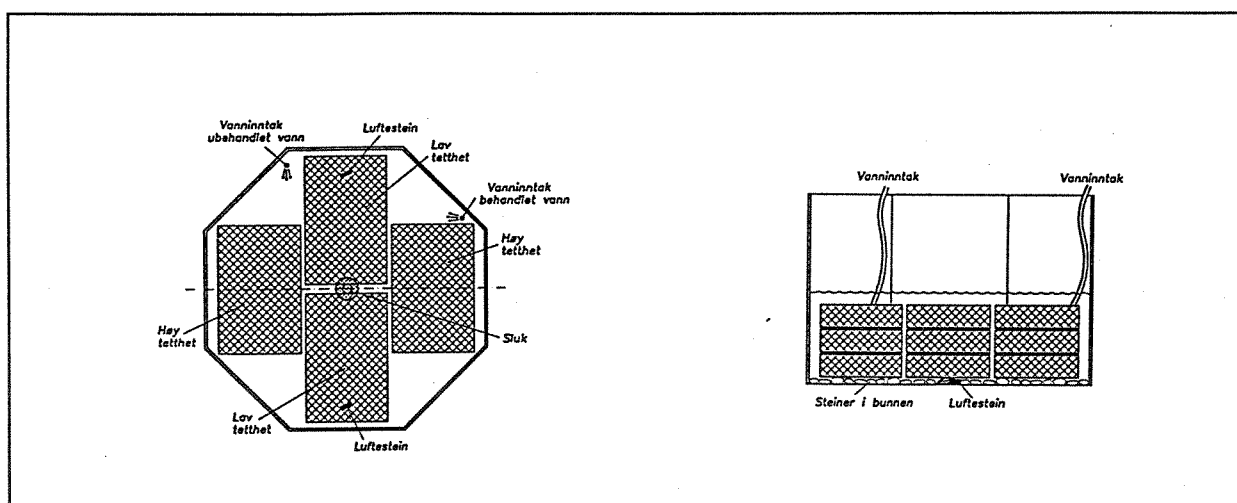
Tabell 5.2 Forsøksoppsett for forsøk D og E

Data:	Forsøk D	Forsøk E
Innlagring	2 stabler á 5 kasser hvor av 3 m/skjell	4 stabler á 3 kasser hvor av 2 m/skjell
Totalt antall skjell	600	1000
Varighet	20 dager	20 dager
Innlagringstetthet, skjell per kasse	Lav = 50 Høy = 200 Kasser med høy og lav tetthet i hver stabel	Lav = 50 Høy = 200 To kassestabler per tetthet
Registreringer	- Dødelighet - Fysiske parametre - Sensoriske parametre - Vannkvalitet	- Dødelighet - Fysiske parametre - Sensoriske parametre - Vannkvalitet

Skisser av kassenes plassering i de lukkede anleggene er vist i figur 5.3 og 5.4



Figur 5.3 Kassenes plassering i tank hos Naustvik Storkjøkken



Figur 5.4 Kassenes plassering i akvarium på Institutt for tekniske fag, sett ovenfra og fra siden. Øverste kasse i hver stabel er tom.

5.1.4 Registreringer

Dødelighet ble registrert en gang i uken i forsøksperiodene.

Fysiske parametre:

Som for tetthetsforsøk i åpne lagringsanlegg, kap.3, avsnitt 3.1.4.

Sensoriske parametre:

Som for tetthetsforsøk i åpne lagringsanlegg, kap.3, avsnitt 3.1.4.

Vannkvalitet:

Vannkvaliteten ble kontinuerlig registrert i de lukkede lagringsanleggene. Det samme utstyret ble brukt i begge forsøkene.

Måleparameter:

Salinitet
Oksygen
Temperatur
pH

Måleutstyr:

Sensordata SD 202, 0-40 PSU +/- 0,02 %
Polarographic electrode fra Oxyguard
Sensordata SD 202, 2-40 GRD +/- 0,01 %
WTW, pH 196, 0-14 pH +/- 0,01 pH

5.1.5 Statistisk modell

Som for tetthetsforsøk med åpne lagringsanlegg, kap. 3, avsnitt 3.1.5.

5.2 Resultater og diskusjon

Forsøk D Tetthetsforsøk i lukket anlegg, Naustvik Storkjøkken AS, 10. - 21. juni 1996

Skjellene brukt i dette forsøket ble overført fra tetthetsforsøk A på Sydnes Skjell & Fisk. Dette innebærer at skjellene allerede hadde tilbrakt 82 dager i et åpent lagringsanlegg før de ble satt inn i den lukkede resirkuleringstanken hos Naustvik. På grunn av praktiske problemer ble skjellene lagret på is en uke før de ble satt inn i resirkuleringstanken. Det ble foretatt målinger av skjellkvaliteten før og etter islagringen, men ingen store endringer ble påvist i løpet av denne uken. Tabell 5.3 viser de fysiske og sensoriske endringene i løpet av forsøk D (fra innsett i resirkuleringstank til uttak).

Tabell 5.3 *Oppsummering av observasjoner under forsøk D (gjennomsnitt ± standard avvik)*

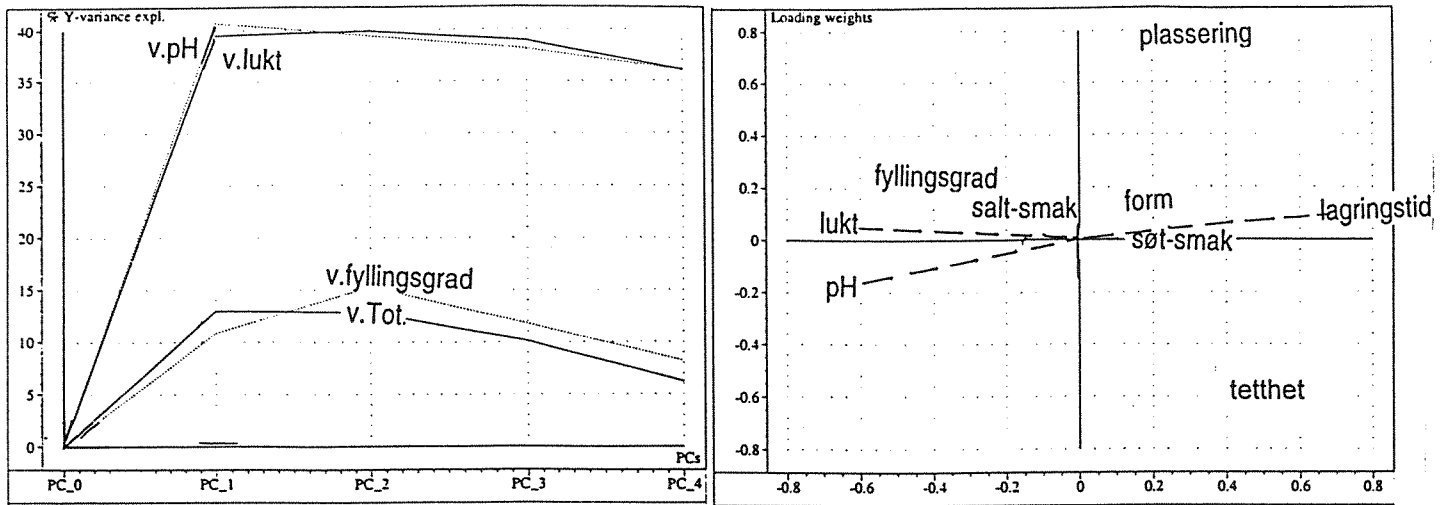
	Nivå	Form	Fyllingsgrad	Lukt	pH	Saltsmak	Søtsmak
Lagringstid	4	0,69±0,03	0,112±0,005	2,98±0,21	6,78±0,10	3,44±0,12	3,42±0,13
	11	0,72±0,03	0,094±0,005	1,79±0,25	6,02±0,12	3,27±0,14	3,63±0,15
Plassering	Bunn	0,65±0,05	0,095±0,009	3,05±0,42	6,74±0,20	3,36±0,23	3,59±0,25
	Midt	0,73±0,04	0,111±0,006	1,85±0,42	6,21±0,14	3,14±0,16	3,20±0,17
	Topp	0,73±0,05	0,102±0,008	2,25±0,38	6,24±0,19	3,56±0,22	3,79±0,23
Tetthet	Lav	0,72±0,03	0,116±0,005	2,63±0,22	6,39±0,11	3,30±0,12	3,22±0,13
	Høy	0,70±0,05	0,089±0,009	2,13±0,42	6,41±0,21	3,41±0,24	3,83±0,25

Variansanalyse (ANOVA) av overnevnte data er vist i tabell 5.4, og viser, ved konfidensintervall > 95 %, statistisk signifikante sammenhenger mellom følgende variable:

Tabell 5.4 *Forsøk D: F-verdier fra ANOVA*

	Form	Fyllings-grad	Lukt	pH	Saltsmak	Søtsmak
Lagringstid		10,03	19,61	33,01		
Plassering				3,57		
Tetthet		4,7		14,06		

Tabell 5.4 viser at det finnes signifikante sammenhenger mellom lagringstid i resirkuleringstanken og lukt og pH. En multivariat analyse av data forklarer sammenhengene videre. Dette er vist i figur 5.5.



a)

b)

Figur 5.5 Partial Last Square- modell for forsøk D

a) Forklaring av hvor mye modellen kan forklare av sammenhengen mellom utgangsvARIABLE basert på inngangsvARIABLE

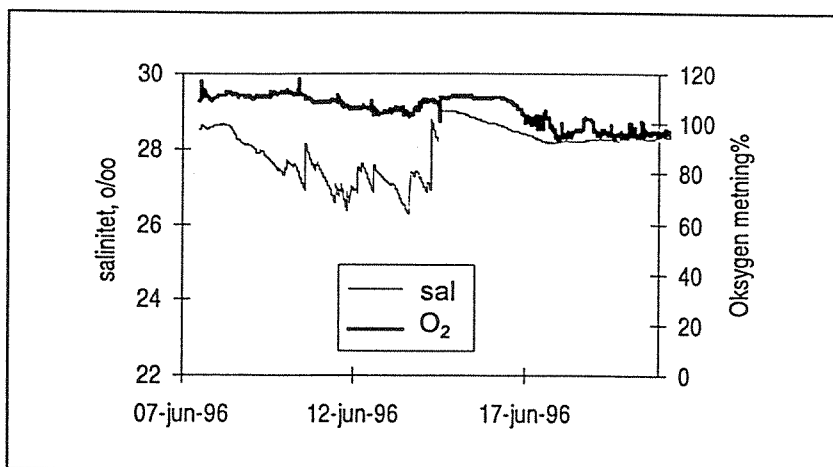
b) Estimering av hvor godt man kan forklare utgangsvARIABLE basert på inngangsvARIABLE

Figur 5.5 a) viser at man kan forklare ca. 40 % av pH i skjellmat og ca. 40 % av skjellenes lukt basert på inngangsvARIABLE. Korrelasjonskoeffisientene (r^2) var 0,69 for pH og 0,68 for lukt. Korrelasjonskoeffisientene indikerer at modellene er relativt svake. Det vil si at det i praksis er vanskelig å estimere mulige verdier for lukt og pH på basis av inngangsvARIABLE.

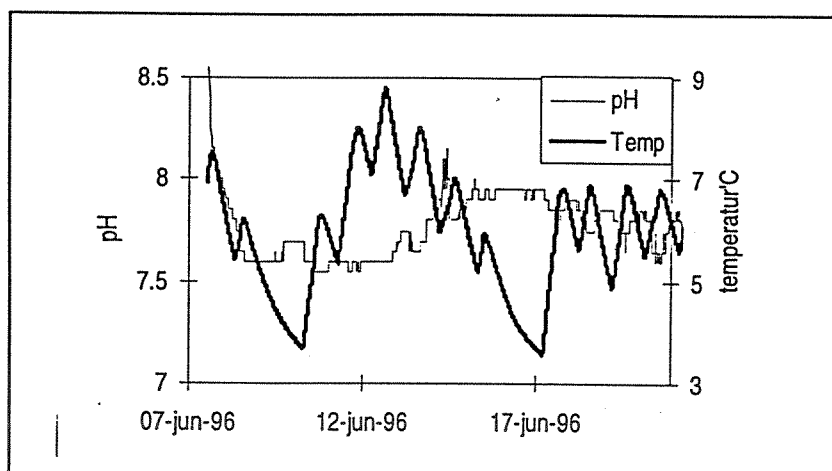
Figur 5.5 b) viser retning av sammenhenger. pH og lukt ligger på motsatt side av aksekorset i forhold til lagringstid. Dette innebærer at lengre lagringstid medfører avtagende verdier for pH og lukt. Det vil si at skjellmaten blir noe surere og lukten dårligere. Spesielt den merkbart dårligere lukten har sannsynligvis sammenheng med redusert friskhet på det resirkulerte vannet. Dette resultatet er motsatt av det som ble observert for forsøk i åpne tanker. Da ble lukten tvertimot forbedret med lagringstiden, men så var også skjellene i dette forsøket hele tiden forsynt med nytt friskt vann. I åpne anlegg kan det ha vært for høy tetthet som forårsaket reduksjon i luktkvaliteten.

Noen svake, men ikke signifikante, sammenhenger mellom tetthet og fyllingsgrad, lagringstid og fyllingsgrad ble påvist. Det var forventet at skjellene ville tape noe vekt i denne type lagring. Sjøvannet var kunstig laget og ble ikke tilført noe næring.

Etter 11 dagers lagring i den lukkede tanken døde alle skjellene og hverken plassering i kassestabel eller tetthet i kassene spilte da noen rolle. Dødeligheten var total. En årsak kan være at vannkvaliteten var varierende i dette forsøket. Spesielt temperaturen svingte mye i tillegg til at vannkvaliteten i utgangspunktet kan ha vært dårlig. Det ble benyttet kranvann som ikke var rensert før skjellene ble satt inn. Kranvann inneholder blant annet klorforbindelser som kan være skadelig for skjellene. Lagertanken var også plassert på et kjølelager hvor transport forbi lagertanken til tider var svært stor. Det er mulig at luftforurensinger kan ha bidratt til en forverring av vannkvaliteten for skjellene. Figur 5.6 og 5.7 viser vannkvaliteten i løpet av forsøket.



Figur 5.6 Oksygen- og salinitetsforhold i forsøk D



Figur 5.7 pH og temperaturforhold i forsøk D

Forsøk E Tetthetsforsøk i lukket anlegg, Institutt for tekniske fag, 21. nov - 9. des. 1996

Skjellene i dette forsøket ble overført fra tetthetsforsøket på Sydnes, forsøk B, og så innsatt i et 100 % resirkuleringsanlegg på Institutt for tekniske fag. Ved innsetting i dette anlegget hadde skjellene altså vært forhåndslagret 30 dager i et åpent lageranlegg. Tabell 5.5 viser de fysiske og sensoriske endringer i løpet av forsøket.

Tabell 5.5 Oppsummering av observasjoner under forsøk E (gjennomsnitt \pm standard avvik)

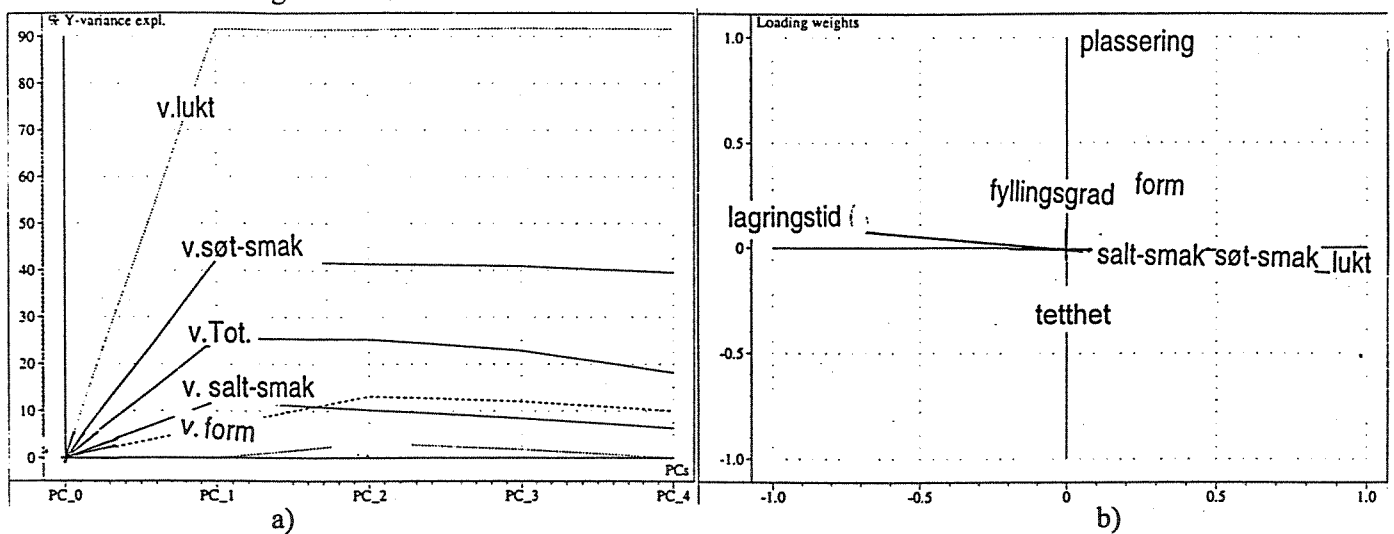
	Nivå	Form	Fyllingsgrad	Lukt	Saltsmak	Søtsmak
Lagringstid	0	0,74 \pm 0,03	0,123 \pm 0,007	4,96 \pm 0,03	3,88 \pm 0,11	3,97 \pm 0,10
	20	0,66 \pm 0,03	0,125 \pm 0,007	4,01 \pm 0,03	3,46 \pm 0,11	3,18 \pm 0,10
Plassering	Bunn	0,65 \pm 0,03	0,117 \pm 0,007	4,46 \pm 0,03	3,67 \pm 0,11	3,56 \pm 0,10
	Midt	0,75 \pm 0,03	0,133 \pm 0,007	4,50 \pm 0,03	3,67 \pm 0,11	3,60 \pm 0,10
Tetthet	Lav	0,70 \pm 0,04	0,131 \pm 0,009	4,50 \pm 0,04	3,69 \pm 0,13	3,50 \pm 0,12
	Høy	0,70 \pm 0,03	0,119 \pm 0,006	4,47 \pm 0,03	3,66 \pm 0,10	3,66 \pm 0,08

Variansanalyse (ANOVA) av overnevnte data er vist i tabell 5.6 og viser, ved konfidensintervall > 95 %, statistisk signifikante sammenhenger mellom følgende variable:

Tabell 5.6 Forsøk E: F-verdier fra ANOVA

	Form	Fyllings-grad	Lukt	Saltsmak	Søtsmak
Lagringstid			5,23	7,29	34,0
Plassering	5,73				
Tetthet					

Tabell 5.6 viser at det finnes signifikant sammenheng mellom lagringstid i resirkuleringsanlegget og utgangsvarene lukt- og søtsmak. En multivariat analyse av data forklarer sammenhengene videre. Dette er vist i figur 5.8.



Figur 5.8 Partial Last Square-modell for forsøk E
a) Forklaring av hvor mye modellen kan forklare av sammenhengene mellom utgangsvarene basert på inngangsvarene
b) Estimering av hvor godt man kan forklare utgangsvarene basert på inngangsvarene

Figur 5.8 a) viser at man kan forklare ca. 90% av skjellenes lukt og ca. 40% av skjellenes søtsmak basert på inngangsvarene. Korrelasjonskoeffisientene (r^2) var 0,96 for lukt og 0,67 for søtsmak. Korrelasjonskoeffisienten for lukt er sterk og indikerer at denne parameteren kan modelleres fra inngangsvarene.

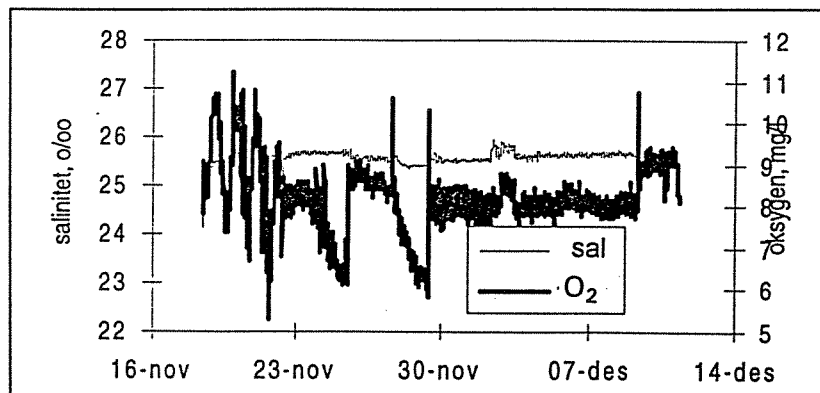
Figur 5.8 b) viser retning av sammenhengene. Både lukt og søtsmak ligger på motsatt side av aksekorset i forhold til lagringstid. Det betyr at økende lagringstid vil forverre lukten av skjellene og redusere søtsmaken. En svak sammenheng ble påvist mellom skjellenes plassering i kassestabel (bunn, midt) og formen på skjellinnmaten. Plassering gav ikke signifikante endringer for noen av de andre skjellkvalitetsparametrene.

Betydningen av tetthet i kassene hadde ingen signifikant effekt på skjellkvaliteten i dette forsøket.

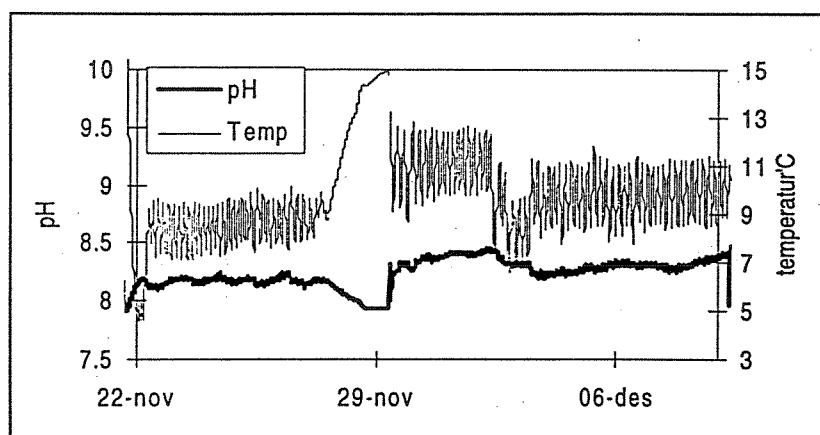
Datamaterialet for dødelighetsregistreringer er for lite til at det kan vurderes statistisk men noen tydelige trender ble likevel observert. Det ble registrert en økt dødelighet mot slutten av forsøket. Den totale dødeligheten i forsøket var 5 %. Flest døde skjell ble observert i kassene med høy tetthet,

plassert midt i kassestabelen. I tillegg til de døde skjellene ble det observert at ganske mange skjell var «slappe», det vil si at de var halvåpne og lukket seg sent når de ble utsatt for en ytre mekanisk belastning. Som beskrevet i forsøk A og B ble det også i dette forsøket registrert et brunt slamteppe. Dette «teppet» utviklet seg merkbart mot slutten av forsøket.

Vannkvaliteten ble kontinuerlig registrert i forsøket og er vist i figur 5.9 og 5.10. Midt i forsøket steg temperaturen til over 15 °C. Dette skyldes at kjøleanlegget uforutsett slo seg av. Jevnt over lå temperaturen mellom 9 - 11°C. Vannkvaliteten må betraktes som relativt stabil gjennom forsøket og kan ha vært en medvirkende årsak til at skjellene hadde en relativt god kvalitet, selv etter 20 dager i et resirkuleringssystem.



Figur 5.9 Salinitet og oksygeninnhold i forsøk E



Figur 5.10 pH og temperaturnivå i forsøk E

6 Sammenfattende diskusjon

I de beskrevne forsøkene har det vært et mål å vurdere hvordan ulike parametre ved lagring innvirker på skjellenes fysiske og sensoriske kvalitet. Fysiske målinger av skjell som vekt og høyde er foretatt ved bruk av vekt og linjal og er målemetoder som kan betraktes som relativt sikre. Ved vurdering av sensorisk kvalitet er resultatene beheftet med større usikkerhet. I forsøkene er det lagt vekt på å vurdere enkle sensoriske parametre som lukt og smak (søtsmak og saltsmak). Det ble før igangsetting av forsøkene utarbeidet et graderingsskjema (vedlegg 2) som skulle bidra til en så ensartet kvalitetsbedømming av skjellene som mulig. Opplevelse av smak og lukt kan være svært forskjellig fra person til person og dermed vil sensorisk kvalitet alltid være påvirket av subjektive vurderinger. Resultatene fra sensoriske kvalitetsvurderinger må betraktes i lys av dette, men resultatene gir likevel en pekepinn på hvordan kvaliteten på skjellene har endret seg i løpet av lagringsfasen.

Totalt er det beskrevet fem ulike forsøk i denne rapporten. Hovedmålet med forsøkene er de samme: Å definere hvordan ulike parametre ved lagring innvirker på skjellenes fysiske og sensoriske kvalitet. Hovedtrekkene ved forsøkene er hensiktsmessig å diskutere sammen. Det vil i den oppsummerende diskusjonen bli lagt vekt på betydningen av følgende parametre:

- Tetthet
- Plassering
- Lagringstid
- Vannstrøm
- Kontroll over vannkvalitet
- Tekniske vurdering av anlegg
- En kort sammenligning av åpne vs. lukkede anlegg

6.1 Tetthet

Tetthet ble vurdert som en viktig parameter for å sikre optimale forhold for skjellene i lagringsfasen. Fra et anleggsteknisk synspunkt er innlagringstetthet viktig. Høyere innlagringstetthet kan begrense størrelsen på lageranleggene og dermed redusere anleggskostnader, arealbehov osv. Wood (1961) har anbefalt en øvre grense for tetthet ved lagring av østers på 500 skjell /m². Dette er fra annet hold (Ayres, 1978) hevdet å være for høyt. I våre forsøk ble høy tetthet definert som ca. 200 skjell pr. kasse. En kasse har et flateareal på ca. 0,3 m². Tetthetsgrense på 500 skjell/m² gir nedskalert til våre «kassareal» en grense på 150 skjell/0,3 m². Dette tyder på at vår definerte høye tetthet kan være for høyt. I gjennomstrømningsanleggene ble det påvist signifikante sammenhenger mellom tetthet og kvalitetsparametrene lukt og fyllingsgrad og det kan synes som om lagring ved høy tetthet gir dårligere kvalitet på skjellene for disse parametrene. Dårligere resultat for lukt og fyllingsgrad ved høy tetthet ble også observert i lukkede anlegg.

I strømningsforsøket var det en sterk sammenheng mellom tetthet og pH-nivået i skjellmaten. pH økte ved høy tetthet. Dette resultatet er vanskelig å forklare da det avviker i forhold til de andre forsøkene. Her ble det kun registrert ubetydelige forandringer i pH-nivå mellom høy og lav tetthet.

I samtlige forsøk syntes det ikke som om kvalitetsparametrene salt og søtsmak ble påvirket av lagringstetthet. Det var heller ingen trend i resultatene som viste at høy tetthet eksempelvis gav lavere score på skalaen for salt- og søtsmak enn lav tetthet. Formen på skjellmaten er vurdert som ideell hvis den nærmer seg forholdstallet 1. Formen på skjellmaten var tilnærmet uforandret i alle forsøkene.

Foruten registrering av skjellenes fysiske og sensoriske kvalitet er observasjoner av dødelighet en viktig faktor. Dødeligheten var lav i alle forsøkene, bortsett fra forsøk D hos Naustvik Storkjøkken hvor samtlige skjell døde etter 11 dagers lagring. Det har ikke vært mulig å påvise statistiske sammenhenger mellom dødelighet og lagringstetthet, men trendene i resultatene er tydelige. I forsøkene ble det registrert høyere dødelighet i kasser med høy tetthet. Dette indikerer at innlagring ved høy tetthet ikke gav et tilfredstillende miljø for skjellene.

6.2 Plassering

Med plassering menes i disse forsøkene plassering av skjellene i kassestabel, det vil si om de ble lagret i bunn-, midt- eller toppkasser. I alle forsøkene unntatt strømningsforsøket, forsøk C, ble sammenhengen mellom plassering av skjell i kassestabel og fysiske og sensoriske kvalitetsparametre vurdert. Det ble ikke påvist signifikante sammenhenger for noen av kvalitetsparametrene, hverken for åpne eller lukkede anlegg. I forsøk A og E ble det påvist en svak sammenheng mellom plassering og form på skjellmaten. I forsøk D ble det påvist en svak sammenheng mellom plassering og pH-nivå i skjellmat.

Til tross for manglende signifikante sammenhenger kan det påvises noen trender i resultatene. Formen på skjellmaten var uforandret eller noe bedre for skjell lagret i midt eller toppkasser i forhold til bunnkasser. Fyllingsgraden var også tilnærmet uforandret eller noe bedre for skjell lagret i midt eller toppkasser i forhold til bunnkasser. Inntaksvannet i forsøkene inneholdt lite næring, men det synes som om skjell lagret høyere oppe i kassestablene fikk bedre tilgang på næringsstoffene enn skjell lagret nær bunnen og dermed klarte å opprettholde form og vekt bedre.

I skjellkvalitetssammenheng er god lukt definert som en duft av frisk sjøluft. For parameteren lukt var det vanskelig å se noen trend i resultatene. I forsøk B og E hvor det kun var to nivåer av plassering (bunn og midt) hadde skjell lagret i midt-kassene noe bedre lukt enn skjell lagret nærmest bunnen. For forsøk A og D som opererte med tre plasseringsnivåer (bunn, midt og topp) hadde skjellene i bunnkassene noe bedre lukt enn skjell lagret lenger oppe i stabelen. Ut fra disse resultatene synes det ikke som om plassering av skjell har noen innflytelse på luktkvaliteten.

I forsøk A og D ble pH i skjellmaten målt, men det var ingen trend i resultatene. I forsøk A økte pH-nivået ved lagring i midt- og toppkasser. I forsøk D ble pH-nivået redusert. For parametrene salt og søt smak var det for samtlige forsøk ubetydelige endringer mellom plasseringsnivåene.

Totalt sett kan resultatene tyde på at plassering av skjell i kassestabel ikke har noen stor effekt på skjellenes kvalitet. I praksis vil det si at lagring i stabler kan la seg gjøre uten at dette får betydning for kvaliteten på skjellene, og at det ikke er noen forskjell mellom lagring i bunnkasser eller kasser høyere oppe. Mulighet for å utforme anlegg basert på kasselagring er viktig da det vil være både plassbesparende, kreve mindre anleggsareal og gi en mer effektiv utnyttelse av lagringsvolumene. Det er likevel viktig å vurdere den tekniske utformingen av anleggene, det vil si plassering av vanninntak og utforming av strømningsregime i tankene, når man lagrer skjell i høyden. Det må sikres at skjellenes betingelser er like gode langt nede som høyere oppe i lagringsanlegget. I strømningsforsøket, forsøk C, ble det imidlertid ikke påvist noen forskjeller i hverken fysisk eller sensorisk kvalitet selvom skjellene ble utsatt for både høy og lav vanngjennomstrømning. Det er uvisst hva som er de ytre grenser for høy og lav vanngjennomstrømning i et lagringsanlegg, men resultatene fra forsøk C kan tyde på at skjellene ikke får en bedre kvalitet ved å øke vanngjennomstrømningen. Datagrunnlaget fra dette forsøket er for lite til å trekke entydige konklusjoner.

I samtlige forsøk ble det registrert en høyere dødelighet i midt - og toppkasser, sammenlignet med bunnkasser. Dette kan bety at lagringsbetingelsene for skjell i øvre kasser ikke er bedre enn for skjell lagret nærmere bunnen. Partikulært materiale i vannet kan være en av årsakene til dette. Partikler i vannet vil etterhvert bunnfelle og vil først «treffe» de øverste kassene i stabelene. Driftserfaringer fra Sydnes Skjell & Fisk tyder på at dette «teppet» av bunnfelt partikulært materiale legger seg i et betydelig tykkere lag i kasser øverst i stabelen fremfor kasser lenger nede i stabelen. Bunnfallet forringer miljøet for skjellene slik at det medfører økt dødelighet.

6.3 Lagringstid

Lagringstid er en viktig parameter og har også stor praktisk betydning. Seaman (1991) hevder at stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*) kan lagres i luft i 20 uker dersom de dusjes kontinuerlig med sjøvann. I våre forsøk ble skjellene lagret i et miljø tilnærmet de omgivelser skjellene har i sjøen. Lagringstiden i de ulike forsøkene varierte, med lengst tid for forsøk A, C og D. Av de inngangsparametrene som ble vurdert i forsøkene var lagringstid den som viste flest sammenhenger med skjellenes kvalitetsparametre.

Lukt er den parameteren som gjennomgående viser en sterk sammenheng med lagringstid, bortsett fra i strømningsforsøket hvor det ikke i noen tilfeller ble påvist sammenhenger med kvalitetsparametrene. Resultatene viser at lukt har en sterk sammenheng med lagringstid i forsøk B, D og E. I forsøk A er sammenhengen svakere. I åpne anlegg, forsøk A og B, ble lukten bedre i løpet av lagringstiden. I lukkede anlegg, forsøk D og E, ble lukten dårligere. Dette har sannsynligvis en sammenheng med vannkvaliteten i de to anleggskonseptene. I åpne anlegg forsynes tankene hele tiden med friskt, nytt vann. I resirkuleringsanlegg brukes det samme vannet om igjen. I tillegg ble sjøvannet i resirkuleringsstankene kunstig laget, og den naturlige friske sjølukten vil derfor mangle.

pH i skjellmat ble registrert i forsøk A og D, og i begge tilfeller var det en sterk sammenheng med lagringstid. I åpent anlegg, forsøk A, økte pH med tiden, mens den i lukket anlegg, forsøk D, sank. En generell problemstilling for resirkuleringsanlegg er å ha kontroll med pH-nivået. Biologisk filter er en nødvendig komponent i resirkuleringsanlegg. Biologisk filter fjerner ammoniakk, men i tillegg forbrukes alkalitet (Gebauer, m.fl., 1992). Redusert alkalitet medfører at pH-nivået synker. Det mangler pH-registreringer i vannet fra forsøk A. I forsøk D ble det utført kontinuerlige målinger. pH i dette forsøket sank fra ca. 8,5 i begynnelsen til 7,7 ved avslutning. Endringene i pH lå innenfor det som er anbefalt ved lagring av østers (Furfari, 1989). pH-målingene av selve skjellmaten ble utført ved å trykke en målesonde mot skjellmaten. Det er grunn til å tro at pH-nivået i vannet påvirket pH-målingene av selve skjellkjøttet. Likevel var disse målingene generelt lavere enn vannets pH. Dette kan ha sammenheng med skjellenes egen metabolisme. Metabolske prosesser produserer H^+ -ioner som bidrar til å redusere pH-nivået i skjellmaten. Dette kunne observeres i forsøk D. Det er mulig at lagring av skjell i resirkuleringsanlegg kan bidra til en forsurening av skjellinmaten. Dette skyldes da en kombinasjon av resirkuleringsprosessen hvor biologisk filter forbruker alkalitet og skjellenes egen metabolisme. I åpent anlegg ble det ikke registrert lavere pH i skjellmat over tid. Dette var heller ikke forventet da det ikke er noen grunn til pH-nedgang så lenge skjellene hele tiden får tilført nytt og friskt sjøvann. Det ble ikke registrert pH-verdier på skjellmat i forsøk B og E. Dette gjør at datagrunnlaget er for lite til å trekke konklusjoner fra pH-målingene.

Det ble ikke registrert noen statistiske sammenhenger mellom lagringstid og form og fyllingsgrad i forsøkene, og det var også vanskelig å påpeke noen trender i resultatene. Formen på skjellmaten ble i liten grad endret med lagringstiden. Selv for skjell som ble lagret i 12 uker, forsøk A, var det liten forskjell i forhold til skjell lagret i 4 uker, forsøk B. Fyllingsgraden var uforandret i forsøkene i åpne anlegg, mens den i det ene forsøket i lukket anlegg, forsøk D, gikk ned. Det var forventet en større nedgang i fyllingsgraden, spesielt for skjellene i de lukkede anleggene. Disse fikk ikke tilført noe

næring via inntaksvannet. Det syntes som om skjellene opprettholdt fyllingsgraden over en viss tid, til tross for lite næringstilgang. Metabolske prosesser er sterkt koblet til temperatur og generelt vil lave temperaturer holde denne type aktivitet på et lavt nivå. Temperaturnivåene i forsøkene var lave, 3-11 °C. Skjellenes metabolisme har dermed lagt på et lavt nivå og til tross for lite næringstilgang har skjellene likevel greid å opprettholde vekten. Resultatene viser at andre faktorer som for eksempel høy lagringstetthet kan ha større negativ effekt på fyllingsgraden.

Salt- og søtsmak viste ingen sammenheng med lagringstid, bortsett fra forsøk E hvor det var en sterk sammenheng mellom lagringstid og søtsmak. I tillegg viste saltsmak en svak sammenheng. For begge faktorene ble smaken dårligere med tiden dvs. de scoret lavere på kvalitetsskalaen. Redusert smakskvalitet kan ha sammenheng med vannkvaliteten. Det er vanskelig å trekke en entydig konklusjon fra resultatene da de andre forsøkene viste at det ikke var noen sammenheng mellom smak (salt og søt) og lagringstid.

I samtlige forsøk ble det registrert en økende dødelighet med tiden, selvom den totale dødeligheten i forsøkene, unntatt forsøk D, må betraktes som lav. Økt dødelighet mot slutten av forsøksperiodene kan bety at det er nådd en grenseterskel for hvor lenge skjellene kan oppbevares i et lagringssystem under de gitte betingelser. I forsøk E var det tydelig at denne grensen nærmet seg da forsøket ble avsluttet etter 20 dager, med en total lagring på 30 + 20 dager. Midt i forsøksperioden ble det ikke registrert noen døde, men mot slutten av forsøket steg dødeligheten. I tillegg var mange skjell «slappe». Disse ville sannsynligvis ha dødd ved videre håndtering.

I forsøk D døde alle skjellene etter 11 dagers lagring. Total hadde skjellene da blitt lagret i 82 + 11 dager. Det er grunn til å tro at grenseterskelen for lagring da ble nådd. I tillegg spilte vannkvaliteten en avgjørende rolle i dette forsøket. Dette diskuteres nærmere under avsnitt 6.5 «Betydning av vannkvalitet».

6.4 Vanngjennomstrømning

Resultatene fra strømningsforsøket, forsøk C, viste at hverken høy eller lav vannstrøm hadde noen effekt på skjellenes kvalitet. Ingen statistiske sammenhenger ble påvist og det var også vanskelig å spore en trend i resultatene, som for eksempel at lav vannstrøm generelt gir dårligere skjellkvalitet enn høy vannstrøm. Det er naturlig å tro at vanngjennomstrømning har en avgjørende betydning for skjellenes kvalitet. Eksempelvis burde økt vannstrøm bedret strømningsbildet i lagertankene slik at skjellene fikk en kontinuerlig tilgang på friskt vann. Det er mulig at forskjellene i forsøket hadde blitt tydeligere hvis en hadde operert med flere nyanser av høy og lav vanngjennomstrømning. Det er foruten vanngjennomstrømning studert andre faktorer som lagringstid og -tetthet. Disse faktorene kan ha «overskygget» en eventuell effekt av ulik vannstrøm.

6.5 Betydning av vannkvalitet

Tilfredstillende vannkvalitet er viktig for å kunne opprettholde høy skjellkvalitet i en lagringsfase. I litteraturen og fra kommersielle lageranlegg er det anbefalt nivåer for optimal vannkvalitet:

Temperatur: 4,5-10 °C, helst 7 °C (Seaman, 1991)
Saltinnhold: 25 ‰. Europeisk flatøsters trives ved høyt og stabilt saltinnhold (Korringa, 1976)
Oksygen: Min. 50 % metning (Ayres, 1978). Dette tilsvarer 4,9 mg oksygen/l vann (i sjøvann 33 ‰, ved 7 °C) (Gebauer m.fl., 1992).
pH: 7 < pH < 8,4 (Furfari, 1989)

Vannkvaliteten ble betraktet som nokså stabil i alle forsøkene, bortsett fra en del svinginger i temperatur. I forsøk A var temperaturen i begynnelsen av forsøket meget lav (3 °C) og under den nedre anbefalte temperaturgrense for lagring av skjell. Temperaturen steg jevnt i løpet av forsøket, og var den av vannkvalitetsparametrene som ikke holdt seg stabil. Skjellene viste lite endringer i skjellkvalitet i løpet av forsøket. Det kan tyde på at vannkvaliteten må betraktes som tilfredstillende. I forsøk B holdt temperaturen seg også stabil, men lå på et høyere nivå, ca. 9 °C, enn i forsøk A. Resultatene viser at kvaliteten på skjellene endret seg lite i løpet av forsøket. Utfra dette kan man konkludere med at vannkvaliteten må betraktes som god. Ved å sammenligne skjellkvaliteten i forsøk A og B er det heller ingen store forskjeller. Dødeligheten var imidlertid større i forsøk A enn B. Dette kan tyde på at for store svinginger i temperatur ikke er gunstig. En annen årsak til økt dødelighet kan være at skjellene i forsøk A ble lagret i en betydelig lengre periode enn skjellene i forsøk B. Det er tidligere påpekt at dødeligheten økte utover i lagringsperioden.

I forsøkene i lukkede anlegg, D og E, ble vannkvalitetsparametrene kontinuerlig målt og er derfor noe bedre dokumentert enn de periodevise målingene i forsøk A, B og C. I forsøk D svingte spesielt temperaturen mellom 3 og 9 °C. Saltinnholdet lå hele tiden over det anbefalte trivselsnivået til østers (25 ‰). Både pH og oksygeninnhold var stabilt. I forsøk E forholdt pH og saltinnhold seg stabilt, mens det ble registrert større svinginger i temperatur og oksygeninnhold. Temperatursvingningene var imidlertid ikke så store som i forsøk D og temperaturen lå jevnt over høyere enn i forsøk D. Dødeligheten i forsøk E var liten og det kan tyde på at vannkvaliteten i dette forsøket må betraktes som relativt bra. I forsøk D var dødeligheten total, noe som sannsynligvis kan tilskrives dårlig vannkvalitet hvor spesielt temperatursvinginger kan være årsaken. I tillegg er det trolig at den generelle vannkvaliteten i forsøk D var dårlig. Tanken benyttet i forsøk D manglet UV-filer. UV-filer fjerner bakterier og er et viktig behandlingstrinn i en resirkuleringskrets. Vanlig kranvann uten forhåndsrensing ble benyttet. Fra kommersielle akvarieprodusenter er det anbefalt en modningstid på seks uker før systemet kan belastes (Marineland operating manual). Dette for at det skal bygges opp en aktiv bakteriekultur i biofilteret. I forsøk D ble skjellene satt inn i tanken allerede en dag etter at tanken ble fylt med vann. I forsøk E ble vannet rensert og modnet en uke før innsett av skjell. Dette kan også ha vært for lite, men resultatene viste betraktelig bedre overleving enn i forsøk D. Et annet viktig forhold i forsøk D er at skjellene ble lagret på is en uke før innsett i lagertank. Fra kommersielle lageranlegg presiseres det at skjellene må akklimatiseres ved overføring fra kjølelager til lagertank for å unngå temperatursjokk. Lagring på is kan også få andre negative konsekvenser for skjellene som innsig av ferskvann i skjellhulen. I et lagringsforsøk med kamskjell viste det seg at kamskjell lagret på is hadde høyere dødelighet enn skjell som ikke var lagret på is (Eiken m.fl., 1996).

En viktig vannparameter i resirkuleringsanlegg er vannets innhold av ammonium, nitritt og nitrat. Denne parameteren burde vært målt da østers har en meget lav toleransegrense for disse forbindelsene (Spotte, 1973). Opphoping av slike forbindelser er meget vanlig i resirkuleringsanlegg (Gebauer m.fl., 1992) og rensing i biofilter er nødvendig. For høye verdier av ammoniakk, nitritt og nitrat kan være en årsak til den høye dødeligheten i forsøk D uten at dette er bekreftet. Resultatene fra forsøk i lukkede anlegg antyder likevel at kontroll over vannkvaliteten er meget viktig for å kunne sikre kvalitetslagring av skjellene.

6.6 Teknisk vurdering av anlegg

Tilfredstillende oppbevaring av skjell i tanker setter store krav til teknisk utforming av anleggene. Betydningen av et godt karmiljø er velkjent blant annet fra oppdrett i lukkede systemer. Her fokuseres det på at et godt karmiljø er et komplisert samspill av følgende faktorer: Temperatur, tetthet, oksygeninnhold, vanngjennomstrømming, konsentrasjonsnivå av avfallstoffer, næringstilgang, strømningsbilde og strømhastighet (Skybakmoen). De faktorene man teknisk kan påvirke ved utforming og drift av lagertankene er i hovedsak vannkvalitetsparametre og strømnings teknisk

utforming. Vannet som kontinuerlig tilbys skjellene i lagertankene skal sørge for at skjellene har optimale betingelser. Vannet skal frakte oksygen og evt. næring til skjellene og samtidig fjerne partikulært materiale. Det er grunn til å tro at dette siste punktet ikke ble oppfylt i lagringsforsøkene. Det brune «teppet» av slam som ble observert i alle forsøkene er et tegn på at avfallstoffer hopet seg opp og ikke ble fjernet med vannstrømmen. Dette medførte økt dødelighet hos skjellene. Problemene med denne slamdannelsen kan elimineres med riktig strømsetting i lagertankene.

Fysiske innretninger i et kar vil bryte et etablert strømningsbilde. Kassene med skjell representerte en stor fysisk hindring og strømningsbildet kan ha blitt betydelig redusert på grunn av dette. Kassene kan også ha skapt lokale dødvannsoner hvor vannet i svært liten grad ble skiftet ut. I denne forbindelse bør alternativer til kasselagring vurderes. Skjellene må lagres i innretninger som i liten grad ødelegger strømningsbildet. Alternativt må lagertankene utformes slik at vanninntak- og avløpsarrangement utformes i samsvar med lagringsenheter slik at strømningsbildet ivaretas.

6.7 Kort sammenligning av åpne vs. lukkede lageranlegg

Resultatene fra forsøk i åpne anlegg tyder på at skjellenes kvalitet opprettholdes. Lukt er den kvalitetsvariabelen som endres mest med lagringstid. Lagringstid er også den variabelen som viser flest sammenhenger med kvalitetsparametrene. Lukten blir imidlertid ikke dårligere i løpet av forsøkene men forbedres noe. Sammenhengen mellom lukt og lagringstid er også fremtredende i lukkede anlegg, men her blir lukten dårligere over tid. Dette kan være forårsaket av for dårlig rensing av vannet i resirkuleringskretsen. Dårlig lukt av matvarer er som regel forårsaket av bakteriologisk aktivitet. I en resirkuleringskrets vil mikroorganismer akkumuleres. Uønskede bakterier må fjernes i et eget rensetrinn, vanligvis UV-behandling. Resultatene fra forsøk i lukkede anlegg tyder på at dette trinnet i vannbehandlingskretsen ikke fungerte tilfredstillende. Det synes som om skjellene generelt scorer noe lavere på kvalitetsskalaen i lukkede anlegg. Vannkvaliteten var relativt stabil i åpne anlegg, men viste større svinginger i lukkede anlegg. Dette tyder på at det fremdeles gjenstår mye for å sikre optimal anleggsutforming for skjell i lukkede anlegg.

7 Konklusjon

Basert på de forutsetninger som er lagt til grunn i forsøket, de oppnådde resultater og de usikkerhetsmomenter som er diskutert kan det trekkes følgende konklusjoner:

- Av inngangsvariablene lagringstid, plassering og tetthet gir lagringstid den mest utslagsgivende sammenheng med utgangsvariablene. Lagringstid og lukt viser flest og sterkest sammenheng. Lukt forbedres i åpne anlegg mens forverres i lukkede anlegg. For variablene plassering av skjell i kassestabler og innlagringstetthet er endringene i skjellkvalitet små.
- Plassering og tetthet har større betydning ved registrering av dødelighet. En gjennomgående trend i resultatene viser at dødeligheten er større i kasser med høy tetthet, og for skjell plassert i midt- og toppkasser. Antall døde skjell økte også med tiden. Det kan synes som om skjell har en øvre tidsmessig toleransegrense for lagring.
- I strømningsforsøket ble det operert med to vannstrømmer, høy og lav. Det var ingen forskjeller i skjellkvalitet mellom de to vannhastighetene.

- Av vannkvalitetsparametrene var temperaturen den som svingte mest og som synes å ha en sammenheng med dødelighet.
- Skjellkvaliteten var gjennomgående noe bedre i åpne anlegg sammenlignet med lukkede anlegg.
- Vannkvaliteten i åpne anlegg var tilfredstillende. Det var vanskeligere å oppnå god og stabil vannkvalitet i de lukkede anleggene med det tekniske utstyret som ble benyttet. Strømningsbildet i begge anleggskonseptene fungerte dårlig med hensyn på fjerning av avfallstoffer. Opphoping av døde alger og feces medførte økt dødelighet.

8 Forslag til videre arbeid

De gjennomførte forsøkene har avdekket resultater som kan være av betydning for utvikling av optimale systemer for levende lagring av skjell. Forsøkene har også avdekket mange foreløpig ubesvarte spørsmål og utfordringer. Følgende områder bør prioriteres for å sikre en videreutvikling innen lagringsproblematikken:

Skjellkvalitet:

- For med sikkerhet å kunne vurdere skjellkvalitet må det utarbeides et ensartet kvalitetsgraderingsystem for skjell. Flere parametre som for eksempel farge og tekstur må tas med. Profesjonelle smakspanel bør involveres.
- Foruten sensorisk kvalitet bør også analyser av selve skjellmaten foretas, dvs. målinger av gonade, muskel, bakterienivå osv.
- Dokumentere om det er mulig å forbedre skjellenes kvalitet ved å manipulere med vannkvalitet i lagersystem. Eksempelvis redusere eller øke saltsmak ved å justere saltinnhold i inntaksvann.

Vannkvalitet:

- Bedre dokumentasjon av vannkvalitet må gjøres. Ammonium, nitritt og nitratmålinger må utføres, spesielt i lukkede anlegg.
- Resirkuleringsanlegg må også utstyres med biologisk filter som fjerner ammoniakk.
- Dokumentere eventuell variasjon i dødelighet og kvalitetstap mhp. årstidsvariasjoner i vannkvalitet (i åpne anlegg) og høstetidspunkt for skjellene.
- Dokumentere eventuell variasjon i dødelighet og kvalitetstap som funksjon av vanntilførsel - innpumping av overflatevann og dypvann må utprøves.

Teknisk anleggsutforming:

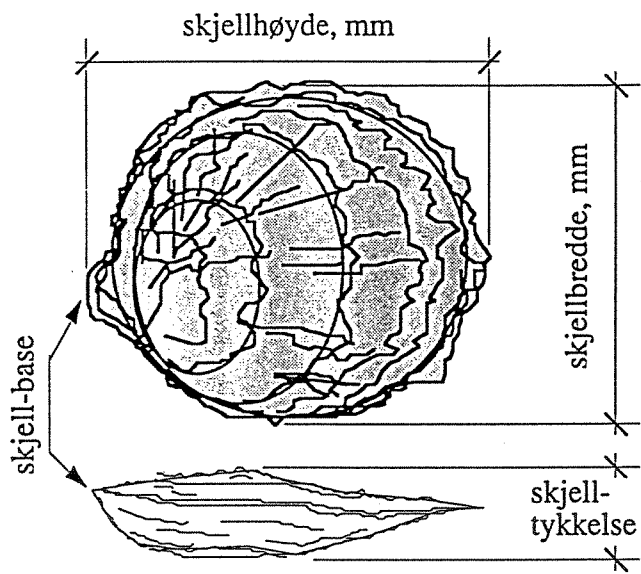
- Bedre dokumentasjon av vannstrømningsregimer og plassering av inntaks- og avløpsarrangement. Dette for å kunne sikre en mer optimal hydraulisk utforming av lageranlegg.

- Utprøving av ulike lagringssystemer som et alternativ til lagring i resirkuleringstanker. Eksempelvis spraylagring, det vil si lagring i luft hvor skjellene kontinuerlig sprayes med friskt sjøvann.
- Dokumentere effekter av ulike metoder for fjerning av sedimenter på skjelloverflate i lageranlegg. For eksempel «flushing», dvs. styrttapping med faste intervaller.

9 Referanser

- Ayres, P.A. 1978. Shellfish purification in installations using ultraviolet light. Ministry of Agriculture Fisheries and Food Directorate of Fisheries Research. Laboratory Leaflet No. 43: 21pp.
- Eidissen, E. 1996. Rensestasjon for skalldyr. *Fiskets Gang*. 82 (11/12): 31.
- Eiken, H.C., Torsvik, T. og Westervik, F. 1996. Valg av metoder for pakking og lagring av stort kamskjell. *Norsk Fiskeoppdrett*. 14 A: 40-41.
- Furfari, S. 1989. Design of depuration systems. In: *Molluscan Shellfish Depuration* (edt. W.S. Otwell, G. E. Rodrick and R.E. Martin).
- Gebauer, R., Eggen, G., Hansen, E. og Eikebrokk, B. 1992. *Oppdrettsteknologi. Vannkvalitet og vannbehandling i lukkede oppdrettsanlegg*. Tapir forlag. 576 s.
- Korringa, P. 1976. Farming the flat oysters of the genus *Ostrea*. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 3. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 238 pp.
- Martens, H.M. and Næs, T. 1991. *Multivariate calibration*. Wiley, New York. 419 p.
- Mortensen, S. og Strand, Ø. 1996. Norsk flatøsters - et nesten glemt kvalitetsprodukt. *Norsk Fiskeoppdrett*. 14A: 18-19.
- Pivrotto, M. M. 1993. Controlled purification of bivalve molluscs. *World Aquaculture* 24 (4): 65-69.
- Poggi, R. and Le-Gall, J. Y. 1995. Purification des coquillages (shellfish purification). 2 Conference Internationale sur la Purification des Coquillages, Rennes (France), 6 - 8 Apr. 1992 - Plouzane, France, Ifremer, Centre de Brest, 1995: 432 pp.
- Røthe Knudsen, B. 1996. Norges oppfølging av nasjonale og internasjonale krav vedrørende prøvetaking og undersøkelse av skjell til konsum. *Norsk Fiskeoppdrett* 14 A: 18-19.
- Seaman, M. N. L. 1991. Survival and aspects of metabolism in oysters, *Crassostrea gigas*, during and after prolonged air storage. *Aquaculture*, 93: 389-395.
- Skybakmoen, S. Kar og karmiljø. Temahefte nr. 2 om fiskeoppdrett. AGA. 14 s. Ikke datert.
- Spotte, S. 1973. *Marine Aquarium Keeping, the Science, Animals and Art*. John Wiley & Sons, New York, USA. 171 pp.
- Wood, P. C. 1961. The principles of water sterilization by ultra-violet light and their application in the purification of oysters. *Fishery Invest., Lond., Ser.II*, 23, (6): 48 pp.

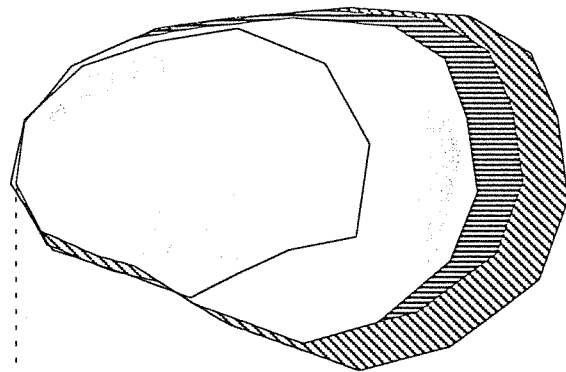
Vedlegg 1



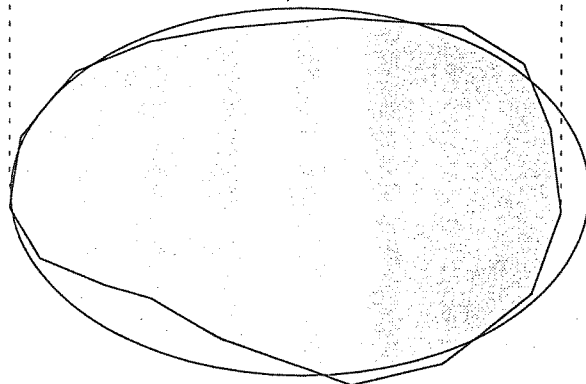
Figuren viser flatøstersens ytre mål.

Skjellet er tegnet ovenfra og fra siden.

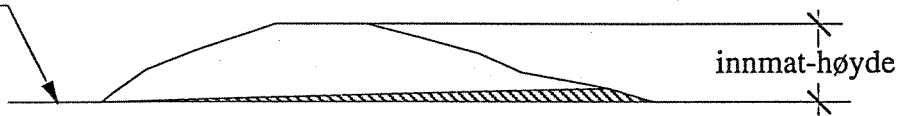
Tegning v/Gunnar Skogesal



Ellipseformet mal for berekning av
innmatens areal etter uttak fra skallet



plan
flate



Høyde og areal på skjellmat i flatøsters.
Skjellmaten er tatt ut og lagt på et plant underlag.
Tegningene viser skjellmaten sett ovenfra og fra siden.
Tegning: Gunnar Skogesal

Vedlegg 2

Sensoriske vurderinger:

I den sensoriske analysen ble de ulike parametrene vurdert på en skala fra 1-5 hvor tallkarakterene har følgende karakteristik:

Lukt	1 --- 2 --- 3 --- 4 --- 5 1 = Ubehagelig 5 = Frisk sjøluft
Salt	1 --- 2 --- 3 --- 4 --- 5 --- +4 --- +3 --- +2 --- +1 1 = Tilnærmet saltfri 5 = Frisk, balansert saltsmak +1 = Sterk sjøsalt smak
Søt	1 --- 2 --- 3 --- 4 --- 5 --- +4 --- +3 --- +2 --- +1 1 = Ikke søthet 5 = Tydelig, behagelig søt +1 = Mektig søt

For karakterisering av saltsmak og søthet måtte tallskalaen utvides da både for lite og for mye salt- og søtsmak vil skjemme skjellenes smaks kvalitet. Den beste får karakteren 5.

Karakterskalaen ble utarbeidet i samarbeid med Eivind Hellstrøm, kokk ved restauranten Bagatelle i Oslo.

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3693-97

ISBN 82-577-3258-3